

BỘ VĂN HOÁ, THỂ THAO VÀ DU LỊCH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỂ DỤC THỂ THAO BẮC NINH

GIÁO TRÌNH

SINH CƠ HỌC THỂ DỤC THỂ THAO



NHÀ XUẤT BẢN THỂ DỤC THỂ THAO

BỘ VĂN HÓA, THỂ THAO VÀ DU LỊCH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỂ DỤC THỂ THAO BẮC NINH

Giáo trình
SINH CƠ HỌC
THỂ DỤC THỂ THAO

(SÁCH DÙNG CHO SINH VIÊN ĐẠI HỌC THỂ DỤC THỂ THAO)

NHÀ XUẤT BẢN THỂ DỤC THỂ THAO
HÀ NỘI – 2013

Đồng chủ biên:

ThS. Nguyễn Đình Minh Quý

TS. Bùi Quang Hải

Cùng tham gia:

ThS. Phạm Thị Thiệu

PGS. TS. Vũ Chung Thủy

ThS. Ngô Thị Anh

PHẦN I

SINH CƠ HỌC CƠ SỞ

CHƯƠNG I

GIỚI THIỆU VỀ MÔN HỌC SINH CƠ

1.1. Khái niệm, đối tượng, nhiệm vụ và nội dung của sinh cơ

Chiều dài của một dặm cổ được đo bằng bước chân người lính La Mã, vào khoảng 1000 bước. Một dặm cổ là 1.481,5m (một dặm Anh bằng 1.609,344m); có thể giả định rằng một bước kép của những người lính La Mã là 148cm. Hiện nay, bước chân của người lính ước tính là 75cm thì chiều dài bước kép là 150cm, do chiều dài bước chân tỷ lệ thuận với chiều cao, từ đó cho phép kết luận: chiều cao trung bình của đội quân La Mã xưa kia với chiều cao của người lính bây giờ là tương đương nhau (đó chỉ là một trong số các giả định). Việc sử lý các thông tin về độ dài bước chân của người lính La Mã như một câu chuyện thú vị cho thấy, thứ nhất, muốn đề cập đến những chuyển động của con người, chúng ta cần sử dụng những tham số đo lường hợp lý, thứ hai, ngay cả những hoạt động đơn giản nhất cũng liên quan đến thông số của các thành phần cơ thể. Việc phân tích chuyển động của con người liên quan chặt chẽ đến cấu trúc và chức năng của hệ vận động. Qua ví dụ về việc phân tích bước đi bộ để đánh giá chiều cao cơ thể nêu trên, hướng chúng ta đi đến chủ đề chính được quan tâm của sinh cơ học, đó là sự vận động của con người.

Một trong những khái niệm về sinh cơ học cho rằng, nó đề cập đến việc nghiên cứu cấu trúc và chức năng của hệ thống sinh học từ việc sử dụng các phương pháp cơ học. Trong phạm vi hẹp, chúng ta có thể nói rằng, đó là việc áp dụng các định luật cơ học trên cơ thể sống, đặc biệt là hệ vận động.

Sinh cơ học là khoa học nghiên cứu những quy luật chuyển động của con người và các hệ sinh vật khác do tác động bởi những lực bên trong và bên ngoài đến cơ thể - bởi những cấu trúc sinh học và hiệu quả của sự tác động đó.

Khi phân tích sinh cơ một hoạt động nhất định, sự nhận biết hai loại lực bên trong và bên ngoài không phải lúc nào cũng dễ dàng, trong nhiều trường hợp, lực bên trong hay nội lực của động tác này lại là lực bên ngoài hay ngoại lực của một động tác khác. Có thể hiểu một cách đơn giản là, lực bên trong là các lực được sinh ra bởi hoạt động cơ bắp (trong cơ học, đó là lực tác động) dựa trên xương là đòn bẩy và khớp là điểm tựa. Cơ bắp sau khi bị kích thích bởi hệ thần kinh tạo ra một loạt sự biến đổi thành năng lượng cơ học và hóa học làm cho cơ co rút và nóng lên.

Chuyển động là cơ sở của hoạt động sống của con người. Những quá trình lý hóa diễn ra trong các tế bào của cơ thể sống, hoạt động của tim và sự lưu thông máu, quá trình hô hấp, sự hấp thụ thức ăn và đào thải các chất cặn bã; sự dịch chuyển trong không gian hay chuyển động tương đối giữa các bộ phận cơ thể, hoạt động phức tạp của hệ thần kinh, nhất là cơ chế sinh lý của hoạt động tâm lý, cảm xúc và phân tích thế giới trong, ngoài – tất cả điều đó chính là các dạng chuyển động khác nhau của vật chất.

Điều kiện chủ yếu của sự sống nói chung là sự tác động tương hỗ giữa môi trường xung quanh và cơ thể. Trong sự tác động qua lại đó, hoạt động vận động giữ vai trò bản chất. Nhờ di chuyển, động vật mới có thể tìm kiếm thức ăn, duy trì sự sống của mình, bảo tồn nòi giống, đảm bảo cho sự tồn tại trên trái đất. Chỉ nhờ có những hoạt động đa dạng và phức tạp, con người mới thực hiện được các hành động lao động, giao tiếp, nói, viết... Hoạt động vận động được tiến hành theo một phương thức nhất định, là cơ sở của giáo dục thể chất và cũng là nội dung chủ yếu của thể thao.

Dạng chuyển động cơ bản nhất của vật chất là chuyển động cơ học, nghĩa là sự dịch chuyển trong không gian. Tính quy luật trong chuyển động cơ học của cơ thể được nghiên cứu bởi bộ môn sinh cơ học.

Đối tượng của sinh cơ học là nghiên cứu sự thay đổi vị trí cơ thể trong không gian cùng với những nguyên nhân, hoặc lực gây nên sự thay đổi đó.

Khám phá và mô tả những điều kiện cần thiết để thực hiện một chuyển động cơ học, những kiến thức về cơ học là cơ sở lý thuyết quan trọng của kỹ thuật chuyển động, đặc biệt là kỹ thuật thiết lập những cơ cấu chuyển động đa dạng khác nhau. Các quan điểm về cơ học cũng được sử dụng cả khi nghiên cứu những chuyển động của con người.

Hoạt động vận động của con người trong thực tế được thực hiện với sự tham gia của hầu hết các cơ quan trong cơ thể. Tuy nhiên, trực tiếp tham gia chức năng

chuyển động là bộ máy vận động bao gồm các xương, bộ xương, khớp cùng hệ thống dây chằng và các cơ cùng với thần kinh, mạch máu chi phối. *Theo quan điểm cơ học, bộ máy vận động bao gồm thành phần hoạt động và thành phần phát động (động cơ).*

Cấu tạo của bộ máy vận động là đối tượng nghiên cứu của giải phẫu học. Việc nghiên cứu bộ máy vận động như một động cơ thuộc lĩnh vực chủ yếu của hóa sinh học và sinh lý học. Việc nghiên cứu nó như một bộ máy hoạt động thống nhất là nhiệm vụ của một chuyên ngành khoa học đặc biệt, đó là *sinh cơ học*.

Sinh cơ học nghiên cứu các quy luật chuyển động trong cơ thể sống. Nó nghiên cứu các chuyển động theo quan điểm của những quy luật cơ học đặc trưng cho tất cả các chuyển động cơ học của vật thể, hoàn toàn không có những quy luật dành riêng cho cơ thể sống. Tuy nhiên, sự phức tạp của cấu tạo và chức năng cơ thể sống đòi hỏi phải xem xét cẩn thận đặc điểm giải phẫu - sinh lý. Nếu không, sẽ không thể ứng dụng chính xác các định luật cơ học trong nghiên cứu các hoạt động phức tạp của cơ thể. Nhiều khi sự có lợi dựa trên các quy luật cơ học sẽ bất lợi nếu tính đến đặc điểm cấu tạo và chức năng của cơ thể sống.

Cũng trên quan điểm các quy luật cơ học, để tăng độ bền vững cho cơ thể, trọng tâm cơ thể cần phải hạ thấp. Nhưng, ví dụ như vận động viên trượt tuyết trên núi thường không giữ tư thế đứng thấp trên sườn núi, bởi vì tư thế này làm hạn chế hoạt động giảm chấn của các cơ đã bị kéo giãn hết mức. Do đó, mặc dù các quy luật cơ học chiếm vị trí chủ yếu trong sinh cơ, nhưng không thể áp dụng mà thiếu những kiến thức về cấu tạo và chức năng của cơ thể.

Cấu trúc cơ thể người, đặc biệt là hệ vận động gồm xương, khớp, cơ có khả năng gây ra sự vận động, được thể hiện thông qua các yếu tố về lực, tốc độ và quá trình kiểm soát hoạt động của mỗi người. Chương trình giải phẫu đã trình bày chi tiết cấu tạo và sự phát triển xương, hình dáng của xương, diện khớp và điểm bám của cơ. Khi xem xét bộ xương như một phần của hệ vận động, thì, ví dụ như xương đùi có thể được xem như một đòn bẩy tựa vào điểm kết nối với xương chậu qua khớp hông, khớp này có sự hoạt động rất linh hoạt theo 3 trục, được quy định bởi hình dạng của mặt khớp. Bất cứ một khớp nào cũng có một tâm vận động nhất định quanh mỗi trục của nó, dựa vào sự phân tích cấu trúc chuyển động. Lực cơ mà điểm đặt của nó đối với cánh tay đòn ở một vị trí được xác định được mô tả như một dạng đòn bẩy. Chúng ta biết rằng, tích của vectơ cánh tay đòn (\vec{r}) và độ lớn của lực (\vec{F}) là mômen lực (\vec{M}). Như vậy rõ ràng là, lực cơ có thể gây ra chuyển động quay của đòn bẩy. Nhưng tác động vào đòn bẩy (xương) không chỉ có một cơ mà là rất nhiều

cơ khác nhau cùng với những **mômen ngoại lực**, chẳng hạn như trọng lực. Chuyển động của đòn bẩy bởi hướng và vận tốc xác định hiệu quả của mômen lực. Lực hấp dẫn (trọng lực) luôn có sự liên quan đến trọng lượng cơ thể, và căn cứ vào các phân đoạn cơ thể để xác định trung tâm của lực hấp dẫn. Kiến thức về giải phẫu học có yêu cầu phải tiến hành phân tích các chuyển động của cơ thể con người, nhưng đó chỉ là khởi đầu của việc phân tích sinh cơ. Chúng ta cần thay đổi một vài thuật ngữ trong giải phẫu và vật lý khi tìm hiểu về sinh cơ. Cơ bắp, ngay cả trong thời gian nghỉ cũng có sự kích thích có thể ghi lại bằng điện cơ đồ - đó là *khả năng tiềm tàng* của cơ. Việc ghi lại hoạt động của cơ cho chúng ta thông tin về việc liệu cơ bắp hay chính xác hơn là một nhóm cơ có bị kích thích hay không và chịu sự kích thích đến mức độ nào, nhưng điều đó không đồng nghĩa với việc chúng đã gây ra hoạt động hay chưa. Bởi vì thứ nhất, hai cơ đối kháng nhau có thể nhận kích thích ngang nhau về độ lớn để chống lại sự tác động của mômen lực, thứ hai: mômen lực bên ngoài có thể lớn hơn đối với một số cơ nào đó, và thứ ba: mômen lực của cơ hay nhóm cơ bị kích thích trên thực tế có thể lớn hơn các mômen lực khác. Chỉ trong trường hợp cuối, hoạt động của nó trùng hợp với chức năng đã được mô tả trong chương trình giải phẫu chức năng, thể hiện mối liên quan giữa cơ bị kích thích, sự căng cơ với sự thay đổi chiều dài của nó. Kiến thức về giải phẫu và sinh lý của cơ chỉ là điểm khởi đầu chứ không phải là những thông tin quyết định cho việc giải thích các hoạt động hay chuyển động của con người. Bản chất công cơ học của cơ là sự chuyển hóa năng lượng gắn với sự hao tổn và hiệu suất năng lượng. Các động cơ diesel có hiệu suất 40%, hiệu suất tối đa của cơ ở ếch và người là 20-25%. Hiệu suất năng lượng trong hoạt động của cơ thể hoặc các phân đoạn cơ thể được đánh giá thông qua việc so sánh năng lượng tiêu thụ với năng lượng được giải phóng. Điều này đòi hỏi phải xác định công cơ học được giải phóng, nó có thể được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp sinh cơ học, so sánh việc tiêu thụ năng lượng bên trong: năng lượng trao đổi chất, năng lượng được xác định bằng các phương pháp sinh lý. Những trình bày ở trên cho thấy, đối tượng của sinh cơ học là những kiến thức hay nói cách khác là sự xác định và mô tả cấu trúc hệ vận động, chức năng của nó cùng với quá trình điều khiển, bao gồm cả tiềm năng vận động của con người: *đối tượng của sinh cơ học là xác định tiềm năng vận động của con người.*

Trở lại phân định nghĩa về sinh cơ học, nói về những thay đổi được gây ra bởi lực, dưới sự tác động của một lực sẽ gây nên sự chuyển động – hơn nữa theo định luật 2 (Newton) sẽ tạo ra sự thay đổi chuyển động. Cơ thể có thể duy trì được một tư thế nhất định là nhờ vào sự cân bằng về lực, ví dụ như đứng tại chỗ hay duy trì tư thế khi tập các bài thể dục, tư thế trước xuất phát hoặc duy trì tư thế một phân đoạn

cơ thể như một điểm tựa vững chắc, tạo điều kiện cho những đoạn cơ thể khác hoạt động. Ngược lại, khi cơ thể không được duy trì ở trạng thái cân bằng sẽ làm biến dạng chuyển động. Thuộc tính chính của một chuyển động là quãng đường và thời gian được biểu hiện thông qua vận tốc hoặc gia tốc. Hoạt động di chuyển của con người, như đi bộ, chạy, nhảy là những hoạt động vừa mang tính bẩm sinh vừa có tính chủ động, với các động vật khác thì những hoạt động được đặc trưng theo loài.

Chúng ta có thể chia các hoạt động theo tính chất như hoạt động thể thao, nghệ thuật hay vật lý trị liệu hoặc cũng có thể phân chia theo mục đích như sản xuất, vui chơi, quốc phòng... Nhưng trên quan điểm của sinh cơ học, chúng ta quan tâm tới việc tìm hiểu cấu trúc động học và động lực học các chuyển động của cơ thể, sau đó tối ưu hóa những chuyển động đó.

Khi phân tích sinh cơ của hoạt động đi bộ, điều chúng ta cần phải biết là một loạt các vấn đề liên quan đến nó như: thời gian một bước hết bao nhiêu? Có thể đi trong cự ly bao nhiêu? Độ lớn của lực được sử dụng? Những cơ nào tham gia?... và nhiều vấn đề khác cần được làm rõ như, làm thế nào để chạy tốt: khoảng cách bước lớn với tần số nhỏ hay ngược lại?. Câu hỏi này buộc chúng ta phải tìm ra một giải pháp tối ưu. Như vậy là, tiêu chí của tối ưu hóa là sự chinh phục cự ly một cách nhanh nhất với sự tiêu hao năng lượng thấp nhất! Có phải mỗi người tự tìm ra cho mình một giải pháp hoạt động tối ưu hay thông qua việc nghiên cứu mới có thể giúp đi đến giải pháp đó. Đó chỉ là những vấn đề về sự chuyển động tự nhiên của con người, còn có những vấn đề hết sức phức tạp xung quanh sự hoạt động nói chung như các bài tập nhào lộn, các dạng nhảy, trượt tuyết... Tóm lại, phần thứ hai đặt ra một lĩnh vực tiếp theo mà sinh cơ học cần phải giải quyết, đó là hệ vận động. Rõ ràng là, đối tượng của sinh cơ học là những chuyển động đa dạng của con người mà chúng ta không chỉ cần nghiên cứu một cách chi tiết mà còn phải tối ưu hóa những chuyển động đó:

Đối tượng của sinh cơ học là xác định và tối ưu hóa các chuyển động của con người.

Tìm hiểu cấu trúc và chức năng của hệ vận động cùng sự tương tác của nó với quá trình dinh dưỡng và điều khiển đòi hỏi phải có các phương pháp thích hợp. Hơn nữa, vấn đề càng trở nên khó khăn khi cần phải tối ưu hóa hoạt động của con người, nhất là trong các hoạt động thể dục thể thao. Cũng như ở nhiều lĩnh vực khoa học khác, chúng ta cần lập kế hoạch để nghiên cứu trong một phạm vi hẹp hay trong điều kiện tự nhiên giữa môi trường xung quanh và hoạt động thể lực. Hoạt động thể thao được ví như một phòng thí nghiệm đặc biệt để đánh giá khả năng hoạt động của

con người và là nguồn kích lệ động viên hiệu quả mọi vấn đề trong cuộc sống. Để kiểm tra khả năng vận động của con người trong trạng thái vận động mà không gây cản trở tới việc đo đạc, trong sinh cơ, người ta sử dụng các biện pháp hỗ trợ hữu ích của nhiếp ảnh (chụp ảnh, quay video). Biện pháp này cho phép đánh giá hoạt động một cách sống động cả định tính lẫn định lượng mà không can thiệp vào hành vi vận động. Mặt khác, chúng ta đều biết rằng, mọi phép đo trên người đều khó tiến hành, đặc biệt là liên quan đến hoạt động. Sinh cơ học sử dụng những phương pháp giúp cho việc nghiên cứu những đặc điểm về khối lượng và tính ý của cơ thể, chiều dài, góc độ và thể tích. Đồng thời cũng sử dụng các tham số đo lường động học như chuyển động tuyến tính và chuyển động quay của cơ thể và các bộ phận cơ thể, các thông số động lực học của các nhóm cơ hay lực phản xạ, cùng với việc xử lý các tính toán hết sức phức tạp từ những dữ liệu thu được về hoạt động cơ học, năng lượng, công suất... Đối với việc nghiên cứu điện thế hoạt động của cơ đem lại những thông tin về hoạt động của nó, người ta cần sử dụng điện cơ đồ (EMG-electromyography). Tóm lại, khi đề cập đến vấn đề này, chúng ta có thể nói rằng, sinh cơ học nghiên cứu những phương pháp nội tại của chuyển động:

Sinh cơ học xây dựng phương pháp nghiên cứu đặc tính của hệ vận động và cấu trúc hoạt động của con người.

Đi sâu vào vấn đề về tối ưu hóa, chúng ta cần đề cập đến quá trình giảng dạy, nghiên cứu. Nếu chúng ta nhận biết được giải pháp tốt nhất cho một bài tập vận động được dựa trên những kiến thức về khả năng vận động của con người, thì chúng ta có thể xây dựng được chương trình tập luyện cho các đối tượng khác nhau một cách chuyên nghiệp: cho học sinh của các trường phổ thông, cho một vận động viên muốn cải thiện thành tích bản thân, cho các công nhân lao động lành nghề, cho những người bệnh cần phục hồi dáng đi bình thường v.v... Việc ứng dụng sinh cơ học cho chúng ta thấy các vấn đề cần phải giải quyết trong các hoạt động nói chung của con người. Ví dụ như sự huấn luyện chuẩn bị một vận động viên trước thi đấu, bao gồm cả việc giáo dục thể chất, hiệu quả hoạt động của hệ tuần hoàn - hô hấp, kỹ chiến thuật và tâm lý... trước trận đấu. Một trong những mục tiêu tác động của giáo viên đến người học là những kiến thức về cấu trúc thông thường của hoạt động.

Rất khó đạt được mục tiêu là giúp cho sinh viên ứng dụng có hiệu quả những kiến thức sinh cơ vào các hoạt động chuyên biệt nếu người học không nắm vững những kiến thức về khả năng vận động, mà người dạy cũng không nắm chắc nguyên lý kỹ thuật của những bài tập vận động.

Cuối cùng, chúng ta quan tâm tới hoạt động vật lý trị liệu, bao gồm các bài tập thể lực, như một phương tiện để cải thiện sự suy giảm chức năng của cơ thể. Trong việc sử dụng hoạt động vận động, trong điều trị cho bệnh nhân, không thể tự cho phép mình bỏ qua những kiến thức về vận động chung. Trong mọi trường hợp, về nguyên tắc, không thể có hành động thử nghiệm và sai sót.

Phần tiếp theo trong danh sách các ứng dụng sinh cơ học, đó là một khoa học thuộc về *ergonomic*, một khoa học liên quan đến hoạt động lao động nghề nghiệp.

Sinh cơ học được áp dụng trong giáo dục thể chất, thực hành thể thao, vật lý trị liệu và ergonomic.

Qua trình bày và phân tích về khái niệm và đối tượng của sinh cơ học ở trên, chúng ta thấy sinh cơ học có mối liên quan đến nhiều ngành khoa học khác như: **cơ học** (trình bày nguyên nhân chuyển động và tác dụng của nó với những giá trị vật lý), **giải phẫu học** trình bày cấu tạo của hệ vận động và **sinh lý**, giải thích chức năng của cơ và quá trình điều khiển chúng qua hệ thần kinh:

Sinh cơ học có đối tượng nghiên cứu riêng, với phương pháp nghiên cứu trong đó có sự kết hợp những kiến thức trong lĩnh vực giải phẫu, sinh lý và vật lý, do đó nó là một môn khoa học đa ngành.

Là một môn khoa học độc lập, sinh cơ học thể dục thể thao cần làm phong phú thêm cho lý luận trong giáo dục thể chất bằng cách khai thác một trong những khía cạnh của các bài tập thể lực, đó là kỹ thuật. Đồng thời, sinh cơ học thể dục thể thao được ứng dụng trực tiếp cả trong thực hành giáo dục thể chất:

1. Đánh giá hiệu quả các bài tập thể lực trong việc giải quyết các nhiệm vụ đã được xác định của giáo dục thể chất;
2. Nghiên cứu kỹ thuật giáo dục thể chất như là một đối tượng giáo dục, kết hợp với sự tách biệt yếu tố chính và chủ đạo, đảm bảo đạt kết quả cao;
3. Đánh giá chất lượng hoàn thành các bài tập thể lực, phát hiện những sai lầm, nguyên nhân của chúng, hậu quả và cách khắc phục;
4. Hoàn thiện kỹ thuật thể thao với việc đúc kết những kinh nghiệm tiên tiến và xây dựng cơ sở lý thuyết của nó;
5. Nghiên cứu đặc điểm những mô hình tốt nhất của kỹ thuật thể thao như một mẫu chung cho tất cả mọi người cũng như đặc điểm cá nhân của sự phát triển thể chất;

6. Nghiên cứu các chỉ số chức năng của phát triển thể chất nhằm xác định các phương pháp nâng cao khả năng chức phận của cơ thể vận động viên.

Đối tượng nhận thức của sinh cơ học là những hoạt động vận động của con người như một hệ thống những chuyển động tích cực có mối quan hệ lẫn nhau và các vị trí của cơ thể.

Con người thực hiện không chỉ những chuyển động đơn thuần mà bao giờ cũng bao gồm các động tác (N.A. Berstein), qua đó dẫn tới một chuỗi động tác có ý nghĩa nhất định. Vì thế, con người thực hiện chúng một cách tích cực, có mục đích rõ rệt, điều khiển chúng, hơn nữa, tất cả các hoạt động có mối quan hệ thống nhất chặt chẽ được liên kết thành các hệ thống.

Các hoạt động vận động của con người khác về bản chất với những chuyển động của động vật trước hết bởi tính mục đích, có ý thức về những chuyển động, sự hiểu biết ý nghĩa của chúng, khả năng kiểm soát và hoàn thiện chúng một cách khoa học. Vì thế, sự giống nhau giữa chuyển động của con người và động vật chỉ được xác nhận ở cấp độ sinh vật học thuần túy.

Trong những hành vi của con người, các hoạt động thường được thực hiện không phải ở mọi thời điểm và ở tất cả các khớp. Các bộ phận cơ thể người đôi khi được duy trì tư thế tương đối giữa các bộ phận hay những hoạt động tích cực bởi các nhóm cơ hầu như không có sự khác biệt. Do đó con người có thể thực hiện các hoạt động vận động tích cực đồng thời với việc duy trì tư thế tương đối giữa các bộ phận hoặc những mắt xích khác của cơ thể.

Phạm vi nghiên cứu của sinh cơ học là những nguyên nhân phát sinh chuyển động về cơ học và sinh học; những đặc điểm của việc thực hiện chúng trong những điều kiện khác nhau.

Chuyển động chính là sự di chuyển những bộ phận cơ thể trong không gian và thời gian, được thực hiện ở nhiều khớp cùng một lúc và kế tiếp nhau. Hoạt động ở các khớp về hình dáng và tính chất là hết sức đa dạng, chúng phụ thuộc vào lực cũng như hướng lực tác dụng. Tất cả các chuyển động được liên kết theo quy luật thành những hành động trọn vẹn, có tổ chức thông qua hoạt động cơ bắp. Khi tính đến sự phức tạp của những chuyển động của con người, trong sinh cơ học, người ta nghiên cứu cả những yếu tố về cơ học lẫn sinh học và mối quan hệ chặt chẽ giữa chúng.

Do con người thường thực hiện những hành động có suy nghĩ, nên họ quan tâm đến việc làm thế nào để đạt được mục đích, thu được kết quả cao và dễ dàng, chính vì thế mà con người thường xem xét và sử dụng một cách có ý thức những điều kiện cần phải hành động. Ngoài ra, con người lại cần phải học cách thực hiện

động tác một cách hoàn thiện hơn. Đó chính là điểm khác biệt giữa sinh cơ học của người và sinh cơ học động vật. Do đó, sinh cơ học con người còn nghiên cứu cách thức và điều kiện để giúp cho việc hoàn thiện động tác và làm thế nào để nắm vững được chúng.

Trong sinh cơ học, các lĩnh vực nghiên cứu được xác định bởi những nhiệm vụ của chúng. Nhiệm vụ chung bao trùm lên toàn bộ lĩnh vực nhận thức một cách trọn vẹn: các nhiệm vụ riêng lẻ rất quan trọng khi nghiên cứu những vấn đề cụ thể của các chuyển động.

Nhiệm vụ chung của nghiên cứu các chuyển động là đánh giá hiệu quả của sự tác động lực để đạt được mục đích đã đề ra.

Mọi nghiên cứu về các chuyển động cuối cùng cũng nhằm giúp cho việc hoàn thành chúng một cách tốt hơn. Trước khi soạn thảo ra những phương pháp hoạt động tốt nhất, cần đánh giá các phương pháp hiện thời đang được sử dụng. Qua đó cho thấy, nhiệm vụ chung của sinh cơ học là đánh giá tính hiệu quả của các phương pháp thực hiện chuyển động. Với cách tiếp cận như vậy, người ta so sánh, đối chiếu những vấn đề đang thực hiện và những yêu cầu đòi hỏi cần phải có của một chuyển động cụ thể.

Sinh cơ học cũng nghiên cứu những vấn đề: làm thế nào để thu được năng lượng cơ học (cơ năng) của chuyển động và sự căng cơ có thể ứng dụng để sinh ra công (A.A. Ukhtomski). Ảnh hưởng của công được đo căn cứ vào năng lượng tiêu hao được sử dụng ra sao. Muốn vậy cần xác định những lực tạo ra công có ích, chúng được sinh ra như thế nào, tác động khi nào và ở đâu. Đồng thời cũng cần xác định những lực sinh ra công có hại làm giảm hiệu quả công có ích. Việc nghiên cứu như vậy đem lại khả năng nâng cao hiệu quả thực hiện động tác. Đây chính là nhiệm vụ chung quan trọng nhất của sinh cơ học. Trong quá trình giải quyết nhiệm vụ này, xuất hiện nhiều nhiệm vụ riêng lẻ không chỉ xem xét việc đánh giá trực tiếp tính hiệu quả, mà còn bị chi phối bởi những nhiệm vụ chung.

Những nhiệm vụ riêng của sinh cơ học là nghiên cứu và giải thích các vấn đề như:

- a- Những chuyển động chính của con người trong lĩnh vực này hay lĩnh vực khác là những hoạt động vận động của họ.
- b- Những hoạt động thể lực là sự di chuyển của cơ thể.
- c- Kết quả giải quyết nhiệm vụ vận động.

d- Những điều kiện thực hiện nhiệm vụ vận động.

e- Trình độ phát triển các hoạt động vận động (có tính đến các mặt vừa nêu) nhờ giảng dạy và huấn luyện.

Lý thuyết sinh cơ học hiện nay bao trùm ba nội dung lớn:

Những đặc điểm, cấu tạo và thuộc tính của cơ thể động vật có sự ảnh hưởng mang tính bản chất tới quy luật chuyển động của nó. Xuất phát từ điều đó, cơ thể người được coi là một hệ thống sinh cơ học. Đã từ lâu các bộ phận chống đỡ và gây ra chuyển động được so sánh với hệ thống đòn bẩy. Gần đây người ta mới nhận ra rằng, khi nghiên cứu những chuyển động của những hệ thống đòn bẩy như vậy cần phải chú ý tới những đặc điểm giải phẫu - sinh lý của cơ thể. Giai đoạn tiếp theo trong quá trình hiểu biết bản chất của chuyển động chính là sự thừa nhận tính riêng biệt của những hệ thống sinh - cơ học có sự khác biệt về nguyên tắc với vật thể rắn. Sự riêng biệt này đòi hỏi sự nghiên cứu các thuộc tính của cả hệ thống sinh cơ học, hoàn toàn không có trong những cấu trúc nhân tạo, hay máy móc do con người sáng tạo ra. Vì thế, trong lý thuyết sinh cơ học xuất hiện một vấn đề *nghiên cứu cấu trúc và thuộc tính của các hệ thống sinh cơ học cùng với sự phát triển của chúng.*

Để giải quyết nhiệm vụ chung của sinh cơ học, cần nghiên cứu những điểm đặc thù của quá trình phát triển của cơ thể sống và các điều kiện đảm bảo tính hiệu quả của sự tác động lực. Đặc trưng chuyển động ở động vật là sự phối hợp hoạt động của các khớp một cách thống nhất - đó là một hệ thống chuyển động. Điều đó dẫn đến sự xuất hiện lý thuyết sinh cơ học khi nghiên cứu vấn đề về *tính hiệu quả của các động tác vận động như là một hệ thống các chuyển động, những đặc điểm và sự phát triển của chúng.*

Một vấn đề hết sức quan trọng đó là việc nghiên cứu sự biến đổi các chuyển động trong quá trình nắm vững các hoạt động vận động như một hệ thống các chuyển động (các động tác, các biện pháp hoàn thiện động tác...). Điều này có liên quan đến vấn đề nghiên cứu *các quy luật hình thành và hoàn thiện hoạt động vận động.*

Phương pháp sinh cơ học là sự phân tích và tổng hợp một cách có hệ thống các chuyển động trên cơ sở những đặc tính số lượng, trong đó có sự mô hình hóa điều khiển học của các chuyển động.

Sinh cơ học như một môn khoa học thực nghiệm dựa trên việc nghiên cứu các chuyển động theo kinh nghiệm. Nhờ vào các dụng cụ đo đạc, người ta ghi được những đặc tính số lượng, ví dụ như quỹ đạo của tốc độ, gia tốc... cho phép phân biệt

các chuyển động, so sánh chúng với nhau. Khi nghiên cứu các đặc tính chuyển động, người ta có thể phân chia hệ thống chuyển động thành các thành phần độc lập.

Hệ thống các chuyển động như một thể duy nhất không đơn thuần là tổng hợp các bộ phận cấu thành nó. Các thành phần của hệ thống được liên kết bằng rất nhiều mối quan hệ tương hỗ tạo cho nó những tính chất mới mà không có trong các thành tố của nó (những thuộc tính hệ thống). Cần phải hình dung trong đầu sự liên kết đó, xác lập cách thức tác động tương hỗ của các bộ phận trong hệ thống, nghĩa là cấu trúc của hệ thống. Sự tổng hợp mang tính hệ thống được thể hiện ở điều này.

Sự phân tích và tổng hợp mang tính hệ thống liên hệ chặt chẽ với nhau, bổ sung cho nhau trong việc nghiên cứu hệ thống - cấu trúc.

Khi nghiên cứu các chuyển động, trong những năm gần đây, người ta sử dụng ngày càng rộng rãi phương pháp mô hình hóa điều khiển học. Đó là xây dựng những mô hình chuyển động (điện tử, toán học, vật lý học...) và những mô hình cơ thể người.

1.2. Lịch sử phát triển sinh cơ học

Từ lâu, ý nghĩa của chuyển động đã thu hút các nhà nghiên cứu, chúng ta có thể tìm thấy những phân tích sinh cơ ra đời rất sớm. Aristotle từ thế kỷ thứ IV trước công nguyên, trong các tác phẩm của mình về tự nhiên (chương, "dáng đi của động vật" và, "chuyển động của động vật") đã đăng nhiều bài tranh luận về bước đi. Vào thời điểm đó, các quan sát cho rằng, cơ sở chuyển động trong thế giới động vật là những mối tương tác giữa sinh học và cơ học. Sự vận động của con người trong thế giới tự nhiên thu hút sự chú ý của các nhà tư tưởng cổ đại. Chúng ta có thể tìm thấy những quan sát về chuyển động tương đối chi tiết của Leonardo da Vinci, sống vào thế kỷ 15 và 16 (1452-1519). Ông nhấn mạnh rằng, sự chuyển động của con người là việc chuyển dời từ vị trí mất cân bằng này sang vị trí mất cân bằng khác, hoặc do sự thay đổi góc độ chuyển động, như từ mặt phẳng lên cao hay xuống thấp. I. Newton (thế kỷ 17) và G. Borelli một bác sỹ, nhà toán học người Ý đã trình bày quan điểm của mình về cơ chế chuyển động cơ học trong tác phẩm *De motu animalium*. Họ là những tác giả được biết đến từ những nghiên cứu đầu tiên về vị trí trọng tâm của cơ thể và ứng dụng dựa trên nguyên lý đòn bẩy. Nhà sinh lý học người Pháp J. Marey (1830-1904) đã thể hiện sự quan tâm đặc biệt các động tác của con người và động vật, ông đã xây dựng các thiết bị đánh giá đơn sơ thông qua chụp ảnh. Vào thời điểm này, "vũ khí nhiếp ảnh" và các nhiếp ảnh gia đã đặt nền móng cho việc đo lực phản xạ điểm chống. Sau J. Marey người ta mới tìm thấy những tính

toán đầu tiên về công cơ học trong đi bộ, những tính toán về năng lượng cần thiết trong hoạt động và nghỉ ngơi, hay khi duy trì tốc độ trong chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay, ví dụ như hoạt động của các động tác đánh lăng. Dựa trên cơ sở những tính toán, người ta đã lập được công thức để tính tiêu hao năng lượng tối thiểu trong một hoạt động cụ thể. Dưới tiêu đề, "Dáng đi của con người" (Der Gang des Menschen) từ 1895 - 1904, hai nhà khoa học người Đức W. Braune và O. Fischer đã có những đóng góp cơ bản về sinh cơ học hiện đại. Các tác giả dựa trên những nghiên cứu qua việc xác định trung tâm của lực ở từng bộ phận cơ thể tách rời, để tính toán đặc tính chuyển động bằng phương pháp chụp ảnh. Sự phát triển của phương pháp chụp ảnh trong thế kỷ trước có thể cho phép xác định chuyển động và – theo một nguyên tắc nhất định – để nghiên cứu định lượng cùng với khuyến khích thử nghiệm và quan sát định tính. E. Muybridge (cuối thế kỷ XIX) đã sử dụng những bức ảnh ghi lại các bước chạy của cuộc đua ngựa trong một vài thời điểm, và nhận thấy có một thời điểm cả bốn chân ngựa rời khỏi mặt đất – như bây giờ chúng ta nói – là giai đoạn bay. Tác giả của các công trình nghiên cứu về lĩnh vực sinh cơ ở nửa đầu thế kỷ này gồm có các tên tuổi như E. du Bois-Reymond, A.V. Hill và W.O. Fenn. E. du Bois-Reymond được biết đến khi lần đầu tiên khi sử dụng dụng cụ đo một hướng để xác định trọng tâm chung của cơ thể người sống, mà cho đến nay vẫn được áp dụng. Ông cũng chỉ ra sự ảnh hưởng của sức cản không khí trong khi chạy. A.V. Hill được biết đến chủ yếu từ các công trình nghiên cứu mối liên quan giữa lực và tốc độ co rút cơ, đã xây dựng lý thuyết cơ học và cấu trúc của cơ bắp. Nhà khoa học này quan tâm đến những gì mà hiện nay chúng ta gọi là sinh cơ học các môn thể thao: ông đã xây dựng đường cong tốc độ trong chạy cự ly ngắn, tính được công cơ học khi chạy bên sườn núi cũng như các bước chạy với sự nỗ lực tối đa của cơ bắp. Trái lại, W.O. Fenn tiến hành thử nghiệm trên những cơ bị cô lập, đã xác nhận sự sinh nhiệt khi vận cơ tích cực (nhiệt hoạt hóa), được gọi là „*hiệu ứng Fenn*“. Khi thực hiện phân tích công động học, phải xác định được tiêu hao năng lượng (chuyển hóa) hoạt động ước tính. Những vấn đề nêu trên được giới thiệu trong công trình „*Công chống lại lực hấp dẫn và công do biến đổi tốc độ chạy*“ (Work against gravity and work due to velocity changes in running). *Quan tâm đến những vấn đề về hoạt động vận động còn có một số nhà nghiên cứu khác như N.A. Bernstein, người đã cho rằng bước chân của một đứa trẻ ít tiết kiệm năng lượng hơn so với người lớn, mặc dù không có bằng chứng rõ ràng. Hiện nay ông được biết đến như một nhà điều khiển học về vận động và mối quan hệ giữa hệ thần kinh và hệ vận động mà hiện nay chúng ta gọi là sự phối hợp thần kinh-cơ.*

P.F. Lesgaft (1837-1909) là người đầu tiên thành lập chuyên ngành sinh cơ học thể dục thể thao, được phát triển trên cơ sở của giải phẫu vận động. Năm 1877, P.F. Lesgaft bắt đầu bài thuyết trình về chủ đề này trong các khóa học về giáo dục thể chất. Tại học viện giáo dục thể chất mang tên P.F. Lesgaft, khóa học này trở thành một chuyên ngành về “giáo dục thể chất”, và vào năm 1927 trở thành một chuyên ngành độc lập gọi là “ lý thuyết vận động”; và năm 1931 đổi tên thành khóa học “Sinh cơ học thể dục thể thao”

Tư tưởng của N.M. Sechenov về bản chất của phản xạ điều khiển hoạt động thông qua việc sử dụng các tín hiệu cảm giác, được phát triển trong lý thuyết của N.A. Bernstein về tính khép kín của các quá trình điều khiển.

B.C. Gurfinkel và cộng sự (1965) đã xác nhận trên lâm sàng xu hướng thể hiện nguyên lý đồng vận trong tổ chức hoạt động của các cơ vân trong sự điều chỉnh tư thế đứng thẳng, còn F.A. Severin và cộng sự (1967) thu được dữ liệu về tín hiệu xung điện của tủy sống (tế bào thần kinh vận động) của hoạt động vận động. R. Granit (1955) trên quan điểm sinh lý học thần kinh, đã đưa ra những phân tích về cơ chế điều khiển quá trình vận động.

R.G. Osterhoud (1968); T. Duck (1970), R.M. Brown; J.E. Counsilman (1971); S. Plagenhoef (1971); C.W. Buchan (1971); Dal Monte et.al. (1973); M.Saito và cộng sự (1974) và rất nhiều nhà khoa học khác đã có sự đóng góp to lớn cho khoa học sinh cơ học thể thao.

Sự phát triển sinh cơ học thể dục thể thao như một ngành khoa học.

Sinh cơ học thể dục thể thao đặt cơ sở lý thuyết cho một loạt vấn đề về giáo dục thể chất. Sinh cơ học thể dục thể thao là một trong những cơ sở lý luận của kỹ thuật thể thao. Nó giúp cho việc tạo cơ sở cho kỹ thuật hợp lý nhất, các biện pháp nắm vững và hoàn thiện kỹ thuật cho vận động viên. Những tiêu chí đánh giá kết quả đã được thay đổi cùng với việc ứng dụng từng hệ phương pháp với sự thu thập những số liệu thực tế, với sự phát triển của các lĩnh vực kiến thức liên quan (cơ học, giải phẫu học, sinh lý học, động lực học...) đồng thời xuất hiện những đúc kết, kết luận để dần hình thành những nhận thức mới về các hiện tượng và quá trình. Lý thuyết sinh cơ học là sự khái quát hóa những số liệu thực nghiệm dưới ánh sáng của các ý tưởng nhất định được phát triển theo một số khuynh hướng.

Khuynh hướng cơ học: quan điểm tiếp cận cơ học đối với việc nghiên cứu những chuyển động của con người cho phép xác định độ lớn về số lượng của các quá trình vận động, giải thích bản chất vật lý của các hiện tượng cơ học, khám phá

tính phức tạp về cấu tạo của cơ thể người và hoạt động của nó theo quan điểm cơ học.

Khuynh hướng cơ học trong sự phát triển sinh cơ học là hướng nghiên cứu đầu tiên theo phương pháp đo thời gian bằng đồng hồ bấm giây. Việc nghiên cứu sự tác động và phản ứng lại lực tác động, việc xác định trọng tâm của cơ thể người hay sự phân loại các chuyển động cơ bản căn cứ vào nguồn gốc của các lực đều được tiến hành dựa theo quan điểm cơ học.

Hai anh em nhà sinh lý học Vecber (1836) đã nghiên cứu hoạt động đi bộ của con người dựa vào quan điểm cơ học bằng phương pháp so sánh chuyển động khi bước với dao động của con lắc đồng hồ (nhưng sau đó phần lớn không được khẳng định). Đã có nhiều công trình nghiên cứu về những đặc tính cơ học của chuyển động như các tác phẩm của V. Braun, O. Fiser, G. Khokhmut, A. Novac v.v...

Việc ứng dụng những quy luật cơ học trong sinh cơ học là hoàn toàn cần thiết, nhưng vẫn chưa đủ. Cơ thể người như một hệ thống sinh cơ học khác biệt về bản chất với thể rắn hoặc chất điểm được nghiên cứu trong cơ học cổ điển. Những nội lực trong khi giải quyết những nhiệm vụ trong cơ học thể rắn người ta cố tình bỏ qua lại có ý nghĩa quyết định đối với chuyển động của con người. Sự không phân biệt đối với nguồn gốc của lực trong cơ học thể rắn lại là một vấn đề hết sức quan trọng trong sinh cơ học.

Song song với những nguyên nhân cơ học và tính phức tạp của các chuyển động đặc biệt của động vật còn có những nguyên nhân phi cơ học đóng vai trò lớn hơn. Chính những nguyên nhân này là đặc trưng của khuynh hướng nói trên, thường không được quan tâm nghiên cứu. Cách tiếp cận cơ học thuần túy tạo cơ sở cho những nhận thức đơn giản không thể chấp nhận được, mà thường đưa đến những kết luận sai lầm. Ngoài ra còn xuất hiện nguy cơ đánh giá phiến diện tính đặc thù về chất lượng của vật lý học động vật.

Khuynh hướng giải phẫu chức năng: *Quan điểm tiếp cận giải phẫu chức năng có đặc trưng là sự phân tích chuyển động ở các khớp thông qua mô tả, xác định sự tham gia của các cơ khi duy trì tư thế của cơ thể và hoạt động của nó.*

Khi nghiên cứu hình dáng và cấu tạo của các cơ quan trụ cột, hoặc nghiên cứu những chuyển động của con người trong mối quan hệ chặt chẽ với chức năng của chúng, các nhà giải phẫu học đã nghiên cứu sâu bộ máy vận động. Việc nghiên cứu cơ thể người theo dạng phân tích được thể thiện qua các công trình của O. Fiser, P. Fikk, G. Braunx, X. Mollie và nhiều nhà giải phẫu khác.

Cùng với khuynh hướng trên, việc nghiên cứu chức năng của bộ máy vận động như một thể thống nhất được mở rộng. Một trong những nhà sáng lập ra môn giải phẫu chức năng là P.F. Lexgaft đã nghiên cứu toàn bộ hệ thống cơ quan trong sự tác động tương hỗ như những bộ phận trọn vẹn của cơ thể động vật. Ông đã đánh giá cao những ảnh hưởng của cấu trúc hình thể đến chức năng hoạt động của chúng. P.F. Lexgaft là một trong những người đầu tiên bắt tay vào soạn thảo những nguyên lý khoa học của việc giáo dục thể chất cho trẻ em và thanh thiếu niên. Trường phái giải phẫu chức năng được các học trò của P.F. Lexgaft kế tục như A.A. Kpaxuskaia, E.A. Kochikova, E.G. Kohelnhikova... Một người có công đóng góp to lớn vào học thuyết về các chuyển động cơ thể là M.F. Ivanhiski, ông đã soạn thảo một chương của khóa học giải phẫu với tựa đề: “Bộ máy vận động như một thể thống nhất” trong chương trình giải phẫu động lực học. Ở nhiều nước trên thế giới, khoa học về chuyển động chính là môn sinh lý động lực học, đó là sự kết hợp độc đáo của hai khuynh hướng cơ học và khuynh hướng giải phẫu chức năng.

Tính chất đặc trưng cho khuynh hướng giải phẫu học về tổng thể là quan điểm tiếp cận – mô tả, nghĩa là trình bày những đặc tính thiên về chất lượng trong khi ứng dụng đơn vị đo số lượng không đáng kể. Tuy nhiên, hiện nay sự ứng dụng rộng rãi điện cơ đồ để đo tính tích cực hoạt động điện của các cơ đóng góp một phần đáng kể vào việc xác định thời gian và mức độ tham gia của cơ bắp cũng như sự phối hợp tích cực của từng cơ riêng biệt trong một nhóm vào chuyển động.

Một khuynh hướng mới trong giải phẫu chức năng là hình thái học thể thao (theo A.A. Gladuxép) thúc đẩy sự nhận thức những điểm đặc thù của bộ máy vận động – trụ cột của con người khi tập luyện thể thao. Việc cụ thể hóa những kiến thức cơ sở về hình thái học trên quan điểm cơ học đảm bảo cho việc định nghĩa một cách đúng đắn và sâu sắc khái niệm về huấn luyện thể lực và kỹ thuật trong giáo dục thể chất nói chung và thể thao nói riêng.

Khuynh hướng sinh lý học – khuynh hướng sinh lý học trong sinh cơ đã khẳng định khái niệm về bản chất phản xạ của các chuyển động, về tính chất điều khiển chuyển động tròn và tính chất đặc biệt phức tạp bị chi phối bởi các tính chất đó trong các chuyển động của con người.

Về bản chất, sự phát triển của sinh cơ học chịu ảnh hưởng của sinh lý học bộ máy thần kinh – cơ, học thuyết về thần kinh cao cấp và sinh lý học thần kinh. Sự thừa nhận bản chất phản xạ của các hoạt động vận động và bộ máy điều khiển thần kinh khi có sự tác động qua lại giữa cơ thể và môi trường trong các công trình nghiên cứu của I.M. Xêtrênov, I.P. Paplov, N.E. Vvedenxki, A.A. Ukhotoxki, P.K.

Anokhin, N.A. Bernstein và các nhà bác học khác đã thiết lập cơ sở sinh lý học cho việc nghiên cứu các chuyển động của con người. Những kết quả của rất nhiều công trình nghiên cứu được tiến hành trong những thập niên gần đây ở nhiều nước về hệ thần kinh trung ương và thần kinh – cơ cho phép hình dung đầy đủ tính phức tạp của sự điều khiển các chuyển động.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG I

1. Khái niệm về sinh cơ học?
2. Đối tượng nghiên cứu của sinh cơ học là những vấn đề gì?
3. Những nhiệm vụ chung và riêng của sinh cơ học là gì?
4. Ý nghĩa thực tiễn của sinh cơ học thể dục thể thao là gì?
5. Nội dung của sinh cơ học đề cập đến vấn đề gì?
6. Những khuynh hướng chủ yếu trong sự phát triển sinh cơ như thế nào?

CHƯƠNG 2

HOẠT ĐỘNG CỦA CƠ BẮP

Trong hoạt động cơ bắp, sinh cơ học nghiên cứu những lực tác động lên hệ thống sinh học và hiệu quả của những tác động đó. Có những lực được hình thành do các tác động từ bên ngoài, nhưng lực cũng có thể được sinh ra từ bên trong hệ vận động. Những lực tác động lên cơ thể từ bên ngoài tương đối đa dạng, có thể từ môi trường, từ các môn thể thao đối kháng đơn... Còn các lực được sinh ra từ bên trong là do sự hoạt động của hệ vận động, bao gồm hệ cơ, xương và khớp. Trong đó cơ bắp giữ vai trò chủ động của hệ vận động, nó giống như động cơ trong một bộ máy truyền động. Còn xương và khớp hoạt động mang tính bị động thông qua sự co rút của cơ. Như vậy, tính chất chủ yếu của cơ là gây ra lực và giữ vai trò điều chỉnh các hoạt động vận động. Hoạt động của cơ thường được đánh giá qua sự kết hợp với lực cản bên ngoài, vì suy cho cùng hiệu quả của nó tạo ra hình thức chuyển động (tạo ra công) phụ thuộc vào mối quan hệ giữa lực cơ bắp được sinh ra với lực cản bên ngoài. Đó là ý nghĩa cơ bản nhất về hoạt động của cơ và được xem như hiệu quả hoạt động của tất cả các loại sức mạnh. Cần chú ý rằng, hoạt động của cơ được mô tả trong chương này khác với chức năng giải phẫu mà cơ hoặc nhóm cơ có thể thực hiện, sẽ được trình bày trong phần nói về công (mục 4.5).

2.1. Những đặc tính sinh cơ học của cơ bắp

Chức năng cơ bản của cơ bắp là biến đổi năng lượng hóa học thành công cơ học hay lực. Cơ bắp như một vật thể vật lý cũng có một loạt các thuộc tính cơ học (tính đàn hồi, độ dai chắc, tính biến dạng, tính thụ giãn). Ngoài ra, cũng như mọi tổ chức sống, nó còn có các thuộc tính sinh học (tính hưng phấn, co rút) đóng vai trò quan trọng khi thực hiện các chuyển động.

Tính đàn hồi thể hiện ở sức căng của cơ, khi cơ bị kéo giãn dưới tác động của lượng vận động.

Khi tăng lượng vận động, cơ bị kéo dài ra, lúc đó sức căng của nó cũng tăng lên. Từ đó có thể thấy:

1) Lượng vận động làm cho cơ giãn ra, khi đó cơ trở nên dài hơn. Nói cách khác, muốn kéo giãn cơ, cần phải tác động một lực.

2) Khi độ dài của cơ tăng, sức căng cũng tăng theo. Do vậy, muốn tạo nên sức căng của cơ, cần phải kéo giãn nó.

3) Độ lớn lượng vận động quyết định độ lớn sức căng cơ. Vì thế, muốn tạo ra sức căng lớn, cần tác động một lượng vận động lớn (đối kháng lực kéo của cơ) – lực tác động bằng lực cản.

4) Tính đàn hồi của cơ không theo đường thẳng; theo đó mức độ tăng càng nhiều về độ dài sẽ tạo ra sự tăng thêm càng lớn về lực căng, cũng giống như cơ bị kéo giãn mạnh.

5) Khi chưa tác động lượng vận động, độ dài của cơ có giá trị nhỏ nhất (độ dài tự do) cơ không bị kéo giãn nên không có lực căng.

6) Trong điều kiện của cơ thể, độ dài của cơ lớn hơn “độ dài tự do” và cơ hơi bị căng một chút. Nghĩa là cơ luôn luôn có “trương lực tĩnh”.

Đó chính là tính đàn hồi, một đặc tính của cơ khi chưa bị kích thích.

Độ dai chắc của cơ được thể hiện ở sự làm chậm lại biến dạng của cơ khi lượng vận động thay đổi.

Khi cơ có độ dai chắc nhỏ nhất, sự thay đổi độ dài của nó chậm hơn sự thay đổi độ căng cả khi nó bị kéo giãn lẫn khi nó co lại. Trong trường hợp đó cơ, dù không ngay lập tức, nhưng toàn bộ cơ vẫn sẽ trở về trạng thái ban đầu. Nếu độ dai chắc tăng lên, cơ trở về trạng thái ban đầu chậm hơn và cơ không trở về trạng thái giống như trước đó – biểu hiện của sự biến dạng do lưu dấu vết. Khi đó không tránh khỏi một sự tiêu hao năng lượng nhất định. Người ta cho rằng, độ dai chắc của cơ thường tăng lên khi thực hiện các chuyển động nhanh và khi bị kích thích mạnh, nghĩa là hay gặp trong điều kiện thi đấu của vận động viên. Song nếu các cơ được làm nóng lúc khởi động sẽ làm giảm độ dai chắc, do đó làm giảm lực cản khi co và khi kéo giãn. Vì thế trong các buổi thi đấu và tập luyện, điều quan trọng để làm giảm độ dai chắc là phải duy trì nhiệt độ nóng cho cơ.

Tính biến dạng của cơ được thể hiện ở sự tăng độ dài của cơ theo thời gian, mặc dù mức căng của cơ không thay đổi.

Thuộc tính này đặc trưng cho tính biến dạng trong mối quan hệ “độ dài – sức căng” của cơ không lệ thuộc vào sự kích thích nó, nghĩa là không phụ thuộc vào sự điều khiển các cơ như một tổ chức sống. Cụ thể, cơ bị tác động của một lượng vận động (căng ra) khi đó cơ có độ dài tương ứng, sau một thời gian nhất định, lượng vận động và mức căng như vậy có thể bắt đầu được tăng lên. Sự biến dạng bởi lưu dấu vết được đề cập ở trên có thể được coi là biểu hiện của tính biến dạng.

Tính thư giãn của cơ được thể hiện ở sự làm giảm độ căng, cho dù độ dài của nó không đổi.

Tính thư giãn được thể hiện ở khả năng bị kéo giãn để duy trì độ dài, dần dần theo thời gian sẽ làm giảm mức độ căng của cơ, cơ được thư giãn. Những biểu hiện của tính biến dạng và tính thư giãn của cơ được nghiên cứu bên ngoài cơ thể, không có sự kích thích lên cơ. Đối với tổ chức sống, cách tiếp cận như vậy chỉ có tính quy ước thuần túy. Ý nghĩa của nó là, ngay cả trên quan điểm cơ học cũng không thấy có mối liên hệ giữa độ căng cơ và chiều dài như một mối tương quan không đổi.

Toàn bộ các thuộc tính cơ học (đàn hồi, dai chắc, thư giãn) trong tất cả các hoạt động phối hợp ở các điều kiện khác nhau về bản chất được gọi là **mức độ đàn hồi** (hay mức độ co giãn) của cơ.

Cơ có mức độ đàn hồi cao có các thuộc tính như chịu được sự kéo giãn lớn, có độ săn chắc trong khi bị kéo giãn (đàn hồi phi tuyến tính) và tiêu hao năng lượng ít (độ dai chắc thấp) khi bị biến dạng. Tuy hệ thống đảm bảo cho các thuộc tính kể trên đến nay vẫn còn chưa được giải thích một cách đầy đủ, nhưng những biểu hiện của chúng vẫn cần phải được hết sức quan tâm chú ý trong khi nghiên cứu các phương pháp nâng cao hiệu quả tác động của các cơ trong chuyển động của cơ thể cũng như các bộ phận.

Các thuộc tính sinh học của cơ gồm tính hưng phấn và tính co rút.

Tính hưng phấn là một thuộc tính của cơ chuyển sang trạng thái bị kích thích thể hiện ở sự thay đổi độ căng, tính đàn hồi, độ dai chắc...

Tính co rút là một thuộc tính của cơ có thể rút ngắn lại khi bị kích thích, nghĩa là khi tác động một lượng vận động với độ căng nhất định nó có thể thay độ dài, bị ngắn lại.

Với cùng một mức độ căng cơ và lượng vận động như nhau, độ dài của cơ trở nên ngắn hơn bởi co rút khi bị kích thích. Nếu giảm kích thích hoặc tăng lượng vận động, cơ sẽ bị kéo dài ra. Do đó những thay đổi về độ dài của cơ – rút ngắn hoặc kéo giãn được xác định bởi mức độ kích thích và độ lớn lượng vận động. Tất cả điều đó nói lên rằng, hoạt động tích cực của cơ (chế độ hoạt động) được xác định bởi sự thay đổi độ dài của nó, hoặc là mức độ căng cơ (trương lực cơ), hoặc đồng thời cả hai yếu tố này.

2.2. Các dạng hoạt động cơ bản của cơ bắp

Để hiểu rõ khái niệm về hoạt động cơ bản của cơ vân, chúng ta cần tách biệt ý nghĩa của khái niệm „công của cơ” nhằm mô tả hoạt động mà trong đó nhấn mạnh đến công cơ học được đo bằng đơn vị Jun với ý nghĩa hoạt động sinh lý của cơ.

Hoạt động của cơ khi đi kèm với một hoạt động điện mới được coi như một hoạt động cơ bắp (co rút), nhằm phân biệt với trạng thái cơ bị kéo giãn và không được kích thích trên đòn bẩy xương. Với cách hiểu như trên, thì cơ có thể có các tác động khác nhau lên đòn bẩy xương ngay cả trong khi bị kích thích, cũng như vào lúc không bị kích thích, hay co thụ động. Ở đây chúng ta chỉ đề cập đến hoạt động của cơ, khi xuất hiện đồng thời sự kích thích lên cơ và sinh ra một lực (mômen lực).

Người ta phân biệt chế độ hoạt động của cơ như sau:

- Chế độ đẳng trương (co cơ tĩnh lực: độ dài không đổi – trương lực (độ căng) thay đổi).
- Chế độ đẳng trương (co cơ động lực: trương lực như nhau – độ dài thay đổi).
- Chế độ đồng biến (co hỗn hợp: cả độ dài và trương lực đều thay đổi).

Bảng 2.1. Các chế độ (dạng) hoạt động của cơ

Độ dài của cơ (Δl)	Hoạt động	Điều kiện gây ra lực (F)	Dạng hoạt động (U)	Tỷ lệ giữa mômen lực cơ (M_m) với ngoại lực (M_z)
Không thay đổi ($\Delta l=0$)	Tĩnh lực	Lực tĩnh lực	Đẳng trương	$\Sigma M_m = \Sigma M_z$
Ngắn lại ($\Delta l < 0$)	Khắc phục (hướng tâm)	Lực động lực	Hỗn hợp	$\Sigma M_m > \Sigma M_z$
Dài ra ($\Delta l > 0$)	Nhượng bộ (ly tâm)			$\Sigma M_m < \Sigma M_z$

Chế độ hoạt động của cơ phụ thuộc vào mối quan hệ giữa lực cơ (hoặc mômen lực) và lực cản bên ngoài (hoặc mômen lực cản). Trong các mô tả về hoạt động của cơ và lực được sinh ra, chúng ta chú ý đến sự thay đổi chiều dài của cơ. Sự thay đổi chiều dài của cơ được xác định bởi sự thay đổi khoảng cách giữa hai điểm bám nguyên ủy và bám tận của cơ. Sự phân loại các dạng hoạt động của cơ được biểu thị trong bảng 2.1.

2.2.1. Cơ cơ tĩnh lực

Khi tổng sức mạnh của một cơ hay một nhóm cơ được huy động (ΣM_m) có giá trị bằng tổng lực cản bên ngoài (ΣM_z), trong trường hợp đó, có thể nhận thấy rằng, độ dài của cơ không thay đổi. Bởi vì sự tác động giữa hai lực này xảy ra trên cùng một xương (đòn bẩy) với độ lớn như nhau, lúc đó xảy ra trường hợp cân bằng đòn bẩy.

Do đó:

$$F_x + F_y + F_z = 0,$$

$$M_x + M_y + M_z = 0,$$

Trong đó:

F_x, F_y, F_z - là các thành phần của lực tác động lên đòn bẩy.

M_x, M_y, M_z - là các thành phần của mômen lực tác động lên đòn bẩy.

Nghĩa là, sự cân bằng đòn bẩy xương phản ánh hình thức cơ cơ. Khi không có sự dịch chuyển (thay đổi vị trí đòn bẩy) sẽ tạo ra sự cơ cơ tĩnh lực- là sự cơ cơ không làm thay đổi chiều dài của cơ hay cơ cơ đẳng trường, mặc dù vẫn làm tiêu hao nhiều năng lượng. Từ đây chúng ta cần hiểu rộng hơn khái niệm về sự cơ rút của cơ, nó không chỉ có nghĩa là làm giảm chiều dài của cơ.

Hoạt động tĩnh lực là sự cơ cơ xảy ra khi cơ bị kích thích vẫn không làm thay đổi chiều dài của nó, do đó khoảng cách giữa các điểm bám của cơ cũng không thay đổi.

Hoạt động tĩnh lực của cơ nhằm thực hiện một số chức năng khác nhau đối với hệ vận động. Bao gồm: sự **ổn định**, tính **bền vững** (duy trì) với lực cản bên ngoài và **tăng cường** cho những thành phần thụ động (bao khớp, dây chằng).

Sự ổn định hay cố định một phần hay một phân đoạn cơ thể để các bộ phận khác thực hiện động tác được dễ dàng và chuẩn xác. Ví dụ, các cơ bắp phần đai vai và xung quanh khớp vai giữ ổn định khớp vai thì hoạt động của khớp khuỷu sẽ trở nên linh hoạt và hiệu quả hơn, làm tăng việc truyền lực đến cẳng tay cũng như các phân đoạn phía dưới. Sự căng cơ tác động với lực như nhau ở cả hai điểm bám của cơ. Nếu đầu gần cố định thì hoạt động sẽ diễn ra ở đầu xa của cơ và ngược lại.

Lực tác động lên điểm bám vào xương ở hai đầu: đầu gần và đầu xa của cơ là như nhau.

Tính bền vững và cân bằng với tác động bên ngoài của cơ cơ tĩnh lực được thể hiện rõ nét nhất trong trường hợp cơ cứng (co tetanus). Trong trường hợp đó, lực cơ được sinh ra cân bằng với lực tác động bên ngoài, kết quả là một phân đoạn cơ thể được duy trì ổn định, có thể không gây ra sự dịch chuyển:

$$\sum_{j=1}^N M_z(P_j) = \sum_{i=1}^K M_m(F_i)$$

Trong đó:

M_z là mômen lực cản bên ngoài.

M_m là mômen lực cơ.

P, F_i là tác động của lực cơ và lực cản bên ngoài lên hệ vận động trong một khớp.

Co cơ tĩnh lực làm phát huy các thành phần bị động của hệ vận động như bao khớp và dây chằng. Giả sử chúng ta cân duy trì một lực tác động theo hướng của trục dọc xương như nhấc tạ đòn, chính nhờ sự co tĩnh của các cơ ở phía trước và sau cẳng tay tạo nên sự cân bằng lực giữ ổn định và tăng cường cho bao khớp và dây chằng ở khớp cổ tay.

Co cơ tĩnh trong thực tế thường chỉ thực hiện được ở những động tác có cấu trúc đơn giản, còn trong các hoạt động vận động liên tục thì co cơ dạng này chỉ mang tính thời điểm, là sự chuyển tiếp từ động tác này sang động tác khác. Sự phân chia hình thức hoạt động của cơ lúc này chỉ mang tính tương đối, không rõ ràng. Tuy nhiên, co cơ tĩnh lực là một thành phần quan trọng của bất kỳ một hoạt động cơ bắp nào, nó giữ vai trò quan trọng trong việc duy trì tư thế, ví dụ như duy trì ổn định trong tư thế đứng thẳng, hãm ngang trên vòng treo, các động tác chống tay... Dưới góc độ sinh lý, co cơ tĩnh lực sẽ làm tăng quá trình ức chế của hệ thần kinh và tiêu hao nhiều năng lượng.

2.2.2. Co cơ động lực

Co cơ động lực làm thay đổi các tham số chuyển động quay của các phân đoạn cơ thể (tại các khớp), mômen lực tạo nên gia tốc làm thay đổi không chỉ trị số tốc độ mà cả hướng của chuyển động. Khi tổng mômen lực do cơ tạo ra lớn hơn mômen lực cản bên ngoài sẽ gây nên hoạt động động lực:

$$\sum M_m > \sum M_c \text{ và } \Delta l < 0 \text{ (trong đó } \Delta l \text{ là độ dài của cơ)}$$

Khi cơ co ngắn hơn chiều dài ban đầu ($\Delta l < 0$), tổng lực cơ lớn hơn lực cản bên ngoài được gọi là co cơ khắc phục (hay hướng tâm);

Khi tổng mômen lực của cơ tại khớp nhỏ hơn mômen lực cản bên ngoài:

$$\sum M_m < \sum M_c \text{ và } \Delta l > 0$$

Khi đó lực cản bên ngoài sẽ kéo làm cho cơ dài hơn lúc ban đầu, dạng co cơ như vậy được gọi là co cơ nhượng bộ (hay ly tâm).

Trong trường hợp đầu - co cơ khắc phục cơ co ngắn lại. Trong thuật ngữ sinh lý có khái niệm về co cơ đẳng trương (*isotonus*: iso: bằng nhau; tonus: trương lực). Thuật ngữ này đối với những hoạt động của con người trong điều kiện tự nhiên là không chính xác, bởi vì nó thực sự làm thay đổi cả chiều dài lẫn sức căng của cơ. Tương tự như vậy, đối với dạng co cơ thứ hai - co nhượng bộ (hay ly tâm), khi đó cơ dưới sự tác động của lực cản bên ngoài bị kéo dài ra - thay đổi cả chiều dài lẫn sức

căng. Rõ ràng thuật ngữ này không phải là „co”. Vì vậy, chúng ta sử dụng các khái niệm được trình bày trong bảng 2.1: các hình thức thức co cơ làm thay đổi chiều dài được gọi chung là hoạt động động lực (isokinetic).

Có hai dạng co cơ động: co cơ khắc phục (hướng tâm) và co cơ nhượng bộ (ly tâm)

Hoạt động động lực là khi cơ bị kích thích sẽ làm thay đổi chiều dài của nó.

Ví dụ về hoạt động lực của cơ:

- Nâng cánh tay sang ngang (dạng), cơ chính tham gia là cơ đen-ta, lúc này cơ co theo dạng khắc phục (hướng tâm). Từ vị trí này hạ tay xuống (khép), để cánh tay không rơi tự do thì cơ đen-ta cũng phải „co” để chống lại trọng lực của cánh tay nhưng ở dạng nhượng bộ (ly tâm).

- Từ tư thế ngồi xổm rồi đứng lên, chủ yếu do cơ tứ đầu đùi làm duỗi thẳng khớp gối theo dạng co khắc phục (hướng tâm). Trở về tư thế ngồi xổm, để chống lại trọng lực, cơ tứ đầu đùi tham gia hoạt động ở dạng nhượng bộ (ly tâm). Cũng theo trình tự như trên nhưng với biên độ hoạt động ở khớp nhỏ hơn, là đặc trưng của mỗi bước trong đi bộ và chạy.

Trong các dạng chuyển động của con người, chế độ hoạt động đẳng trương không diễn ra một cách thuần túy, bởi vì luôn luôn có một lực cản làm thay đổi độ căng cơ. Chế độ đẳng trương lại không đặc trưng cho chuyển động mà là cho các tư thế tĩnh. Những chuyển động quan sát được trên thực tế là chế độ hoạt động đồng biến của cơ (chế độ hỗn hợp), khi đó sự co cơ và kéo giãn phối hợp với việc tăng và giảm độ căng của nó (tăng và giảm trương lực).

Mỗi hoạt động của cơ được bắt đầu bằng việc gia tăng kích thích hoạt động điện trong cơ, kích hoạt các quá trình chuyển đổi năng lượng hóa học thành nhiệt và năng lượng cơ học:

Năng lượng điện

↓

Năng lượng hóa học → năng lượng cơ học; công

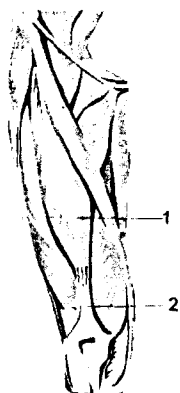
↓

→ Nhiệt

Để hiểu được cơ chế của sự co cơ mà kết quả là việc giải phóng năng lượng cơ học, cần phải hiểu được cấu trúc vi thể của cơ vân cùng với thuyết trượt về sự co cơ.

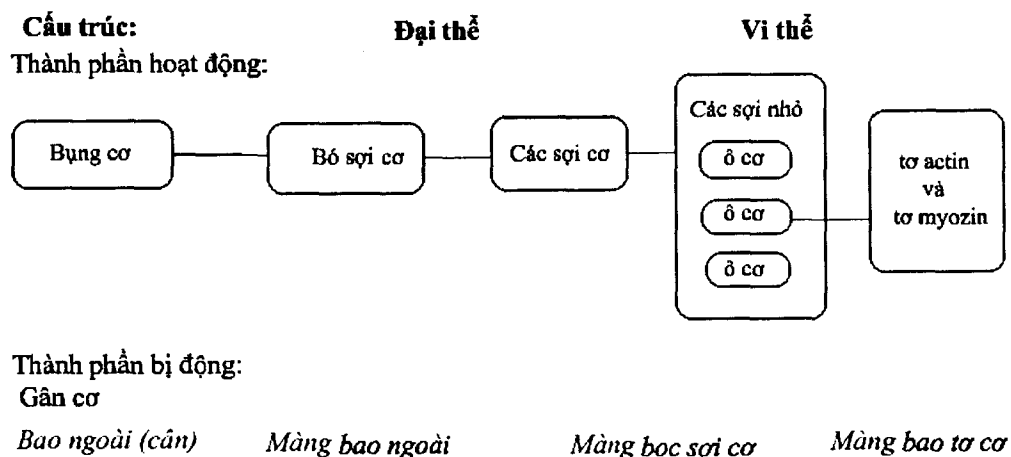
2.3. Cấu trúc đại thể và vi thể của cơ vân

Cơ vân hoạt động phụ thuộc vào ý muốn của con người, phụ thuộc vào khả năng của hệ vận động, tạo ra lực và thực hiện một công cơ học (Hình 2.1).



Hình 2.1. Cơ thẳng đùi (1) và gân cơ từ đầu đùi (2) có điểm bám nguyên ủy vào gai chậu trước dưới và bám tận vào lồi củ xương chày, đi qua dây chằng bánh chè

Bụng cơ hình thành từ các sợi cơ và được bao quanh bởi các màng mỏng gọi là cân cơ (fascia), các màng này tập trung thành gân, các sợi cơ khi được kích thích từ bụng cơ sẽ thông qua gân tác động vào bề mặt của xương. Với đặc điểm cấu tạo như vậy, cơ vân luôn tập trung được lực vào điểm bám của xương (Hình 2.2)

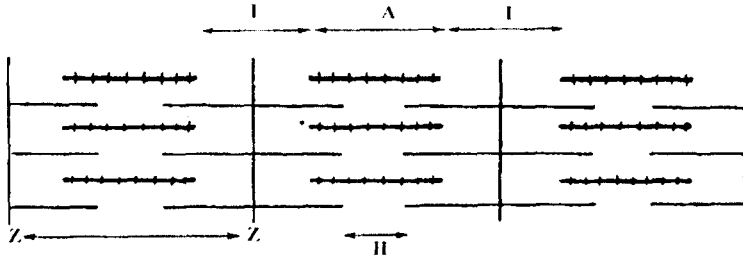


Hình 2.2. Cấu trúc các thành phần tạo nên cơ vân (từ đại thể đến vi thể và các thành phần bị động của cơ)

Một bắp cơ thường được bao phủ ở bên ngoài bởi một tổ chức liên kết tương đối dày được gọi là *cân* hay *mạc* (epimysium), lớp này xâm nhập vào cả bên trong. Lớp mô bao ngoài bọc các bó sợi cơ mỏng hơn (perimysium). Lớp này càng mỏng dần theo kích thước nhỏ dần của các bó cơ. Cả hai lớp đều có chứa các sợi đàn hồi collagen lấn sâu vào bên trong các tế bào cơ (sợi cơ) rồi liên tiếp với màng bọc sợi cơ, màng này bao bọc riêng rẽ từng sợi cơ. Màng bào tương bao quanh các tơ cơ (sarcolema) có nhiệm vụ tiếp nhận các kích thích do thần kinh cơ chuyên đến.

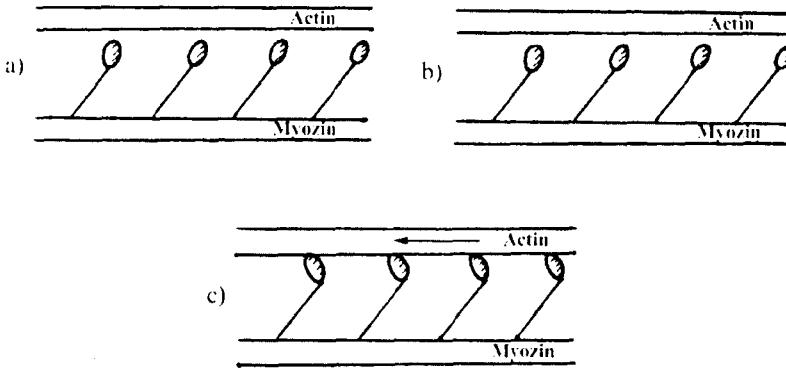
Mô liên kết tạo thành vỏ bọc các thành phần riêng lẻ của cơ, cùng với gân là thành phần thụ động có ý nghĩa quan trọng trong việc truyền lực của cơ. Các sợi cơ gồm hai loại tơ dày (myozin) và mỏng (actin) tạo nên các ô cơ (sarcomer) ngăn cách nhau bởi vạch Z (Hình 2.3) và được gọi chung là tơ cơ (miofilament).

Thành phần chính của cơ vân là những sợi cơ (tế bào cơ) hình trụ có nhiều nhân (multinucleated).



Hình 2.3. Ô cơ – giới hạn giữa hai vạch Z. Sơ đồ theo chiều dọc sợi cơ: dày - tơ miozyn và mỏng - tơ actin

Tìm hiểu sâu hơn về cấu trúc vi thể của cơ xương, chúng ta sẽ hiểu rõ bản chất sự hoạt động của những tơ cơ (Hình 2.4).



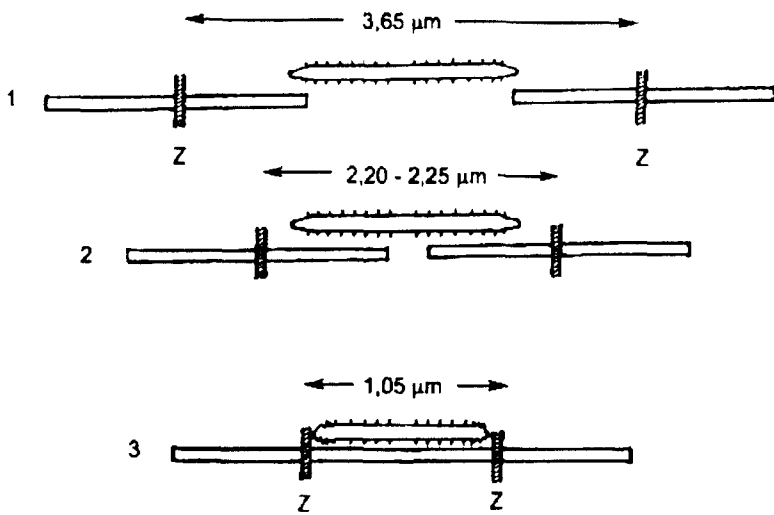
Hình 2.4. Sơ đồ hệ thống cầu nối ngang của tơ myozin tác động lên tơ actin: a) trong trạng thái nghỉ; b) dưới ảnh hưởng của các ion Ca^{++} , các cầu nối ngang kết nối với tơ actin, sau khi kích hoạt ATP; c) năng lượng bị phân hủy của ATP được tiêu thụ để làm thay đổi góc độ của các cầu nối làm di chuyển tơ actin ngược chiều với myozin.

2.4. Thuyết trượt của sự co cơ

Mỗi sợi cơ gồm nhiều những sợi nhỏ hơn (tơ cơ) được cấu tạo từ protein có chiều dài từ vài mm đến vài cm (ví dụ như sợi cơ của chi trên, chi dưới) và có độ dày không vượt quá 0,1mm; Các tơ cơ bao gồm các phân đoạn được sắp xếp tuần tự gọi là ô cơ (sarcomer). Nó là đơn vị cấu trúc lặp đi lặp lại cơ bản của cơ. Trong một

sợi cơ có thể chứa tới 1000 -1200 ô cơ. Ô cơ là đơn vị nhỏ nhất diễn ra quá trình co rút, mỗi ô cơ có cùng độ dài khoảng $2,5\mu\text{m}$ và có lực co như nhau, được cấu tạo bởi nhiều tơ cơ (miofilament) gồm hai loại: sợi mỏng là actin và dày là myozin (dày gấp đôi actin). Các sợi có chiều dài cố định: myozin $1,5\mu\text{m}$ và actin $2\mu\text{m}$. Ở một ô cơ, xơ actin chỉ có một nửa chiều dài vì bị phân chia bởi vạch Z (xem hình 2.3). Xơ myozin gồm nhiều cầu nối, trong quá trình co rút, các xơ này di chuyển tương đối với nhau thông qua các cầu nối, chiều dài của chúng không thay đổi mà chỉ làm cho các ô cơ (sarcomer) ngắn lại. Điều này giải thích cơ chế rút ngắn cơ được gọi là *lý thuyết về sự co cơ*, được đề xuất độc lập bởi hai nhóm nghiên cứu A.F Huxley và R. Niedergerke cùng với Huxley và A. Hanson vào năm 1950.

Trên quan điểm cơ học, ô cơ (và toàn bộ cơ) ngắn lại là sự thay đổi vị trí tương đối giữa tơ myozin và actin.



Hình 2.5. Thay đổi độ dài của ô cơ (sarcomer): khoảng cách giãn tối đa (1); khoảng cách trạng thái tự nhiên $2,20 - 2,25\mu\text{m}$ (2) và khoảng cách rút ngắn tối đa (3)

2.5. Kích thích thần kinh và mối liên quan đến hiện tượng điện trong cơ

Mỗi trạng thái của vật chất là kết quả của sự tác động của những lực mà sự phụ thuộc lẫn nhau giữa chúng ảnh hưởng đến bản chất của vật. Nguồn năng lượng, sau đó là lực có thể rất đa dạng: hóa học, cơ học hoặc nhiệt học, đó là nguồn cung cấp có tính bắt buộc cho hoạt động của tế bào cơ. Trạng thái nghỉ của cơ được đặc trưng bởi những tế bào cơ có sự phân cực điện, thể hiện cái gọi là sự “nghỉ ngơi tiềm tàng”. Tiềm năng này có dạng điện thế mà giữa môi trường trong của tế bào với môi trường xung quanh của nó là khoảng 90mV . Cơ chế của việc tăng điện thế của cơ được điều khiển bởi hệ thống thần kinh trung ương, theo đó tạo ra một điện thế động

và dẫn đến kết quả là sự co rút của các sợi cơ. Điện thế hoạt động của cơ và sự gây nên lực cơ là do sự thay đổi cấu trúc của các cầu nối myozin. Sự co cơ do các cầu nối của myozin tiếp xúc với các sợi actin, kéo chúng về phía trung tâm ô cơ mà người ta gọi là sự “trượt” lên nhau; điều đó làm tăng lực cơ, mặc dù hoạt động của chúng có thể được quan sát thấy chỉ sau khi cơ được kéo giãn. Mối liên kết kiểu cầu nối và sự di chuyển tương đối giữa sợi mỏng và sợi dày diễn ra trong tế bào cơ là một quá trình điện hóa học và nhiệt động lực học: sự kích thích và hoạt hóa các thành phần co rút trong các sợi cơ làm giải phóng năng lượng hóa học tích trữ trong cơ và biến đổi chúng thành lực và công cơ học. Cơ sở hóa sinh để kích thích các cầu nối ngang myozin do sự hiện diện một nồng độ thích hợp các ion Ca^{++} , tạo điều kiện để hình thành liên kết giữa hưng phần (điện thế động) và sự co cơ, gây ra phản ứng kích thích xuất phát từ một noron thần kinh vận động kích hoạt và phân giải ATP gắn vào sợi actin thực hiện di chuyển “trượt” giữa hai sợi. Như vậy, chúng ta thấy có ba giai đoạn gắn kết cơ học của cầu nối: kết nối, chuyển động của đầu cầu nối (làm di chuyển sợi) và ngắt kết nối. Tuy nhiên, mỗi một lần gắn kết ngay cả khi diễn ra trên toàn bộ cơ cũng chỉ làm thay đổi chiều dài của cơ không đáng kể. Do đó hiện tượng hình thành và phá vỡ những cầu nối ngang thường diễn ra nhiều lần, thông thường là 5 đến 6 lần. Số lượng những lần lặp lại phụ thuộc vào độ dài và tốc độ co cơ.

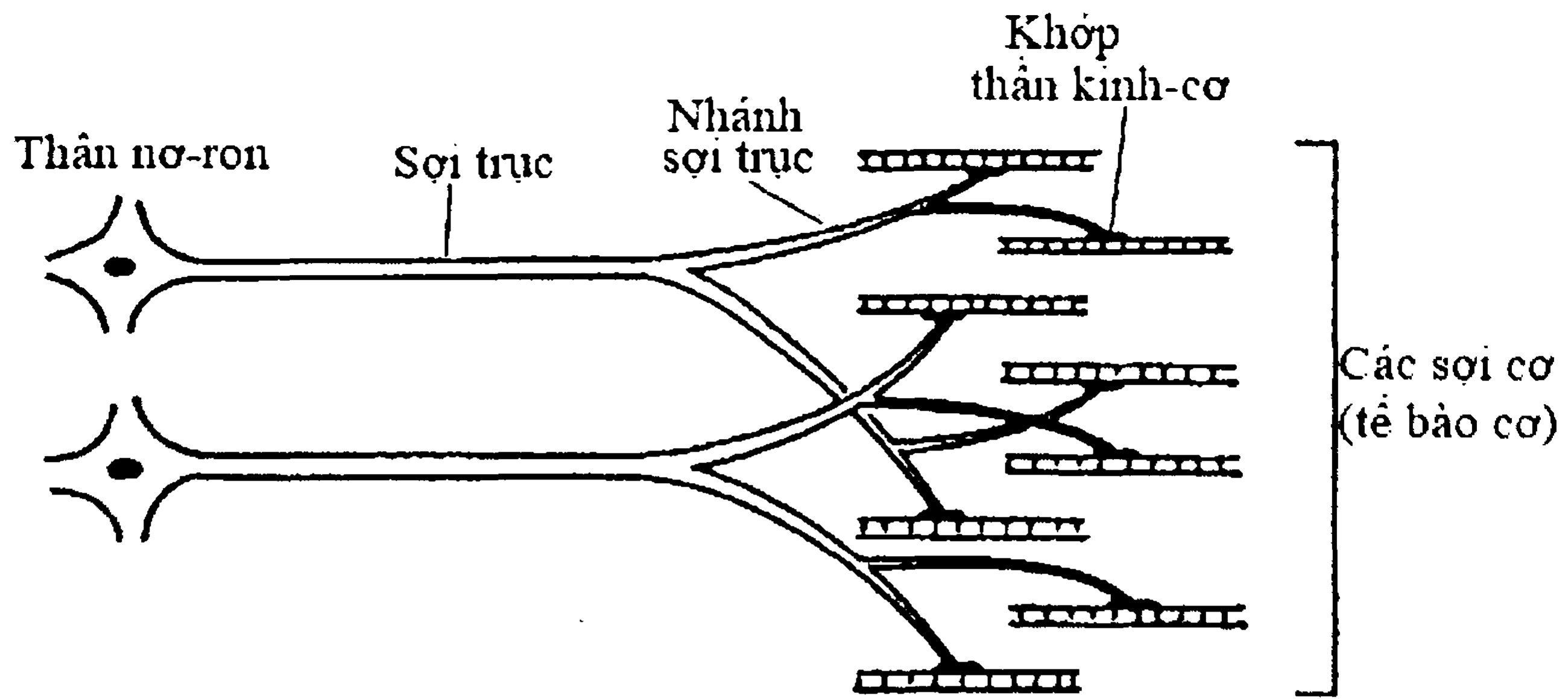
2.6. Đơn vị vận động và hoạt động điện của cơ

Liên quan đến sự co cơ, chúng ta cần nắm rõ khái niệm về đơn vị vận động. Đó là một số lượng nhất định các sợi cơ (tế bào cơ) được chi phối bởi một tế bào thần kinh (neuron) thông qua các nhánh của sợi trục (axon) đi ra từ sừng trước chất xám của tủy sống.

Đơn vị vận động là một số lượng nhất định các sợi cơ bị chi phối bởi một sợi trục của một tế bào thần kinh vận động.

Đơn vị vận động của một cơ nhỏ có thể chỉ gồm một vài sợi, còn ở cơ lớn có thể tới hàng trăm, thậm trí lên đến 5000 sợi cơ.

Một sợi cơ đơn không bao giờ tham gia vào sự co rút riêng rẽ. Sự co cơ diễn ra cùng một lúc bởi một nhóm nhỏ các sợi nằm trong thành phần của một đơn vị vận động. Đoạn dưới của sợi trục được chia thành nhiều nhánh nhỏ (axon terminals) phân bố đến các sợi cơ không nhất thiết nằm liền kề với nhau, chúng có thể nằm xen kẽ với các sợi bị chi phối bởi sợi trục của một noron thần kinh khác, tạo thành một mạng lưới (Hình 2.6).



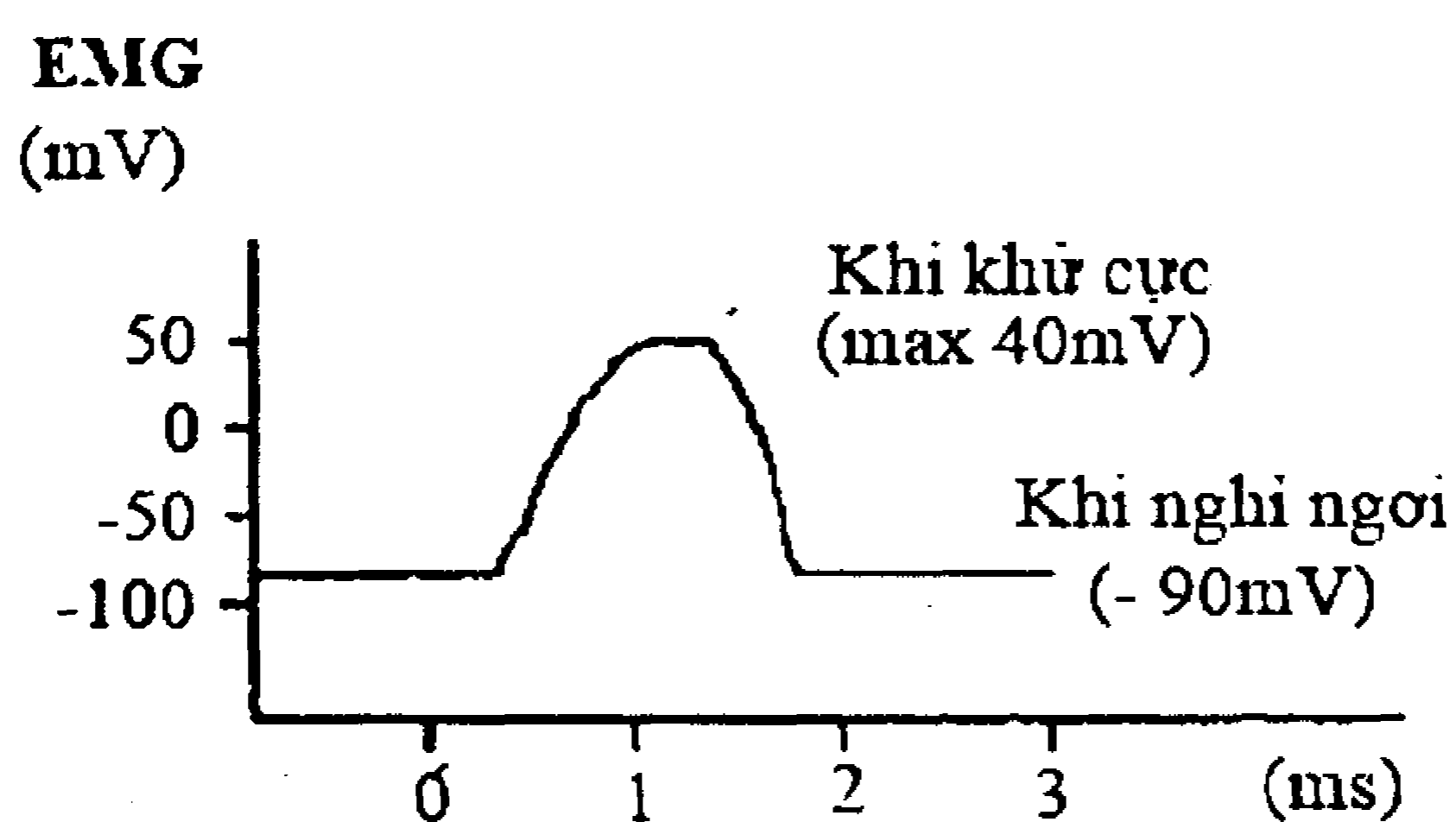
Hình 2.6. Hai đơn vị vận động cạnh nhau và sơ đồ tạo nên hệ thống mạng

Nhờ đó, diễn ra sự kích thích đồng thời ở các sợi thần kinh khác nhau đến các sợi cơ liên kề. Do đó, không thể xác định được sự chi phối của một đơn vị vận động đến một bó cơ nhất định. Thành phần cấu trúc của cơ hay một nhóm sợi cơ được xác định như một bó cơ, và thành phần sinh lý hay một đơn vị vận động được đan xen vào nhau. Kích thước của một đơn vị vận động trong các cơ khác nhau là không giống nhau. Các công trình khoa học đã khẳng định, ở những cơ lớn của người, một đơn vị vận động có khoảng từ 400 đến 5000 sợi cơ. Điển hình trong số đó là một số các cơ lớn của chi dưới. Ví dụ, đầu trong cơ bụng chân của cơ tam đầu cẳng chân có đơn vị vận động khoảng 2000 sợi, trong cơ giun của bàn tay, người ta đếm được 108 sợi cơ ở một đơn vị vận động. Các cơ nhỏ có tính năng rất tinh tế, chẳng hạn như các cơ vận động nhãn cầu, một đơn vị vận động có không đến 10 sợi. Dây thần kinh (vận động) khi bị kích thích sẽ dẫn truyền xung động từ hệ thần kinh đến các tế bào cơ (sợi cơ). Quá trình dẫn truyền từ thần kinh đến tế bào cơ theo một cơ chế rất phức tạp. Kích thích điện dẫn truyền qua các sợi thần kinh với nhau nhanh hơn nhiều so với dẫn truyền từ thần kinh đến sợi cơ và yêu cầu tần số cũng cao hơn - lên đến 50Hz, do tính chất không đồng nhất giữa hai loại tế bào. Thời gian tiềm tàng của một xung nhịp kích thích đơn đến sợi cơ từ 1 - 2ms (miligiây), và đối với một đơn vị vận động cần duy trì trong vòng 5 - 6ms, bởi vì không phải tất cả các sợi cơ đều được kích thích cùng một lúc.

Mặc dù các xung động kích thích từ các tế bào thần kinh vận động không diễn ra đồng thời nhưng vẫn tạo ra sự hoạt động cho toàn bộ cơ một cách trơn tru, đồng bộ có thể là do sự kích thích các sợi nằm trong các đơn vị vận động đan xen lẫn nhau.

Tính chất xung nhịp của kích thích ở các tần số khác nhau và đan xen lẫn nhau của đơn vị vận động tạo thành một „mạng lưới” bảo đảm có hiệu quả cho hoạt động trơn tru của toàn bộ cơ bắp. Đó là hệ quả của hoạt động hóa học chiếm ưu thế trong

việc truyền rung động từ sợi thần kinh đến sợi cơ, được gọi là các khớp thần kinh – cơ (xinap thần kinh – cơ), nằm ở màng sợi cơ. Kích thích khi đến màng sợi cơ làm giảm điện trở của nó. Khi ngưỡng kích thích đủ mạnh sẽ gây ra hiện tượng khử cực ở màng tế bào, làm tăng tính thấm của các ion, nhờ đó các ion có nồng độ khác nhau giữa bên trong và ngoài tế bào bắt đầu thấm qua màng. Ví dụ, các ion natri (Na^+) đi vào trong và các ion kali (K^+) đi ra ngoài màng. Kết quả là màng tế bào có sự chênh lệch về điện thế giữa trong và ngoài lên đến mức khoảng 40mV (xem hình 2.7). Ở mức độ này, điện thế màng tế bào được kích thích và lan truyền dọc theo sợi cơ, gọi là *điện thế động* có thể đo và ghi lại bằng một máy chuyên dụng có độ nhạy cao. Điện thế động như tên gọi của nó cho thấy rằng, khi cơ được kích thích sẽ gây ra sự hoạt động. Phương pháp đo điện thế hoạt động của cơ được gọi là *điện cơ đồ* (EMG).

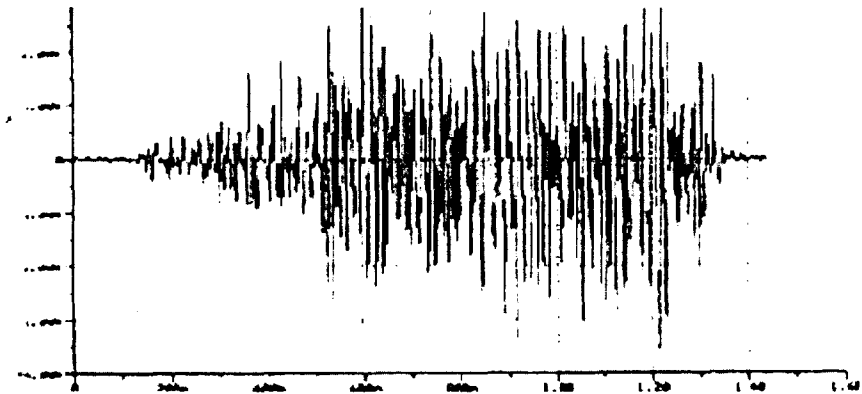


Hình 2.7. Sơ đồ điện thế động của sợi cơ vân

Về phương diện sinh lý học, điện cơ đồ cung cấp thông tin trực tiếp liên quan đến các biểu hiện cơ học của hoạt động cơ bắp. Trong sinh cơ học, đo điện cơ đồ là một yếu tố quan trọng để xác định sự tham gia của cơ bắp vào một hoạt động cụ thể, cùng với cơ cơ đối kháng, xác định dạng hoạt động của cơ, và trong một vài trường hợp, chẳng hạn như cơ cơ tĩnh lực, có thể xác định mối quan hệ giữa tín hiệu của EMG và lực cơ sinh ra. Qua việc ghi lại tín hiệu EMG từ một sợi cơ đơn, chúng ta có thể đo được sự thay đổi hoạt động điện của màng tế bào cơ. Điện thế nghỉ trong màng sợi cơ là khoảng -90mV . Khi kích thích đủ để gây ra phản ứng, điện thế trong của màng cơ tạm thời tăng từ khoảng 30 đến 40mV . Sự thay đổi đó chính là điện thế động của sợi cơ biểu hiện thông qua điện cực được đặt vào bên trong hoặc bên ngoài cơ (bề mặt da). Trong một cơ, các sợi cơ đơn không bao giờ được kích thích giống nhau, nhưng tất cả các sợi đó đều thuộc thành phần của một đơn vị vận động nhất định. Các tín hiệu được ghi lại từ sự khử cực của một đơn vị vận động, hay sự thay đổi điện thế màng tế bào cơ trong thời gian kích thích tới ngưỡng được gọi là *điện thế động của một đơn vị vận động*.

EMG bao gồm đo và ghi lại điện thế động giữa hai vùng cơ gần hai điện cực. Điện thế động đo được từ mỗi điện cực chính là hoạt động điện của mỗi vùng cơ và lần lượt là tổng điện thế động được tạo ra bởi các đơn vị vận động ở gần điện cực. Rõ ràng là, sự tham gia của các thành phần riêng lẻ của mỗi tổng này phụ thuộc vào khoảng cách vị trí các điện cực tạo ra nó. Như vậy, giá trị biến đổi các tín hiệu EMG chủ yếu ảnh hưởng đến điện thế động của đơn vị vận động nằm gần các điện cực nhất.

Điện cơ (electromyogram) là tổng không gian-thời gian điện thế động của một đơn vị vận động khi bị kích thích, được đo bằng các điện cực chuyên dụng.



Hình 2.8. Một ví dụ ghi lại điện thế động của cơ – có thể thấy được biên độ (theo microvôn) và tần số dao động điện của cơ.

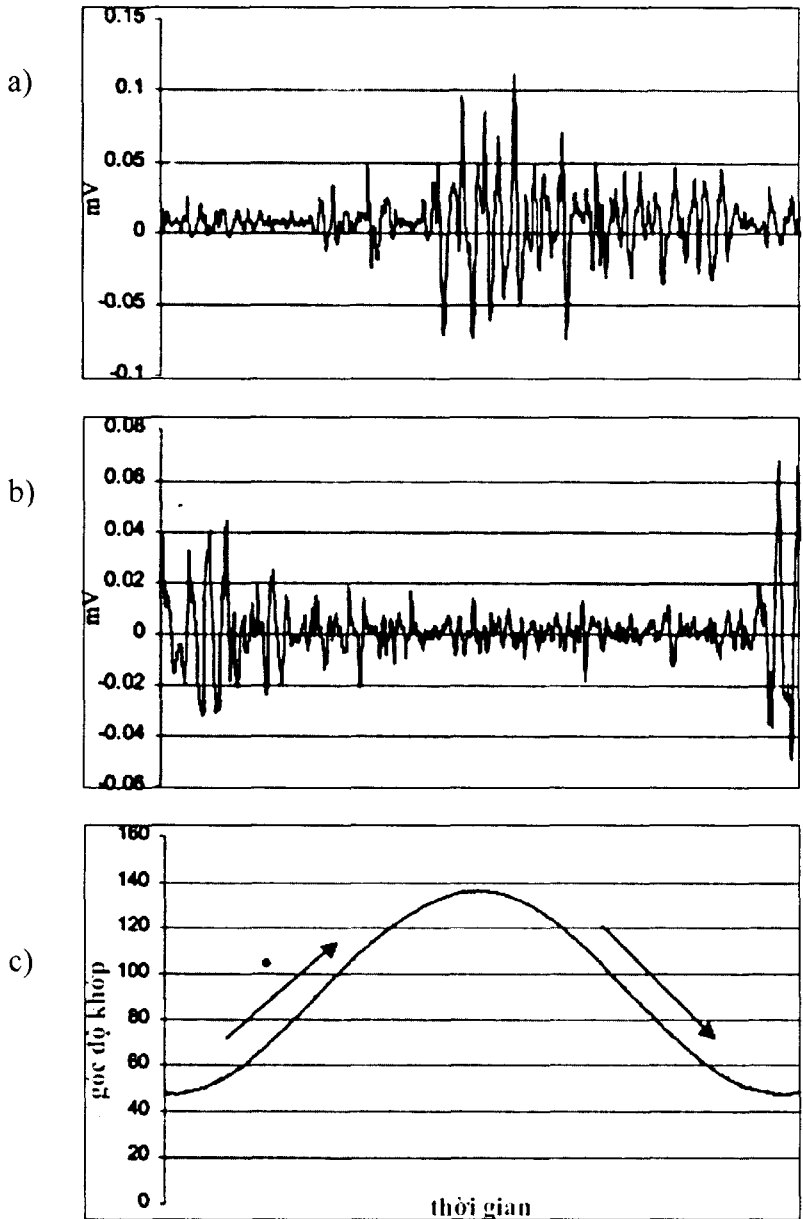
Điện cơ được đặc trưng bởi biên độ và tần số (hình 2.8). Chúng ta thấy, biên độ của điện cơ được xác định bằng microvôn (μV) – phụ thuộc vào số lượng sợi cơ tham gia vào hoạt động của cơ. Ở người, biên độ điện thế động nằm trong khoảng từ $100\mu\text{V}$ đến 5mV . Tần số thay đổi khác nhau, ở người từ $20 - 50\text{Hz}$, với cùng một kích thích đến các đơn vị vận động.

Biên độ điện thế động phụ thuộc vào số lượng sợi cơ tham gia, còn tần số thì vào sự đồng bộ hóa kích thích chúng.

2.7. Chu kỳ kéo giãn - co cơ

Trong mục 2.1 chúng ta đã đề cập đến hai dạng cơ cơ động lực: cơ khắc phục (hướng tâm) và cơ nhượng bộ (ly tâm), được trình bày trong bảng 2.1. Nếu như có thể đo đồng thời chức năng hoạt động của cơ và sự thay đổi chiều dài của nó thì chúng ta có thể xác định được chế độ (dạng) hoạt động. Có thể xác định một cách gián tiếp sự thay đổi chiều dài của cơ qua sự thay đổi góc độ của khớp. Ví dụ, khuỷu

tay được duỗi thẳng là nhờ cơ rút của cơ tam đầu cánh tay. Trong hình 2.9 ta thấy hoạt động của cơ tam đầu tại điểm bám nguyên ủy tăng lên. Ở pha thay đổi hướng chuyển động, sức căng của cơ nhị đầu cánh tay tăng chống lại hoạt động duỗi ở khớp khuỷu. Trong các hoạt động, giữ cho chi trên không bị lệch theo trục ngang sẽ tránh được ảnh hưởng do lực cản bên ngoài (trọng lực) theo hướng chuyển động của cánh tay.



Hình 2.9. Một chu kỳ duỗi và gấp ở khớp khuỷu (c); điện cơ đồ của cơ tam đầu cánh tay (b) và nhị đầu cánh tay (a)

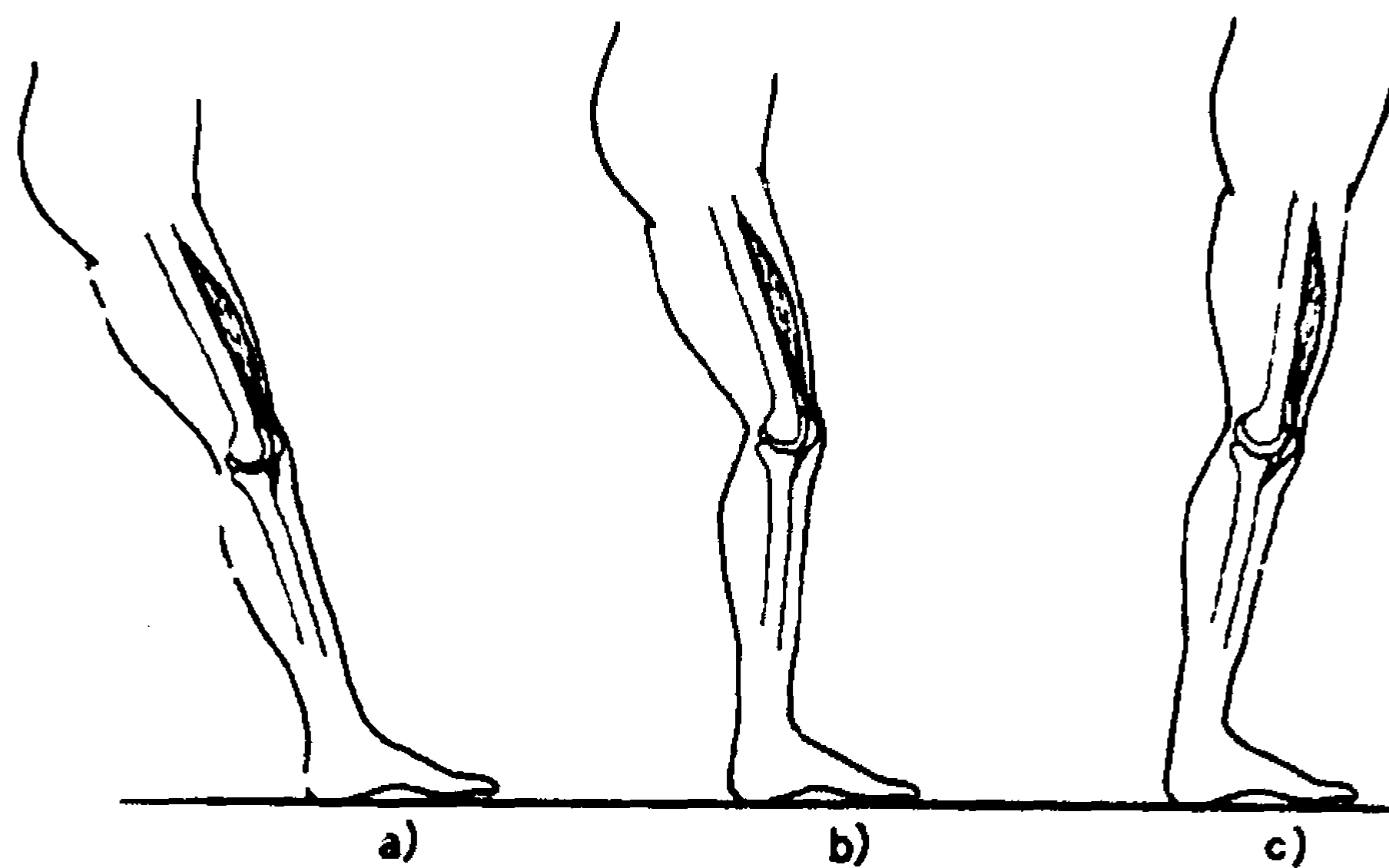
Khi gập gối như ở pha chống chân trong đi bộ, hoạt động của các cơ rộng đùi (cơ rộng trong, rộng giữa, rộng ngoài - nằm chủ yếu ở trước đùi) sẽ chuyển từ điểm bám nguyên ủy đến gân chung cho cả bốn cơ thuộc cơ tứ đầu đùi, bám vào lõi củ xương chày. Khi các cơ này co sẽ làm duỗi dần khớp gối cho đến khi thẳng để chuyển sang pha tiếp theo (pha đẩy). Riêng đối với cơ thẳng đùi (một cơ của cơ tứ đầu đùi) là một cơ qua hai khớp nên cơ này đã thay đổi chiều dài trước khi duỗi gối vì tham gia vào động tác của khớp hông (nâng đùi). Vì vậy khó có thể xác định rõ dạng hoạt động của cơ này khi dựa trên quan sát chuyển động ở một khớp (khớp gối); sẽ rất khó xác định hình thức nào để thay đổi chiều dài tổng thể của nó. Tuy nhiên, chúng ta vẫn dễ dàng nhận thấy sự tham gia của cơ thẳng đùi đối với hai khớp hông và khớp gối, vì khoảng cách giữa hai điểm bám nguyên ủy và bám tận đã bị thu hẹp lại dựa trên hoạt động giới hạn của cơ ở một khớp.

Trong ví dụ theo hình 2.10: ở pha chống, do tác động của lực cản bên ngoài - trọng lực và lực quán tính - tác động lên khớp gối, làm gập gối. Nếu sử dụng điện cơ đồ (electromyography) có thể nhận thấy các cơ rộng của đùi (gồm ba cơ) bị kích thích và có thể quan sát được sự thay đổi góc độ của khớp gối - ta có bất đẳng thức từ pha *a* đến *b* như sau:

$$\sum M(P_i) > \sum M(F_j)$$

Trong đó: P_i - lực cản bên ngoài (ngoại lực)

F_j - nội lực (lực cơ)



Hình 2.10. Các pha trong đi bộ: a) pha chống (đặt gót); b) pha trung gian; c) pha đẩy. Thay đổi góc độ ở khớp gối và thay đổi độ dài trung bình của các cơ qua một khớp làm duỗi gối (cơ rộng trong, rộng ngoài và rộng giữa).
 Từ vị trí a đến b: cơ bị kéo dài; từ vị trí b đến c: cơ giảm chiều dài.

Điều này có nghĩa là cơ hoạt động theo chế độ nhượng bộ, lúc đó cơ bị kéo giãn do độ lớn của lực cản bên ngoài (trọng lực, lực quán tính) trong giai đoạn (pha) này lớn hơn giá trị của lực được sinh ra bởi các cơ duỗi khớp gối (duỗi cẳng chân). Giai đoạn này giữ một vai trò quan trọng làm giảm chấn!

Từ pha b đến c ta có bất đẳng thức:

$$\sum M(P_i) < \sum M(F_j)$$

Có nghĩa là, các cơ chống lại lực cản bên ngoài, co ở chế độ khác phục (hướng tâm).

Nếu chúng ta xem xét dưới góc độ chuỗi động học của các cơ này thì sẽ đi đến kết luận rằng, chúng ta đang thực hiện một chu kỳ kéo giãn – co cơ. Điều quan trọng cần nhấn mạnh là cơ bắp luôn phải ở trong trạng thái hoạt động liên tục, với chu kỳ kéo giãn (chứ không phải thả lỏng) và co, mặc dù đối kháng lại lực cản bên ngoài (đi bộ sẽ kém hiệu quả hơn).

Có thể chia chu kỳ hoạt động của cơ trong đi bộ thành hai pha riêng biệt: pha kéo giãn và pha thứ hai là co rút. Sự lặp lại chu kỳ bước chân trong đi bộ nghĩa là lặp lại chu kỳ duỗi và co. Tuy nhiên, chu kỳ duỗi và co không chỉ diễn ra với các hoạt động có chu kỳ như đi bộ, chạy... mà cả các hoạt động không có chu kỳ như các môn nhảy hoặc ném dĩa...

Trong các hoạt động động lực, để có được năng lượng lớn, cơ bắp thường hoạt động trong một chu kỳ kéo giãn- co cơ (CR - S).

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG II

1. Trình bày những đặc tính sinh cơ học của cơ bắp?
2. Trình bày các chế độ hoạt động của cơ?
3. Cấu trúc đại thể và vi thể của cơ, các thành phần chủ động và bị động trong hoạt động của cơ?
4. Đơn vị vận động và hiện tượng điện trong cơ diễn ra trong một đơn vị vận động như thế nào?
5. Chu kỳ kéo giãn-co cơ là gì, nó có ý nghĩa như thế nào trong hoạt động vận động?

CHƯƠNG 3

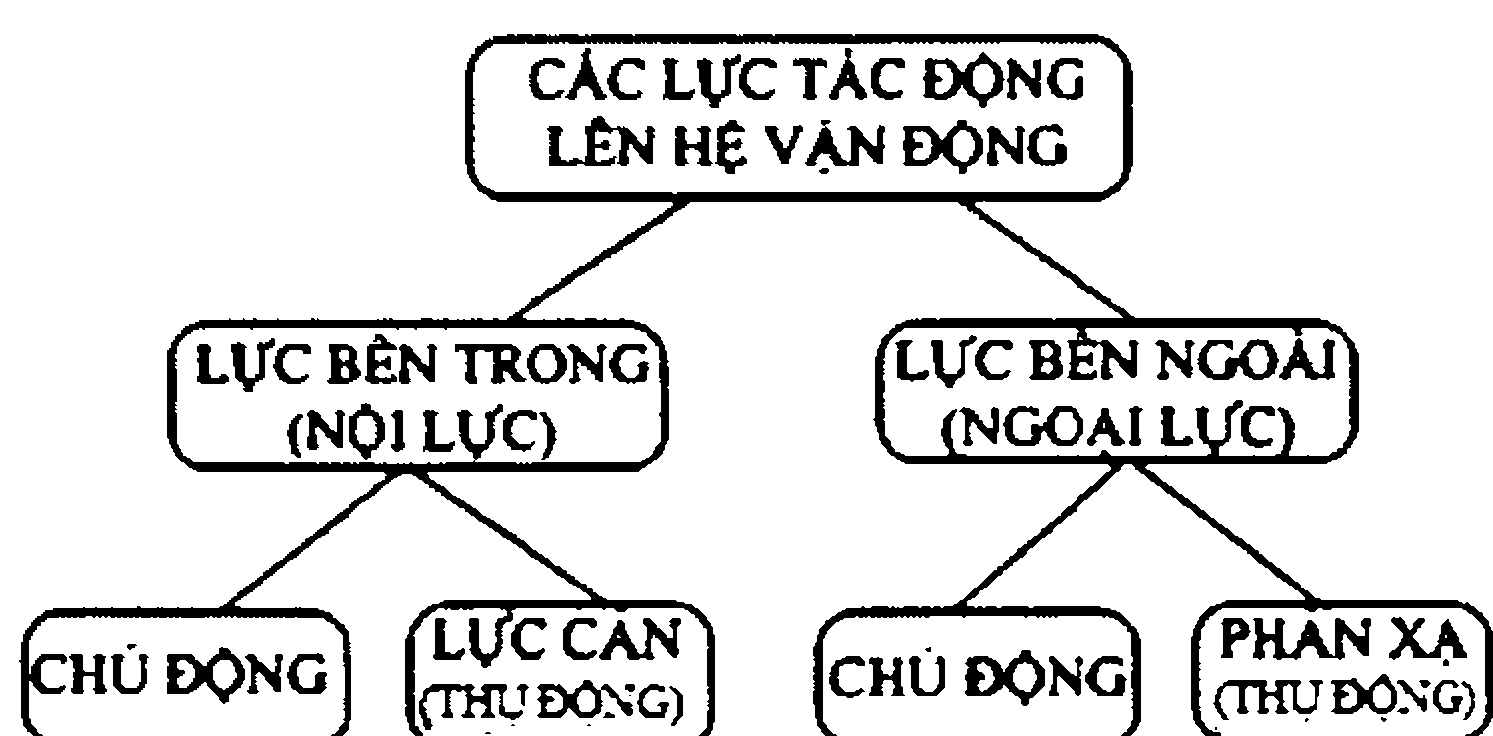
VAI TRÒ LỰC TÁC ĐỘNG CỦA CƠ - LỰC VÀ TỐC ĐỘ CƠ CƠ

3.1. Phân loại lực tác động

Trong mục 2.1 đã trình bày các dạng hoạt động của cơ, đề cập đến sự phân loại lực tác động lên chuyển động, nghĩa là lực bên trong và bên ngoài. Việc phân chia như vậy chỉ là tương đối, bởi trong trường hợp này đề cập đến hoạt động của cơ trên quan điểm sinh cơ giữa bộ phận truyền động đến bộ phận bị tác động. Khi phân tích sinh cơ học những chuyển động của con người, chúng ta cũng ứng dụng cách phân loại này (Hình 3.1). Nội lực bao gồm những lực được sinh ra từ hoạt động của hệ vận động không tính đến những cản trở từ các thành phần thụ động. Cơ vận tạo nên những lực chủ động của hệ vận động. Những lực sinh ra làm cản trở hoạt động là những lực thụ động như sức cản từ những thành phần thụ động của hệ vận động (dây chằng, bao khớp), ma sát trong, sức cản từ những cơ đối kháng và quán tính của các phân đoạn cơ thể. Giá trị lực cản của các thành phần phụ thuộc vào nhiệt độ bên trong cơ thể và tính linh hoạt (hoặc độ cứng) của khớp, còn lực quán tính, như chi trên hoặc chi dưới bị thay đổi hình dáng chuyển động cùng với các phân đoạn của chúng.

Ngoại lực là tất cả các lực tác động từ bên ngoài đến cơ thể, bao gồm các lực như lực hấp dẫn, ma sát ngoài, lực cản do môi trường (nước, không khí), lực đối kháng (đôi thủ, đối phương). Lực chủ động về cơ bản là lực phản xạ, được gây ra bởi lực bị động, ví dụ như bởi lực ma sát, phản lực từ điểm chống, lực cản không khí và nước.

Cơ bắp giống như một thiết bị truyền động có thể sinh ra nội lực và thực hiện một công cơ học. Việc giải phóng lực cơ được quyết định bởi những yếu tố khác nhau như: hình thái học, sinh lý học và sinh cơ học.



Hình 3.1. Sơ đồ phân bố các loại lực tác động lên hệ vận động của người

Ngoại lực: trọng lực, đối phương/đối thủ, lực của gió, của nước, lực ma sát

Nội lực: lực sinh ra từ cơ cơ, lực cản từ các thành phần thụ động, lực quán tính.

Lực chủ động: những lực do cơ bắp bị kích thích, trọng lực, đối phương/đối thủ, lực đẩy của gió, của nước

Lực thụ động: lực ma sát, lực cản của nước, của không khí, những thành phần thụ động của khớp, quán tính, lực thụ động của cơ.

Những ngoại lực thường xuất hiện trong các hoạt động:

Lực hấp dẫn:

Lực hấp dẫn là lực hút giữa mọi vật chất và có độ lớn tỷ lệ thuận với khối lượng của chúng và tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách của hai vật. Lực hấp dẫn xuất hiện như một ngoại lực tác động lên vật thể. Theo đó, vật có khối lượng m sẽ bị kéo về gần vật có khối lượng M với gia tốc (g):

$$g = \frac{G M}{r^2}$$

Với G là hằng số hấp dẫn và r là khoảng cách giữa hai vật.

Theo định luật 2 của Niuton, vật có khối lượng m chịu lực hấp dẫn có độ lớn:

$$F = mg ; \text{ do đó: } F = \frac{GMm}{r^2}$$

- Trong công thức này, kích thước các vật được coi là rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng. Trong thực tế, lực hấp dẫn chính là lực hút của trái đất đối với một vật thể gần trái đất, còn gọi là trọng lực. Khi rơi tự do, vật thể có khối lượng m được truyền một gia tốc g , trọng lực P được tính theo công thức: $P = mg$; g được tính bằng xấp xỉ $9,8\text{m/s}^2$.

- Chiều của trọng lực là chiều hướng xuống dưới, vuông góc với mặt đất.

Lực ma sát:

Là một loại lực cản xuất hiện giữa các bề mặt vật chất, chống lại xu hướng thay đổi vị trí tương đối giữa hai bề mặt. Lực ma sát làm chuyển hóa động năng của chuyển động tương đối giữa các bề mặt thành năng lượng ở dạng khác. Việc chuyển hóa năng lượng thường là do va chạm giữa phân tử của hai bề mặt gây ra chuyển động nhiệt hoặc thế năng dự trữ trong biến dạng của bề mặt hay chuyển động của các electron, được tích lũy một phần thành điện năng hay quang năng. Trong đa số trường hợp trong thực tế, động năng của các bề mặt được chuyển hóa chủ yếu thành nhiệt năng.

Lực ma sát tỷ lệ với lực ép hai bề mặt lên nhau, F_0 là lực ép vuông góc với hai bề mặt, và hệ số ma sát k , giữa các vật liệu:

$$F = F_0 k$$

Có 3 loại lực ma sát: đó là ma sát nghỉ, ma sát trượt và ma sát lăn.

Lực ma sát nghỉ hay ma sát tĩnh, là lực chống lại các lực có xu hướng làm thay đổi vị trí của hai bề mặt so với nhau, khi hai bề mặt này chưa di chuyển so với nhau (nhờ cân bằng giữa lực muốn di chuyển và lực ma sát chống lại). Muốn di chuyển hai bề mặt với nhau, cần tạo ra lực lớn hơn lực ma sát tĩnh cực đại. Lực ma sát tĩnh cực đại được tính bằng:

$$F = F_0 k_t; \text{ với } k_t \text{ là hệ số ma sát tĩnh.}$$

Lực ma sát nghỉ giúp cho một vật có thể duy trì trạng thái đứng yên.

Lực ma sát trượt xảy ra khi hai bề mặt trượt lên nhau. Hệ số ma sát trượt thường nhỏ hơn hệ số ma sát tĩnh. Các bề mặt trượt lên nhau có thể là bề mặt rắn trên bề mặt rắn, bề mặt lỏng và khí trên bề mặt rắn, hoặc các kết hợp khác.

Khi các bề mặt trượt tương đối với nhau một quãng đường l , dưới lực ma sát trượt, F ($F = F_0 k$), phần động năng bị chuyển hóa thành năng lượng khác là:

$$U = Fl$$

Lực ma sát trượt luôn luôn ngược chiều với chiều chuyển động, do đó trong những chuyển động cơ học phải chú ý giảm tối đa lực ma sát trượt. Đặc biệt là trong hoạt động thể thao.

Lực ma sát lăn xuất hiện giữa các bề mặt lăn lên nhau, trong đó chuyển động của các bề mặt làm thay đổi điểm tiếp xúc giữa hai bề mặt, nhưng tại điểm tiếp xúc không có chuyển động tương đối song song với bề mặt (chỉ có chuyển động theo phương vuông góc với bề mặt).

Lực ma sát lăn có nguyên nhân chủ yếu nằm trong việc làm biến dạng các bề mặt theo phương vuông góc. Hệ số ma sát lăn thường nhỏ hơn rất nhiều hệ số ma sát trượt.

Lực cản môi trường: gồm lực cản không khí và lực cản của nước (xem mục 5.7; 5.8).

3.2. Các đặc tính sinh cơ học trong nghiên cứu chuyển động của con người

Khi quan sát những chuyển động của con người, có thể nhận thấy rằng, rất nhiều tính chất của chúng thường xuyên bị thay đổi theo thời gian, vị trí của các bộ phận cơ thể, tốc độ chuyển động và nhiều tính chất khác bị thay đổi. Những tính

chất (hay đặc điểm) của chuyển động cho phép phân chia chuyển động phức tạp thành những bộ phận cấu thành, xác định chúng ảnh hưởng với nhau như thế nào, chúng giúp cho việc đạt đến mục đích ra sao. Muốn vậy, cần phải nghiên cứu những đặc tính chuyển động của con người.

Những đặc tính chuyển động của con người là các tính chất hay đặc điểm mà dựa vào chúng, các chuyển động được phân biệt với nhau.

Người ta phân biệt đặc tính về chất lượng và đặc tính về số lượng.

Đặc tính về chất lượng là những đặc tính chỉ được mô tả bằng lời mà không có đơn vị đo định lượng chính xác (ví dụ: mức căng, độ tự do, độ đồng đều, uyển chuyển v.v...).

Những đặc tính về số lượng là những đặc tính có thể đo đếm hoặc tính toán được, chúng có đơn vị định lượng để tính.

Trong khi nghiên cứu các chuyển động, nhờ máy đo và ghi chép, người ta thu được các đặc tính về số lượng, khái quát chúng rồi tiến hành các phép tính phân tích sinh cơ về số lượng (phân tích định lượng). Dĩ nhiên sau đó cần tiến hành phân tích chất lượng (phân tích định tính) để hiểu được các quy luật chuyển động và sử dụng chúng trong giáo dục thể chất.

Tính phức tạp của mối quan hệ tương hỗ giữa các đặc tính được sử dụng để nghiên cứu các chuyển động của con người được trình bày trên sơ đồ 3.1

Qua sơ đồ có thể thấy rõ, những đặc tính đặc trưng cho các biến đổi về tư thế của cơ thể và chuyển động chính là những đặc tính quan trọng nhất. Chúng bao gồm các đặc tính động học và các đặc tính động lực học. Cần lưu ý rằng, chuyển động của con người và vật thể do con người dịch chuyển có thể xác định và đo được chỉ bằng cách so sánh vị trí của chúng với vị trí của vật thể được lựa chọn (vật chuẩn – vật thể đo được). Vì thế, tất cả các chuyển động của con người trong sinh cơ học được xem xét có tính tương đối.

Chuyển động được thể hiện ở sự thay đổi vị trí của vật thể theo thời gian. Có thể quan sát và tính toán chuyển động chỉ khi so sánh với những vật chuẩn (ví dụ, trong nhảy xa – so với bục giậm nhảy) hoặc các vật quy ước (ví dụ, trong xuất phát đua thuyền – so với vạch phân tuyến).

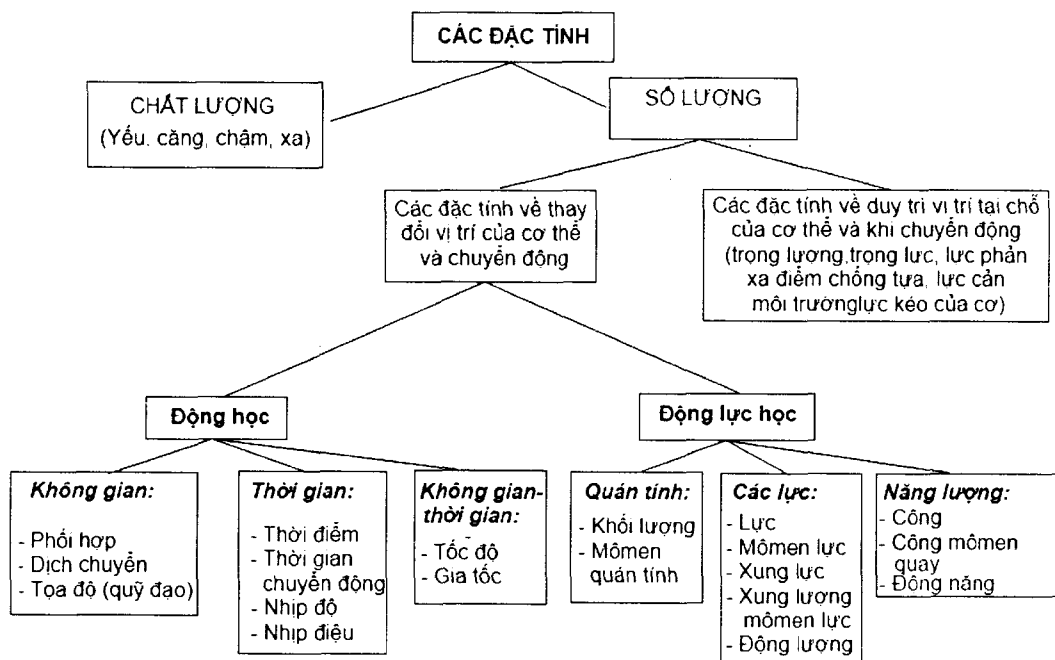
Tùy thuộc vào những điều kiện của nhiệm vụ đặt ra khi nghiên cứu hoạt động vận động, người ta lựa chọn một hệ thống tính toán này hay một hệ thống tính toán khác. Thường được chia ra:

- Hệ tham chiếu quán tính (mặt đất, đường chạy, đường trượt băng) – chuyển động trong hệ thống này rất khó khi tiến hành các phép đo, tức là những thay đổi về tốc độ, về gia tốc khi đo có thể phải bỏ qua.

- Hệ tham chiếu phi quán tính – là vật thể đang chuyển động (giày trượt băng, vòng treo), chuyển động của nó diễn ra với một gia tốc rõ rệt có ảnh hưởng cơ bản đến việc tính toán khoảng cách.

- Hệ thống tính toán đồng bộ (cơ thể con người) – là chuyển động của các mắt xích được xem xét so với thân mình.

Sơ đồ 3.1. Các đặc tính sinh cơ học được sử dụng để nghiên cứu các chuyển động của con người



3.2.1. Những đặc tính động học

Khi quan sát thực tế chuyển động, hình ảnh bên ngoài của chúng, người ta phân biệt hình dạng không gian (hình ảnh, hình vẽ) của chuyển động và tính chất của chúng (thay đổi theo thời gian – nhanh hơn, thường xuyên liên tục v.v...).

Những đặc tính số lượng (định lượng) xác định hình dáng và tính chất của chuyển động, được gọi là đặc tính động học.

Chúng mô tả các chuyển động trong không gian và thời gian. Người ta chia ra thành các đặc tính tương ứng:

- Các đặc tính không gian;
- Các đặc tính thời gian;
- Các đặc tính không gian – thời gian.

Những đặc tính không gian cho phép xác định vị trí ban đầu và vị trí kết thúc khi chuyển động (tọa độ), sự khác nhau giữa chúng như thế nào, chúng bị thay đổi tới mức độ nào (chuyển dịch) và chuyển động được thực hiện thông qua các vị trí trung gian nào (tọa độ), nghĩa là những đặc tính không gian xác định một cách đầy đủ hình dáng chuyển động của con người trong không gian.

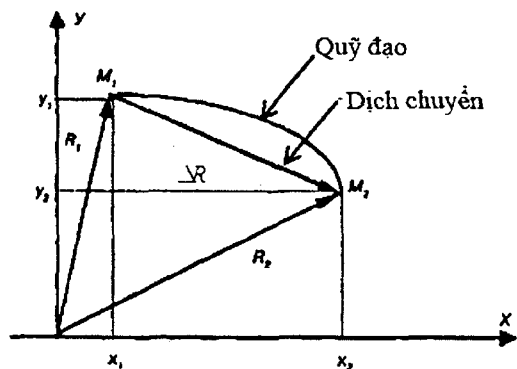
Tọa độ của một điểm là giới hạn không gian xác định vị trí của một điểm đối với hệ tính.

Theo quan điểm cơ học, mô tả một chuyển động có nghĩa là xác định một vị trí tại một thời điểm bất kỳ, xác định tọa độ các điểm đánh dấu trên cơ thể mà dựa vào chúng người ta nghiên cứu diễn biến của chuyển động trong không gian.

Căn cứ vào tọa độ, người ta xác định được vị trí điểm nghiên cứu liên quan đến bắt đầu ở đâu bằng cách đo tọa độ tuyến tính của nó. Vị trí của một điểm trên đường thẳng xác định một tọa độ, trên mặt phẳng – xác định hai tọa độ, trong không gian – xác định ba tọa độ.

Khi nghiên cứu chuyển động cần xác định: 1) vị trí bắt đầu chuyển động; 2) vị trí kết thúc chuyển động; 3) nhiều vị trí trung gian mà cơ thể di chuyển qua khi thực hiện chuyển động.

Sự dịch chuyển của chất điểm (ΔR) được gọi là vector nối điểm đầu và điểm cuối của quỹ đạo chuyển động của chất điểm



Hình 3. 2 Quỹ đạo chuyển động của chất điểm và sự dịch chuyển của nó: tại thời điểm ban đầu (t_1) chất điểm nằm ở vị trí M_1 được xác định bởi bán kính vector R_1 (tọa độ của nó là $x_1; y_1$). Ở thời điểm kết thúc (t_2) chất điểm nằm ở vị trí M_2 với bán kính vector R_2 (tọa độ $x_2; y_2$)

Dịch chuyển là độ lớn của vector. Nó được đặc trưng bằng một trị số (môđul) có chiều, nghĩa là xác định biên độ và hướng của chuyển động. Nếu sau khi chuyển động, một điểm quay trở về vị trí ban đầu, sự dịch chuyển sẽ bằng 0. Do vậy, sự dịch chuyển không phải là chính chuyển động, mà chỉ là kết quả cuối cùng của nó – khoảng cách theo đường thẳng và chiều từ vị trí ban đầu đến vị trí kết thúc.

Dịch chuyển theo đường thẳng, trong chuyển động tịnh tiến được đo bằng hiệu số tọa độ ở thời điểm bắt đầu và kết thúc của chuyển động.

Dịch chuyển của cơ thể trong chuyển động quay được đo bằng góc quay – hiệu số giữa góc của tọa độ ở một điểm và một điểm khác trong cùng một hệ tính khoảng cách.

Quỹ đạo của một điểm hay tập hợp các vị trí của chất điểm – là thước đo không gian của chuyển động (dấu vết hình dáng về chuyển động của một chất điểm). Người ta xác định quỹ đạo bằng cách xác định độ dài, độ cong và hướng của nó trong không gian.

Hình ảnh không gian chuyển động của một chất điểm được tạo nên bởi quỹ đạo của nó. Chiều dài của quỹ đạo cho biết đường đi của chất điểm đó ra sao.

Quãng đường của một chất điểm trong chuyển động thẳng bằng khoảng cách từ vị trí xuất phát đến vị trí kết thúc.

Trong chuyển động theo đường cong, quãng đường của một điểm bằng tổng số các modul các dịch chuyển cơ bản của nó.

Độ cong của quỹ đạo chỉ ra hình dáng của chuyển động trong không gian như thế nào. Để xác định độ cong của quỹ đạo, người ta đo bán kính của đường cong. Nếu quỹ đạo là một đường tròn, bán kính đường cong sẽ không đổi. Khi độ cong tăng lên, bán kính của nó giảm đi và ngược lại, khi độ cong giảm thì bán kính tăng.

Hướng của quỹ đạo trong không gian trong cùng một hình dáng có thể khác nhau. Người ta xác định hướng đối với một quỹ đạo theo đường thẳng dựa vào tọa độ của các điểm từ vị trí bắt đầu đến vị trí kết thúc; đối với quỹ đạo theo đường cong được xác định theo tọa độ của hai điểm này và một điểm thứ ba không nằm trên cùng một đường thẳng với hai điểm trên.

Toàn bộ các yếu tố hướng, quãng đường, độ cong của quỹ đạo cho phép xác định chiều, biên độ và hình dáng chuyển động của chất điểm, đồng thời cả vị trí ban đầu, vị trí kết thúc và tất cả vị trí trung gian.

Những đặc tính thời gian mô tả các chuyển động theo thời gian: khi nào chuyển động bắt đầu và kết thúc (thời điểm), kéo dài bao lâu (thời gian chuyển động), chuyển động thường được thực hiện như thế nào (nhịp độ), các chuyển động có cấu trúc theo thời gian ra sao (nhịp điệu). Kết hợp với đặc tính không gian – thời gian, chúng xác định đặc tính chuyển động của con người.

Thời điểm là mức thời gian của vị trí chất điểm, vật thể và hệ thống, được xác định bởi khoảng thời gian kể từ khi bắt đầu tính đến lúc tính.

Người ta xác định thời điểm không chỉ vào lúc bắt đầu và kết thúc chuyển động, mà còn đối với nhiều vị trí quan trọng khác. Trước hết đó là thời điểm thay đổi căn bản chuyển động: một pha của chuyển động này kết thúc và bắt đầu một pha

tiếp theo (ví dụ: nhắc chân trụ khởi-điểm chống trong chạy – đó là thời điểm kết thúc pha đạp đất (đẩy) và bắt đầu pha trên không (bay). Căn cứ vào thời điểm, người ta xác định được thời gian chuyển động.

Thời gian chuyển động (Δt) đánh giá độ dài của chuyển động được tính bằng hiệu số giữa thời điểm kết thúc và bắt đầu chuyển động:

$$\Delta t = t_{kt} - t_{bd}$$

Thời gian chuyển động là số lượng thời gian đã trôi qua giữa hai giới hạn thời điểm của nó. Bản thân thời điểm không có độ dài (như ranh giới giữa hai khoảng thời gian liền kề). Rõ ràng là, khi đo độ dài, người ta sử dụng cùng một hệ tính thời gian. Sau khi xác định được quãng đường của chất điểm và thời gian chuyển động của nó, có thể tính được vận tốc của chất điểm. Nếu biết được thời gian chuyển động, người ta còn xác định được tốc độ trung bình, nhịp độ và nhịp điệu của chuyển động.

Nhịp độ động tác (N) là đơn vị của thời gian lặp lại chuyển động. Chúng được đo bằng số lượng động tác lặp lại trong một đơn vị thời gian (tần số động tác):

$$N = \frac{1}{\Delta t}$$

Nhịp độ là đại lượng tỷ lệ nghịch với thời gian chuyển động. Thời gian của mỗi chuyển động (hay động tác) càng lớn thì nhịp độ càng nhỏ và ngược lại. Trong các hoạt động có chu kỳ, nhịp độ có thể là biểu hiện của việc hoàn thiện kỹ thuật.

Nhịp điệu động tác là mức thời gian xác định mối tương quan giữa các thành phần của chuyển động. Nó được xác định bằng tỷ lệ giữa khoảng thời gian (khoảng cách) đã mất với thời gian các thành phần chuyển động tương ứng: $\Delta t_{2-1} : \Delta t_{2-3} : \Delta t_{4-3} \dots$

Người ta xác định nhịp điệu như là tỷ lệ thời gian giữa hai giai đoạn động tác (ví dụ: giai đoạn chống tựa và bay trên không trong chạy) hay độ dài giữa hai pha (ví dụ: pha giảm chấn và pha đẩy (đạp) trong giai đoạn chống tựa). Có thể nói cả về nhịp điệu của một loạt pha (ví dụ: tỷ lệ độ dài của năm pha trong bước trượt trong trượt tuyết). Nhịp điệu có thể cố định và biến thiên.

Những đặc tính không gian – thời gian xác định vị trí và chuyển động của con người theo thời gian bị biến đổi như thế nào.

Vận tốc của chất điểm là đơn vị đo không gian - thời gian của chuyển động. Nó xác định độ nhanh trong sự thay đổi vị trí của chất điểm trong không gian cùng với sự thay đổi theo thời gian.

Trong chuyển động tịnh tiến, vận tốc được đo bằng tỷ lệ của quãng đường chuyển dịch có tính đến hướng của nó với thời gian đã mất; trong chuyển động quay là tỷ lệ góc quay với thời gian diễn ra chuyển động quay ($\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ (rad/s)). Trong vật lý, vận tốc được biểu diễn bởi vectơ (có thể hiểu là "đoạn thẳng có hướng"). Độ dài của vectơ vận tốc cho biết tốc độ nhanh chậm của chuyển động, và chiều của vectơ biểu thị chiều của chuyển động.

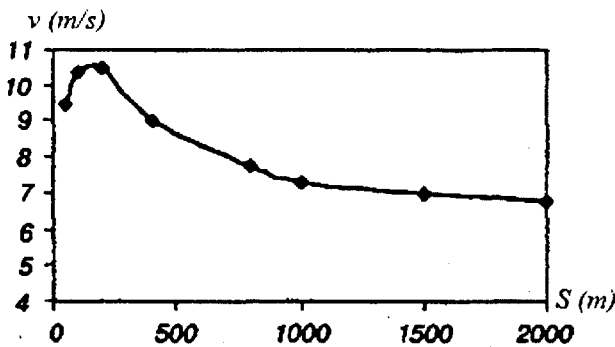
Vận tốc trung bình là vận tốc mà vật đi được trên quãng đường như nhau ở mỗi khoảng thời gian

$$v_{tb} = \frac{S}{t}$$

Nếu vận tốc của tất cả các thành phần của quỹ đạo như nhau, thì chuyển động đó được gọi là *chuyển động đều*.

Vận tốc là một đại lượng hữu hướng, khác với tốc độ, một đại lượng vô hướng đơn thuần mô tả tính nhanh chậm của chuyển động. Tốc độ là độ lớn của vectơ vận tốc.

Trong sinh cơ thể thao, vận tốc của hoạt động chạy là rất quan trọng. Như ta biết, vận tốc chạy trên một cự ly xác định phụ thuộc vào độ lớn của cự ly đó. Vận động viên có thể duy trì vận tốc tối đa trong một thời gian hạn chế. Vận tốc trung bình của vận động viên chạy cự ly dài thường thấp hơn vận động viên cự ly ngắn. Hình 3.3 cho thấy mối quan hệ giữa vận tốc trung bình (v) với cự ly dài.



Hình 3.3. Mối quan hệ giữa vận tốc trung bình và cự ly dài trong chạy

Trong chuyển động thẳng, quãng đường di chuyển bằng hiệu số tọa độ giữa điểm kết thúc và điểm xuất phát. Như vậy, nếu tại thời điểm t_0 vật nằm ở điểm với tọa độ x_0 và thời điểm t_1 ở tọa độ x_1 thì quãng đường di chuyển $\Delta x = x_1 - x_0$ và thời gian chuyển động $\Delta t = t_1 - t_0$ (trong vật lý và toán học, ký hiệu Δ để biểu thị sự khác biệt giữa các giá trị cùng loại hoặc để quy ước những phạm vi nhỏ). Trong trường hợp này:

$$v_{tb} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Nhìn chung, vận tốc trung bình ở mỗi đoạn khác nhau trên một quãng đường có thể khác nhau. Hình 3.4 là những tọa độ của vật thể ở từng thời điểm mà vật thể đã đi qua các điểm này, cùng với vận tốc trung bình trong mỗi đoạn lựa chọn.

x, m	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
t, s	0,000	0,319	0,452	0,553	0,639	0,714	0,782	0,845	0,904	0,958	1,010
v_{tb1}											
v_{tb2}											
v_{tb3}											
v_{tb4}											
v_{tb5}											
v											

Hình 3.4. Mối liên hệ giữa vận tốc trung bình trong mỗi đoạn trên quãng đường

Các dữ liệu trình bày trong hình 3.4 cho thấy vận tốc trung bình trên toàn bộ quãng đường (từ 0 đến 5m) sẽ bằng:

$$v_{tb1} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{(5 - 0)}{(1,010 - 0,000)} = 4,95 \text{ m/s}$$

Vận tốc trung bình trong khoảng từ 2m đến 3m bằng:

$$v_{tb5} = \frac{\Delta x_5}{\Delta t_5} = \frac{(3 - 2)}{(0,782 - 0,639)} = 6,96 \text{ m/s}$$

Chuyển động mà vận tốc trung bình luôn thay đổi được gọi là *chuyển động không đều*.

Chúng ta tính vận tốc trung bình trong vùng của cùng một điểm $x = 2,5m$. Hình 3.4 cho thấy rằng, ở mỗi đoạn đường càng giảm xuống, qua tính toán thì vận tốc trung bình có xu hướng tăng đến giới hạn (trong trường hợp này là 7m/s). Giới hạn này được gọi là vận tốc tức thời hoặc vận tốc tại một điểm của đường di chuyển.

Vận tốc tức thời mô tả sự nhanh chậm và chiều chuyển động tại một thời điểm nào đó trên đường di chuyển của vật.

Gia tốc là đại lượng vật lý đặc trưng cho sự thay đổi vận tốc theo thời gian.

Tương ứng với vận tốc, *gia tốc trung bình* trong một thời gian cụ thể là tỷ số giữa sự thay đổi vận tốc trong một khoảng thời gian với khoảng thời gian đó:

$$a_{tb} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

Gia tốc tức thời của vật tại một thời điểm là sự thay đổi vận tốc trong khoảng thời gian vô cùng nhỏ quanh thời điểm đó chia cho khoảng thời gian đó:

$$a_u = \frac{dv}{dt}$$

Người ta chia gia tốc của một chất điểm thành: a) gia tốc dương cùng chiều với vận tốc – vận tốc tăng; b) gia tốc âm, có chiều ngược với vận tốc – vận tốc giảm; c) gia tốc chuẩn – vận tốc không thay đổi, chỉ thay đổi về chiều.

3.2.2. Những đặc tính động lực học

Tất cả những chuyển động của con người và chuyển động của vật thể do lực tác động của con người thường có sự thay đổi về độ lớn và chiều vận tốc. Để khám phá cơ chế chuyển động (nguyên nhân phát sinh và quá trình thay đổi của chúng), người ta cần nghiên cứu những đặc tính động lực học. Chúng bao gồm những đặc tính quán tính (đặc điểm của chính các vật thể đang chuyển động), những đặc tính về lực (đặc điểm tác động qua lại của vật thể) và các đặc tính về năng lượng (những trạng thái và biến đổi khả năng hoạt động, các hệ thống sinh cơ học).

Những đặc tính quán tính xác định đặc điểm của cơ thể con người và chuyển động của vật do con người tác động trong sự tương tác lẫn nhau. Sự bảo tồn và thay đổi vận tốc phụ thuộc vào các đặc tính quán tính.

Mọi vật thể đều có các thuộc tính quán tính (hay tính ì) được thể hiện ở sự bảo tồn chuyển động, trong tính chất thay đổi chuyển động dưới tác động của các lực.

Khái niệm quán tính được trình bày trong định luật thứ nhất của Niuton: “Một vật thể bất kỳ đều duy trì trạng thái đứng yên hoặc chuyển động đều và thẳng đều cho tới khi, các ngoại lực tác động bắt nó phải thay đổi trạng thái đó”.

Nói một cách đơn giản: vật thể bảo tồn vận tốc của mình, đồng thời dưới tác động của ngoại lực sẽ làm thay đổi nó.

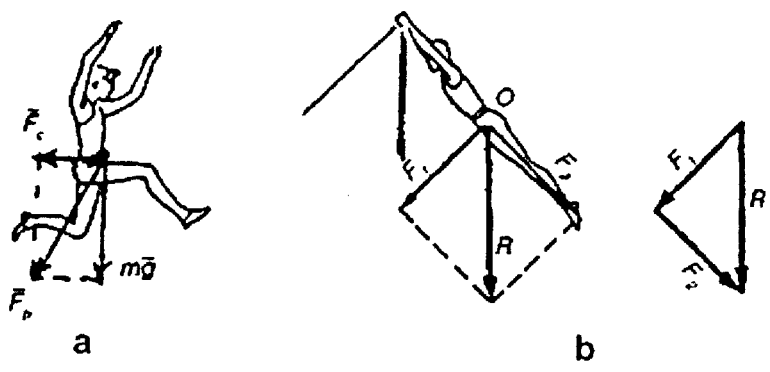
Khối lượng đặc trưng cho tính ì (quán tính) của một vật trong chuyển động tịnh tiến. Nó được tính bằng tỷ lệ độ lớn của lực tác động với gia tốc mà nó sinh ra:

$$m = \frac{F}{a}$$

Khối lượng của một vật thể cho thấy lực tác động có thể làm thay đổi chuyển động của vật thể ra sao. Cùng một lực tác động lên vật thể nhỏ hơn sẽ sinh ra gia tốc lớn hơn gia tốc của vật thể có khối lượng lớn hơn.

Mômen quán tính đặc trưng cho mức quán tính của vật trong chuyển động quay. Mômen quán tính của vật quanh trục của nó bằng tổng các tích của toàn bộ

xa chịu tác động của trọng lực ($m.g$) và lực cản không khí (F_c), hình 3.5, a. Gia tốc tạo ra tổng hợp lực của chúng (F_p)



Hình 3.5. Lực hợp thành (a) và lực phân ly (b)

Trong một số trường hợp đòi hỏi phải giải quyết nhiệm vụ ngược lại: hình 4.2b cho thấy một vận động viên thể dục thực hiện một bài tập trên xà đơn, trọng lực tác động lên trọng tâm cơ thể được tạo ra bởi hai lực thành phần vuông góc nhau F_1 và F_2 . Thành phần đầu tạo ra một gia tốc tuyến tính lên trọng tâm chung, còn thành phần thứ hai tham gia vào việc tạo ra gia tốc hướng tâm (cùng với phản lực của thanh xà tác động lên bàn tay).

Mômen lực là đại lượng vật lý gây ra sự quay quanh một điểm hay trục của vật thể. Nó được xác định bằng tích của lực và cánh tay đòn.

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot d$$

Mômen lực luôn mang dấu dương (+) khi lực gây nên vòng quay của cơ thể ngược chiều kim đồng hồ, và mang dấu âm (-) khi quay theo chiều kim đồng hồ.

Để lực có thể biểu hiện tác động quay, cần phải có cánh tay đòn. Nói cách khác, nó không được đi xuyên qua trục quay.

Việc đo lực hoặc mômen lực, nếu biết khối lượng hoặc mômen quán tính chỉ cho phép biết được gia tốc, nghĩa là sự biến thiên về vận tốc nhanh như thế nào. Ngoài ra còn cần xác định chính vận tốc được biến thiên đến mức nào. Muốn thế cần phải biết điểm đặt lực kéo dài bao lâu. Nói cách khác, cần xác định xung lượng của lực (xung lực) (hoặc mômen của nó).

Xung lượng của lực (xung lực) là đại lượng đo sự tác động của lực lên vật thể trong một khoảng thời gian nhất định (trong chuyển động tịnh tiến). Nó bằng tích của lực với thời gian tác động của nó ($\vec{F} \cdot \Delta t$).

Một lực bất kỳ khi tác động thậm trí chi trong một phần nhỏ của giây (ví dụ: cú sút bóng), đều có xung lực. Chính xung lực quyết định sự thay đổi tốc độ, chi có gia tốc mới tạo ra lực.

Trong chuyển động quay, mômen lực khi tác động trong một khoảng thời gian xác định tạo nên xung lượng mômen lực.

Xung lượng mômen lực là đại lượng thể hiện sự tác động của mômen lực đối với một trục nhất định trong một khoảng thời gian nhất định (trong chuyển động quay).

Do xung lượng của lực cũng như của mômen lực đều tạo ra những thay đổi của chuyển động, những chuyển động đó phụ thuộc vào thuộc tính quán tính của cơ thể và được thể hiện ở sự thay đổi tốc độ (động lượng, mômen động lượng).

Động lượng là đại lượng vật lý đặc trưng cho khả năng truyền tương tác giữa vật đó sang một vật thể khác dưới dạng chuyển động cơ học. Động lượng của vật được đo bằng tích của khối lượng vật thể với tốc độ của nó:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Vectơ vận tốc là một đặc trưng cơ bản của chuyển động về mặt động lực học. Khi khảo sát chuyển động của các vật, ta không thể xét riêng vận tốc mà không đề ý đến khối lượng của chúng, vì vận tốc liên quan đến khối lượng (đối với một lực không đổi). Nói cách khác, vận tốc không đặc trưng cho chuyển động về mặt động lực học, chính động lượng là đại lượng kết hợp cả khối lượng và vận tốc mới đặc trưng cho chuyển động.

Mômen động lượng là đại lượng đặc trưng cho chuyển động quay của vật thể xung quanh một trục. Mômen động lượng bằng tích của mômen quán tính đối với trục quay và tốc độ góc của vật thể:

$$L = I \cdot \omega$$

Với vật rắn có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách đến tâm quay, mômen động lượng L tỷ lệ thuận với động lượng p của vật và khoảng cách đến tâm quay r :

$$L = r \cdot p = r \cdot mv$$

Sự thay đổi tương ứng của động lượng diễn ra dưới tác động của xung lực, còn dưới tác động của xung lượng mômen lực diễn ra sự thay đổi nhất định mômen động lượng.

Do đó, bổ sung cho đơn vị đo sự biến đổi chuyển động trước đó (vận tốc và gia tốc) còn có các đơn vị đo động lực biến đổi chuyển động (động lượng và mômen động lượng). Cùng với các đơn vị đo sự tác động của lực, chúng phản ánh mối quan hệ lẫn nhau giữa lực và chuyển động. Việc nghiên cứu chúng giúp ta hiểu rõ các nguyên lý vật lý trong hoạt động vận động của con người.

3.2.3. Những đặc tính năng lượng

Những đặc tính năng lượng trong các chuyển động của con người, lực tác động lên cơ thể trên một quãng đường nào đó sẽ tạo ra một công làm thay đổi vị trí và tốc độ các mắt xích của cơ thể, qua đó làm biến đổi năng lượng của nó. Công đặc trưng cho quá trình mà nhờ đó hệ năng lượng được biến đổi. Năng lượng đặc trưng cho trạng thái của hệ thống bị thay đổi do công. Những đặc tính về năng lượng cho thấy các dạng năng lượng biến đổi như thế nào trong quá trình chuyển động và bản thân quá trình biến đổi năng lượng đó diễn ra như thế nào.

Công (tính bằng Jun hay Niuton) là đại lượng đo lực tác động lên một vật thể làm nó dịch chuyển một khoảng cách nào đó. Nó được tính bằng tích của môđul lực và khoảng cách dịch chuyển điểm đặt của lực. ($A = \vec{F} \cdot \vec{s}$). Trong chuyển động quay, nó được tính bằng tích của mômen quay và độ dịch chuyển góc.

Nếu lực tác động theo chiều chuyển động (hoặc với một góc nhọn theo chiều chuyển động đó) thì sinh ra một công mang dấu dương (+) làm tăng năng lượng chuyển động của vật. Nhưng khi lực tác động theo chiều ngược với chiều chuyển động (hoặc với một góc tù với chiều chuyển động) thì công mang dấu âm (-) và năng lượng chuyển động bị giảm đi.

Khái niệm “công” là đơn vị đo những tác động bên ngoài lên một vật thể trên một quãng đường nhất định, tạo ra những thay đổi về trạng thái cơ học của vật.

Năng lượng là dự trữ khả năng hoạt động của một hệ. Cơ năng được xác định bởi vận tốc chuyển động của vật thể trong một hệ và vị trí tương hỗ của chúng; nghĩa là năng lượng dịch chuyển và sự tác động lẫn nhau.

Một vật có khả năng sinh ra công thì vật đó có cơ năng. Cơ năng của vật do chuyển động mà có gọi là động năng.

Động năng của vật là dạng năng lượng chuyển động cơ học của nó, xác định khả năng thực hiện một công để gia tốc hoạt động của vật từ trạng thái nghỉ đến vận tốc hiện tại. Trong chuyển động tịnh tiến nó được đo bằng một nửa tích của khối lượng vật thể với bình phương vận tốc của vật ($w_d = \frac{1}{2}mv^2$). Trong chuyển động quay bằng một nửa tích của mômen quán tính với bình phương vận tốc góc.

Thế năng của vật là dạng năng lượng tại một vị trí của nó được sinh ra do vị trí tương đối tương hỗ lẫn nhau của vật hoặc một bộ phận này với bộ phận khác của cùng một vật có tính tương hỗ lẫn nhau của chúng. Thế năng trọng trường được xác định bởi tích của trọng lực và gia tốc rơi tự do (gia tốc trọng trường) ($\vec{P} = m\vec{g}$).

Năng lượng là một đại lượng thể hiện khả năng biến đổi của vật từ dạng này sang dạng khác. Cụ thể, năng lượng hóa học (hóa năng) trong cơ biến thành năng lượng cơ học (cơ năng) (thể năng nội tại của các cơ biến dạng đàn hồi). Lực kéo của cơ sinh ra cơ năng thực hiện một công, biến đổi thể năng thành động năng của các mắt xích trong cơ thể và các vật bên ngoài. Cơ năng của các vật bên ngoài (động năng) khi tác động lên cơ thể con người truyền sang các mắt xích, sẽ biến đổi thành thể năng, những cơ đôi kháng bị kéo giãn và thành năng lượng nhiệt lan tỏa.

3.3. Sức mạnh và khối lượng, sức mạnh tuyệt đối, sức mạnh tương đối và sức mạnh riêng

3.3.1. Lực với khối lượng cơ thể và khái niệm sức mạnh tương đối

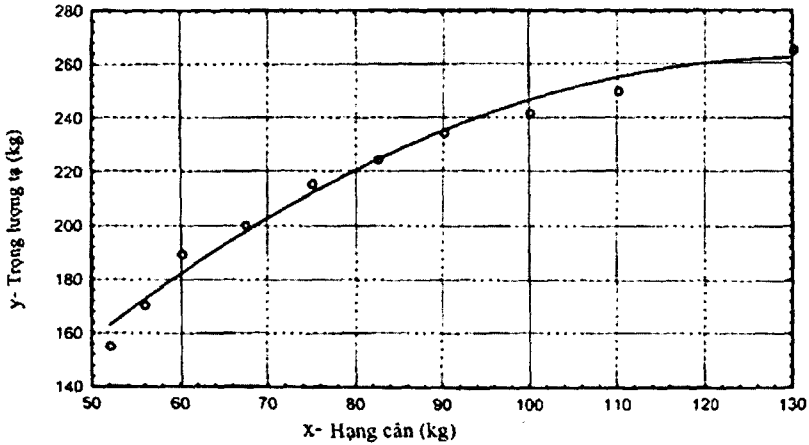
Các vấn đề về lực và lực cơ: Khái niệm vật lý của lực là một khái niệm rõ ràng, điều đó cũng tương tự như khi ta nói đến lực của một cơ riêng biệt được ghi lại trực tiếp qua gân của chúng*. Nhưng khi ta nói đến lực cơ trong cơ thể sống, bỏ qua một số những phép thử nghiệm đo đạc, thì chúng ta không được sử dụng khái niệm "lực", mà phải là "mômen lực". Cơ tác động lên xương (đòn bẩy) và chỉ dưới dạng đó (nghĩa là mômen lực), mới cho ta những thông số cụ thể. Mặt khác, khái niệm "lực" của con người, tuy rằng chưa thật chính xác, là tổng mômen lực của một nhóm cơ, lại được sử dụng rộng rãi. Để có thể theo sát kiến thức của sinh cơ học, và tránh khái niệm "mômen lực" trong những trường hợp mà chúng ta thường nói đến "lực" của con người, chúng ta sẽ dùng khái niệm "sức mạnh" trong ngoặc kép.

Cơ bắp chiếm khoảng trên 30% trọng lượng cơ thể, sự khác biệt tùy thuộc vào giới tính, ở nam khoảng 36% và ở nữ là 32%. Đối với những vận động viên thể hình (body building) có thể gia tăng đáng kể khối lượng cơ, lên tới 50% trọng lượng cơ thể.

Khảo sát qua những vận động viên cử tạ ở các hạng cân khác nhau, người ta nhận thấy có một mối tương quan tích cực giữa "sức mạnh" với trọng lượng cơ thể. Căn cứ vào mối tương quan này, người ta phân loại vận động viên theo các môn thể thao như quyền anh, judo, vật và cử tạ. Hình 3.6 cho thấy các kỷ lục thế giới ở môn cử tạ - cử giật được thực hiện vào năm 1998. Các thành tích được biểu hiện trên đường cong và được thể hiện khá tốt bởi đẳng thức bậc 2:

* Đo lực cơ trực tiếp qua gân có thể được thực hiện trên ếch trong phòng thí nghiệm. Gần đây, các phép đo như vậy được thực hiện trực tiếp trên cơ thể sống, nhưng về mặt đạo đức và kỹ thuật của các phép đo như vậy còn đang gây nhiều tranh cãi.

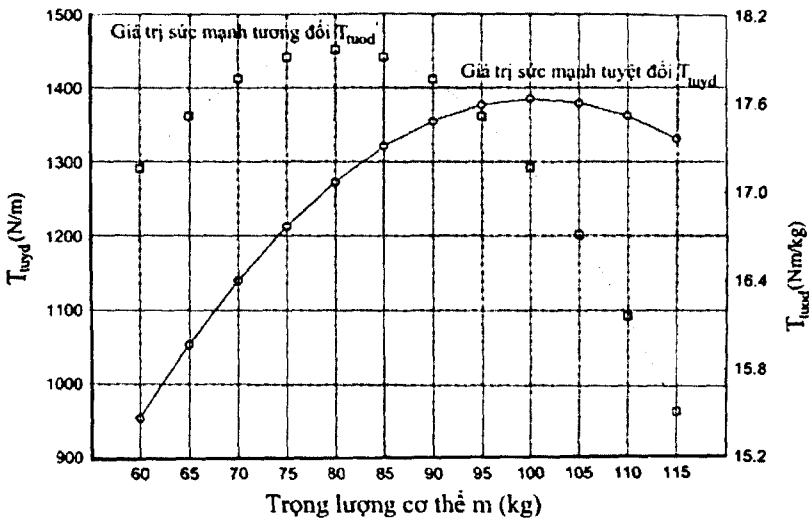
$$y = -8,828 + 4,117x - 0,016x^2$$



Kỹ lực thể giới trong môn cử giật ở các loại trọng lượng khác nhau

Hình 3.6. Mối tương quan giữa thành tích và trọng lượng cơ thể; trục y thể hiện độ lớn của trọng lượng nâng (kg); trục x là trọng lượng cơ thể (kg)

Sự gia tăng thành tích là biểu hiện của sự gia tăng "sức mạnh" của vận động viên (tất nhiên còn phụ thuộc vào yếu tố kỹ thuật). Thành tích giảm đi khi dịch chuyển về hướng có trọng lượng nặng hơn. Đó là tính chất của "sức mạnh" với trọng lượng cơ thể, có thể được giải thích là ở những người có trọng lượng càng lớn thì thường có tỷ lệ phần trăm khối lượng cơ càng thấp, và lượng mỡ sẽ cao hơn. Vấn đề này sẽ được trình bày trong tiêu mục 3.2.5.



Hình 3.7. Giá trị trung bình của sức mạnh tuyệt đối $T_{tuyđ}$ (Nm) và tương đối T_{tuod} (Nm/kg) (giá trị trung bình sức mạnh của 8 cơ chính từ một nhóm sinh viên có độ tuổi từ 18 đến 36)

Sự phụ thuộc giữa "sức mạnh" và trọng lượng cơ thể được thể hiện ở hình 3.7 khi nghiên cứu trên sinh viên. Đó là kết quả của mômen lực tuyệt đối, là tổng số lực của 8 cơ lớn được đo ở chế độ tĩnh lực của chi trên và chi dưới (các cơ gấp và duỗi ở khớp vai, khớp khuỷu, khớp gối và khớp hông). Chúng ta thấy rõ một sự gia tăng rõ rệt về lực ở các nhóm cơ cùng với sự gia tăng của trọng lượng cơ thể, nhưng phi tuyến tính khi trọng lượng cơ thể từ mức gần 100kg. Mỗi liên quan này được thể hiện chính xác trong phương trình bậc hai:

$$T_{tuyd} = -1252,66 + 52,38m - 0,26m^2$$

Trong đó: T_{tuyd} - giá trị sức mạnh tuyệt đối

m - trọng lượng cơ thể (kg).

Giá trị "sức mạnh" của cơ có thể được đánh giá gián tiếp khi sử dụng các bài tập cô lập, chẳng hạn như các bài tập nắm kéo giãn trên ghế băng, cũng như thành tích các môn thể thao được tính bằng khối lượng nâng, với lưu ý rằng, ngoài việc sử dụng "sức mạnh", một yếu tố chi phối quan trọng không kém, đó là kỹ thuật thể thao. Giá trị "sức mạnh" của cơ cũng có thể được đánh giá thông qua phép đo lực cơ trong phòng thí nghiệm và đó là phương pháp phù hợp nhất. Kết quả được thể hiện bằng đơn vị tuyệt đối, tức là bằng niuton – N (lực), còn số đo thích hợp trong phòng thí nghiệm cho ra kết quả là niutonmet – Nm (mômen lực).

Sức mạnh tuyệt đối trên thực tế là một dạng lực được đo bằng các phương pháp không can thiệp trực tiếp đến các nhóm cơ - được thể hiện bằng đơn vị niutonmet (Nm).

Trong các nghiên cứu, tùy thuộc vào mục đích, người ta sử dụng những phép đo tương đối. Ví dụ, các kết quả đo sức mạnh hay lực liên quan đến trọng lượng cơ thể được tính bằng số niuton (N) hoặc niutonmet trên một kilogam trọng lượng cơ thể. Chúng ta có đơn vị N/kg hoặc Nm/kg.

Sức mạnh tương đối hay lực tương đối- trên thực tế là một dạng lực tuyệt đối (Nm) được tính trên 1kg trọng lượng cơ thể -m (kg): $T_{tuod} = T_{tuyd}/m$ (Nm/kg)

Giá trị sức mạnh tương đối giúp ta có thể so sánh về lực hay sức mạnh ở các cá nhân có trọng lượng cơ thể khác nhau.

Minh họa ở hình 3.7 cho thấy mối tương quan giữa sức mạnh tương đối và trọng lượng cơ thể, được thể hiện trong phương trình bậc hai:

$$T_{tuod} = 5,16 + 0,32m - 0,002m^2$$

Trong đó: T_{tuod} - giá trị sức mạnh tương đối

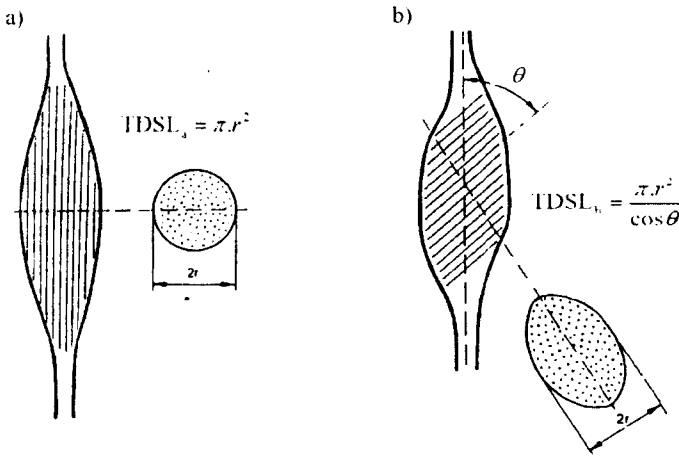
m - trọng lượng cơ thể

3.3.2. Sức mạnh riêng, thiết diện sinh lý và hình dáng của cơ

Hãy hình dung một lát cắt qua điểm dày nhất vuông góc với trục dọc của một cơ. Nếu cơ đó là một cơ dài hình thoi có các sợi chạy song song với trục dọc thì lát cắt đó sẽ cắt qua tất cả các sợi. Trong trường hợp này mặt cắt được thực hiện đồng thời là mặt cắt sinh lý hay thiết diện sinh lý, nghĩa là thiết diện sinh lý là mặt cắt vuông góc với hướng sợi cơ (Hình 3.8).

Mặt cắt vuông góc qua trục dọc của cơ có hình lông vũ không cho chúng ta thông tin về diện tích mặt cắt sinh lý của của nó. Để biết tổng diện tích mặt cắt sinh lý của cơ hình lông vũ, ta phải thực hiện nhiều lát cắt ngang vuông góc với tất cả các sợi (tức là toàn bộ cơ).

Thiết diện sinh lý của cơ là mặt cắt ngang qua tất cả các sợi của nó



Hình 3.8. Thiết diện sinh lý của cơ: a) cơ hình thoi; b) cơ hình lông vũ. Tại cùng một điểm (giữa cơ), thiết diện sinh lý của cơ hình lông vũ có chu vi lớn hơn thiết diện sinh lý của cơ hình thoi ($TDSL_a < TDSL_b$), r – bán kính, θ – góc sợi cơ với trục dọc

Đây là thông tin rất quan trọng bởi vì giá trị của sức mạnh cơ bắp liên quan đến mặt cắt sinh lý của nó. Giá trị sức mạnh của cơ đối với mặt cắt sinh lý được gọi là *sức mạnh riêng* của cơ, phạm vi giá trị của nó từ 16 đến 30N/cm² (theo M. McDonagh và C. Davies, 1984). Trong một số tài liệu, có thể tìm thấy những dữ liệu khác, thường cao hơn so với trích dẫn trên. Sự không thống nhất là do sử dụng các phương pháp đo thiết diện sinh lý hoặc loại cơ bắp kiểm tra. Trong thực tế, các tác giả của các nghiên cứu này đều đồng ý rằng, sức mạnh vốn có của cơ bắp ở người có giá trị tương đối ổn định, đó là lý do tại sao chúng ta lấy giá trị trung bình là 30N/cm².

Sức mạnh riêng là giá trị lực của cơ phân bố trên mỗi đơn vị diện tích qua thiết diện sinh lý của nó. Giá trị này tương đối ổn định ở mức trung bình $30N/cm^2$.

Bảng 3.1. Chiều dài, trọng lượng và thiết diện sinh lý (TDSL) của một số cơ.
Chỉ số k là tỷ lệ giữa độ dài sợi và chiều dài cơ, nó phản ánh độ chéo của sợi so với trục dọc. Trong bảng là giá trị thiết diện sinh lý trung bình của một số cơ theo R.R. Roy và V.R. Edgerton, 1992

Tên cơ	Trọng lượng m (g)	Chiều dài cơ l_m (mm)	Chiều dài sợi l_w (mm)	Chỉ số k (l_m/l_w)	TDSL (cm^2)
Cơ cánh tay quay	16,2	175	121	0,69	1,33
Cơ nhị đầu cánh tay (đầu ngắn)	26,5	213	164	0,77	1,62
Cơ nhị đầu cánh tay (đầu dài)	39,8	245	193	0,84	2,18
Cơ cánh tay trước	64,5	201	144	0,71	4,69
Cơ tam đầu cánh tay	198	237	76	0,32	23,85
Cơ thẳng đùi	84,3	316	66	0,21	12,73
Cơ rộng ngoài	219,5	324	66	0,20	35,35
Cơ rộng giữa	175,3	335	70	0,21	22,13
Cơ rộng trong	159,6	329	68	0,21	22,3
Cơ nhị đầu đùi, đầu dài	128,3	342	85	0,25	12,83
Cơ nhị đầu đùi, đầu ngắn	-	271	139	0,52	-
Cơ dẹt (của cơ tam đầu căng chân)	215,0	308	20	0,06	58,00
Cơ bụng chân (trong)	100,4	248	35	0,14	22,75
Cơ bụng chân (ngoài)	49,5	217	51	0,23	10,73

Tổng diện tích thiết diện ngang sinh lý của tất cả các cơ ở người trưởng thành khoảng $0,56m^2$ ($5600cm^2$), (M. McDonagh và C. Davies, 1984). Nếu tất cả các cơ được kích thích và hoạt động theo cùng một hướng thì lực mà chúng tạo ra sẽ là 168kN!

$$F_m = 30 \frac{N}{cm^2} \cdot 5600cm^2 = 168000N = 168kN$$

Thiết diện ngang sinh lý có thể được xác định từ việc đo trên tử thi hay các biện pháp không can thiệp trực tiếp trên cơ thể sống (hiện nay thường sử dụng), ví dụ từ hình ảnh chụp cộng hưởng từ (MRI). Trong các tài liệu, ta thường thấy sự khác biệt về các giá trị thu được - điều đó là hoàn toàn dễ hiểu. Ví dụ đối với cơ nhị đầu cánh tay, là cơ có hình thoi gồm hai đầu, có thể tìm thấy những thông tin sau: đầu ngắn từ $1,62\text{cm}^2$ (theo R.R. Roy và V.R. Edgerton, 1992) đến $3,6\text{cm}^2$ (theo dữ liệu của W. Braune và O. Fischer cùng với K. Fidelus, 1977) và $5,9\text{cm}^2$ theo dữ liệu của K. Fidelus (1977), đầu dài là $2,5\text{cm}^2$, $5,4\text{cm}^2$ và $6,4\text{cm}^2$ (dữ liệu tương ứng cùng một tác giả) (Bảng 3.1)

Thông tin chi tiết về thiết diện sinh lý của từng đầu cơ tam đầu cánh tay trong các dữ liệu của K. Fidelus (1977) như sau: đầu dài có thiết diện sinh lý $13,7\text{cm}^2$; đầu ngoài $11,5\text{cm}^2$ và đầu trong $7,7\text{cm}^2$. Tổng cộng thiết diện sinh lý của toàn bộ cơ là $32,9\text{cm}^2$, lớn thứ 3 trong bảng 3.1. Việc xác định thiết diện sinh lý của một vài cơ trong mỗi phần của cơ thể là cần thiết nhờ vào kỹ thuật chụp cắt lớp (CT), hoặc cho kết quả gần đúng bằng cách đo chu vi từng bộ phận cơ thể.

3.3.3. Phương pháp tính thiết diện sinh lý

Việc đo chính xác thiết diện ngang sinh lý (TDSL) của cơ trên cơ thể sống đòi hỏi các thiết bị phức tạp, khó thực hiện và chi phí tốn kém. Có thể tính toán thiết diện ngang sinh lý trên cơ sở đo đạc, song kết quả không thực sự chính xác. Trong trường hợp đơn giản, có thể sử dụng giá trị thiết diện ngang sinh lý trung bình của cơ bắp trong tài liệu của các tác giả như đã nêu ở trên (trích dẫn ở bảng 3.1). Khi sử dụng các phương pháp tính trên cơ sở đo đạc, chúng ta sử dụng mối quan hệ phụ thuộc giữa khối lượng, trọng lượng, tỷ trọng, chiều dài, chu vi và diện tích mặt cắt ngang hình học của các chất rắn giống với hình dạng mà chúng ta đang quan tâm ở cơ bắp.

Tính thiết diện sinh lý của cơ hình thoi

Trong kiến trúc của cơ có dạng hình thoi, các sợi cơ được xem như chạy song song với trục dọc của nó. Thiết diện sinh lý của cơ là mặt phẳng vuông góc với trục dọc ở bụng cơ có chu vi lớn nhất. Nếu chúng ta coi thiết diện ngang có dạng hình tròn, thì có thể xem như cơ có hình trụ với chiều cao bằng chiều dài của cơ và diện tích đáy bằng thiết diện ngang sinh lý. Trong trường hợp này, dựa vào một số kích thước, chúng ta có thể xác định giá trị gần đúng của thiết diện ngang sinh lý của nó:

1. Tính được trọng lượng (m) và chiều dài (l_m) hoặc khối lượng (V_m) của cơ

$$m = \rho \cdot V_m$$

trong đó:

m – trọng lượng của cơ,

ρ - tỷ trọng của cơ (đọc là “rô”), trung bình là $1,067\text{g/cm}^3$

V_m - khối lượng của cơ

Từ đó:

$$V_m = \text{TDSL} \cdot l_m \Rightarrow \text{TDSL} = \frac{V_m}{l_m} = \frac{m}{\rho \cdot l_m}$$

trong đó:

l_m - chiều dài của cơ (thành phần cơ rút của cơ)

2. Tính được chu vi của cơ (O_m)

$$O_m = 2\pi r \Rightarrow r = \frac{O_m}{2\pi}$$

$$\text{TDSL} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{O_m^2}{4\pi^2} = \frac{O_m^2}{4\pi}$$

Ví dụ: Dữ liệu của đầu dài cơ nhị đầu cánh tay được lấy từ bảng 3.1 như sau:

$$m = 39,8\text{g}$$

$$l_m = 145\text{mm}$$

$$l_w = 193\text{mm}$$

trong đó: l_w - chiều dài sợi cơ

$$\text{TDSL} = 2,18\text{cm}^2:$$

$$V_m = \frac{m}{\rho} = \frac{39,8\text{g}}{1,067\text{g/cm}^3} = 37,3\text{cm}^3$$

$$\text{TDSL} = \frac{V_m}{l_w} = \frac{37,3\text{cm}^3}{19,3\text{cm}} = 1,93\text{cm}^2$$

Qua tính toán ở trên, thiết diện sinh lý của đầu dài cơ nhị đầu cánh tay bằng $1,93\text{cm}^2$ và kết quả ở bảng là $2,18\text{cm}^2$. Như vậy, kết quả thu được có sự sai lệch là 12% so với bảng.

Tính thiết diện sinh lý của cơ hình lông vũ

Việc tính thiết diện sinh lý của cơ hình lông vũ phức tạp hơn, vì kiểu kiến trúc của sợi cơ không chạy song song với trục dọc mà tạo với trục dọc một góc nhất định

(vị trí điểm bám) cũng như khác nhau về hình dáng, cấu trúc so với cơ hình thoi. Trong mục này, chúng ta xem xét một ví dụ đơn giản là xác định thiết diện sinh lý của cơ bụng chân ngoài (của cơ tam đầu cẳng chân). Tổng số thiết diện sinh lý bao gồm tổng diện tích các mặt cắt vuông góc S_l qua tất cả các sợi cơ. Số lượng các thành phần k là tổng số tỷ lệ giữa chiều dài l_m với khoảng cách λ

$$\lambda = \frac{l_w}{\cos\theta}$$

$$k = \frac{l_m}{l_w/\cos\theta} = \frac{l_m}{l_w} \cdot \cos\theta \quad (3.1)$$

Hình dáng của mặt cắt ngang qua các sợi S_l có hình gần như elip, giá trị diện tích sẽ là:

$$S_l = \pi r \cdot \frac{r}{\cos\theta} = \pi \frac{r^2}{\cos\theta} = \frac{S_a}{\cos\theta} \quad (3.2)$$

Bởi vì:

$$\text{TDSL} = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_k = S_l \cdot k = S_l \cdot \frac{l_m}{l_w} \cdot \cos\theta = \frac{S_a}{\cos\theta} \cdot \frac{l_m}{l_w} \cdot \cos\theta = S_a \cdot \frac{l_m}{l_w} \quad (3.3)$$

Giả thiết rằng S_a là diện tích mặt cắt ngang qua cơ (còn gọi là thiết diện giải phẫu), mặt đáy của hình trụ có khối lượng V_m và chiều cao l_m thì:

$$S_a = \frac{V_m}{l_m} \quad (3.4)$$

Thay thế vào (3.3) ta có:

$$\text{TDSL} = S_a \cdot \frac{l_m}{l_w} = \frac{V_m}{l_m} \cdot \frac{l_m}{l_w} = \frac{V_m}{l_w} \quad (3.5)$$

Khi biết chu vi O_m của cơ, ta có thể xác định được diện tích mặt cắt ngang thành phần S_a :

$$O_m = 2\pi r \Rightarrow r = \frac{O_m}{2\pi}$$

$$S_a = \pi r^2 = \pi \frac{O_m^2}{4\pi^2} = \frac{O_m^2}{4\pi}$$

$$\text{TDSL} = \frac{O_m^2}{4\pi} \cdot \frac{l_m}{l_w} \quad (3.6)$$

Ví dụ 2. Dữ liệu từ bảng 3.1 đối với cơ bụng chân ngoài như sau:

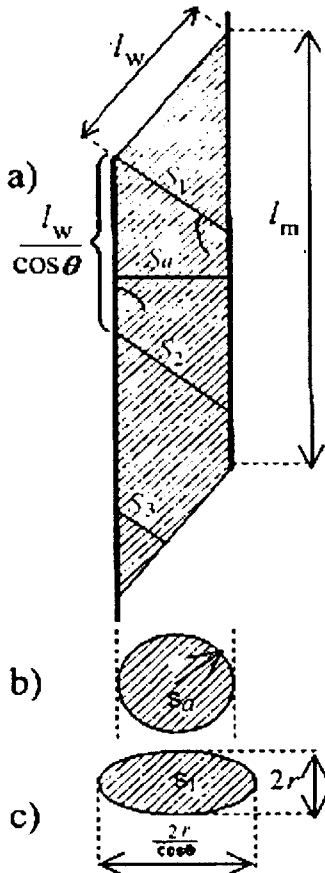
$$m = 49,5\text{g}; l_m = 217\text{mm}; l_w = 51\text{mm}$$

$$\text{TDSL} = 10,73\text{cm}^2$$

$$V_m = \frac{m}{\rho} = \frac{49,5\text{g}}{1,067\text{g/cm}^3} = 46,4\text{cm}^3$$

$$\text{TDSL} = \frac{V_m}{l_w} = \frac{46,4\text{cm}}{5,1\text{cm}} = 9,1\text{cm}^2$$

Kết quả tính toán thiết diện sinh lý là $9,1\text{cm}^2$, sự khác biệt với dữ liệu lý thuyết từ bảng 3.1 là khoảng 15%.



$$\text{TDSL} = S_1 + S_2 + S_3 = k \cdot S_1 =$$

$$= S_1 \cdot \frac{l_m}{l_w} \cos \theta = S_1 \cdot \frac{l_m}{l_w}$$

$$S_a = \frac{V_m}{l_m}; k = \frac{l_m}{l_w} \cos \theta$$

$$\text{TDSL} = \frac{V_m}{l_m} \cdot \frac{l_m}{l_w} = \frac{V_m}{l_w}$$

$$S_a = \pi \cdot r^2$$

$$S_1 = \frac{\pi \cdot r^2}{\cos \theta} = \frac{S_a}{\cos \theta}$$

Hình 3.9. Thiết diện sinh lý của cơ kiến trúc lông vũ có dạng hình trụ. a) kiểu sợi trong cơ; b) mặt cắt ngang qua cơ (qua trục dọc); c) mặt cắt ngang qua hướng sợi.

Trong đó:

l_m - chiều dài của cơ

l_w - chiều dài của sợi cơ

θ - góc giữa hướng sợi với trục dọc

V_m - khối lượng cơ

$S_1 + S_2 + S_3 = k.S_1$ - tổng diện tích mặt cắt qua các sợi cơ.

3.3.4. Ảnh hưởng của hướng sợi cơ đến giá trị lực

Khi so sánh thiết diện sinh lý giữa hai cơ có kiểu kiến trúc sợi dạng song song và dạng lông vũ (với kích thước hình học tương tự nhau) người ta nhận thấy có sự khác nhau rõ rệt. Ở dạng hình lông vũ, thiết diện sinh lý tăng lên đáng kể khi hướng sợi cơ tạo với trục dọc một góc θ , nhưng ít khi đạt đến độ nghiêng 45° so với trục dọc. Tuy nhiên, đây không phải là yếu tố duy nhất ảnh hưởng đến giá trị lực của loại cơ này. Giả sử giá trị sức mạnh riêng của cơ là $30\text{N}/\text{cm}^2$, thì ở cơ hình thoi, tất cả các sợi đều hoạt động cùng hướng với trục dọc của nó. Đối với cơ hình lông vũ, lực này hướng dọc theo các sợi, tức là tác động một góc đến trục dọc của cơ. Trong ví dụ thứ hai (với cơ đuôi ngón chân cái dài), góc với trục dọc là 30° , có nghĩa là, cần phải chia lực thành các phần: phần hoạt động hiệu quả, tác động theo trục dọc và phần tác động vuông góc với trục dọc, là phần lực bị mất đi.

Ví dụ: Tính các thành phần lực của dạng cơ hình thoi và cơ hình lông vũ:

- Cơ hình thoi: cơ cánh tay quay cổ: chu vi $O = 7\text{cm}$, TDSL = $3,9\text{cm}^2$

$$F_{xy} = \text{TDSL} \cdot 30 \text{ N}/\text{cm}^2$$

$$F_{xy} = 117\text{N}$$

- Cơ hình lông vũ: cơ đuôi ngón chân cái dài có: chu vi $O = 7\text{cm}$, TDSL = $5,16\text{cm}^2$

Tổng số lực:

$$F_{xy} = \text{TDSL} \cdot 30 \text{ N}/\text{cm}^2$$

$$F_{xy} = 5,16\text{cm}^2 \cdot 30 \text{ N}/\text{cm}^2$$

Thành phần hoạt động theo trục dọc:

$$F_x = F_{xy} \cdot \cos \theta = 154,8\text{N} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 134\text{N}.$$

Thành phần tác động vuông góc với trục dọc:

$$F_y = F_{xy} \cdot \sin \theta = 77,4\text{N}.$$

Chúng ta làm một phép so sánh: cơ đuôi ngón chân cái dài có thiết diện sinh lý lớn hơn thiết diện sinh lý của cơ cánh tay quay tới 32%, và có thể tạo ra một lực hữu ích tác động theo trục dọc lớn hơn 14%. Giá trị lực cơ tăng tương ứng với thiết diện sinh lý. Sự khác biệt giữa cơ hình thoi và cơ hình lông vũ là ở chỗ, với cơ hình thoi, toàn bộ lực tác động dọc theo trục dọc của cơ và di chuyển đến điểm bám của cơ. Còn đối với cơ hình lông vũ chỉ một phần lực tác động theo trục dọc của cơ, độ lớn của thành phần này phụ thuộc vào góc tạo bởi (góc θ) hướng sợi với trục dọc, hay cụ thể hơn phụ thuộc vào cosin của góc đó (cosin θ).

Trong hai dạng kiến trúc sợi: dạng cơ hình thoi (dạng sợi song song) và cơ hình lông vũ có cùng chu vi, ở cơ lông vũ sẽ có thiết diện sinh lý lớn hơn.

Trong hai dạng kiến trúc sợi: dạng cơ hình thoi và cơ hình lông vũ có cùng chu vi, lực tạo ra ở cơ lông vũ lớn hơn. Góc giữa hướng sợi cơ với trục dọc càng lớn, thì thành phần lực tác động hữu ích theo trục dọc càng giảm.

3.3.5. Mối quan hệ giữa sức mạnh tuyệt đối và sức mạnh tương đối

Theo V.M. Zatsiorsky (1996), sự khác biệt giữa sức mạnh tuyệt đối và sức mạnh tương đối như sau: độ lớn của sức mạnh cơ bắp tỷ lệ thuận với thiết diện ngang sinh lý, với độ dài (kích thước tuyến tính), ví dụ như chiều cao cơ thể, và giá trị của nó phải được coi như bình phương của độ dài (bởi vì diện tích bề mặt tỷ lệ thuận với bình phương của kích thước tuyến tính). Do đó, vận động viên có trọng lượng càng lớn thì lực (sức mạnh tuyệt đối) càng lớn.

Ví dụ: Vận động viên A có chiều cao 140cm so với vận động viên B cao 210cm.

Kích thước tuyến tính của họ sẽ là 1 đến 1,5 (140 đến 210).

Do đó, kích thước diện tích tác động một lực lên bề mặt (diện tích) có mối quan hệ:

$$1^2: 1,5^2 \text{ hay } 1: 2,25.$$

Khối lượng (và trọng lượng) có độ lớn lũy thừa 3 để tính ý của vận động viên cần vượt qua khi chuyển động cơ thể.

Do vậy, tỷ lệ khối lượng (và trọng lượng) giữa hai vận động viên là:

$$1^3: 1,5^3 \text{ hay } 1: 3,375.$$

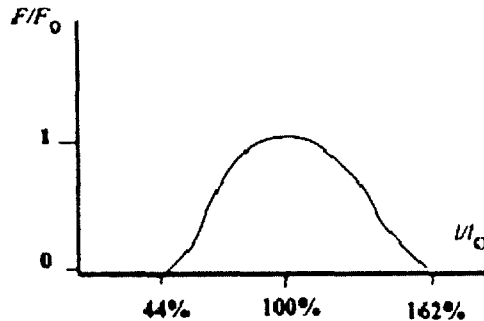
Kích thước tuyến tính của hai vận động viên A và B có tỷ lệ là 1 đến 1,5; kích thước diện tích là 1 đến 2,25 và kích thước khối lượng (và trọng lượng) là 1 đến 3,375. Kích thước diện tích thể hiện độ lớn về thiết diện sinh lý và lực, từ đó chúng ta có thể kết luận: vận động viên B mạnh hơn vận động viên A 2,25 lần. Đây là lợi thế

của vận động viên B về sức mạnh tuyệt đối. Nhưng về khối lượng (và trọng lượng) anh ta cần huy động một lực lớn gấp 3,375 lần so với vận động viên A để thắng sức ý của mình, nên có thể nói vận động viên A có lợi hơn về sức mạnh tương đối.

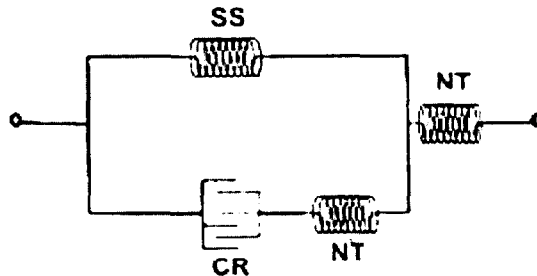
3.4. Mối liên quan giữa lực và chiều dài của cơ

Phạm vi co rút và kéo dãn của ô cơ phụ thuộc vào độ dài ban đầu của các tơ myozin và actin. Khoảng cách ban đầu của một ô cơ, giữa hai vạch Z là $2,25\mu\text{m}$. Lực (F) được sinh ra từ bởi sự kích thích những ô cơ từ sự thay đổi chiều dài (l) của nó: $F = f(l)$. Một sợi cơ sinh ra lực tối đa khi độ dài ô cơ từ 2 đến $2,25\mu\text{m}$, hoặc khi tất cả sự liên kết giữa các cầu nối myozin và actin gắn lại với nhau. Lực này giảm dần theo mức độ căng cơ, điều này giải thích số lượng kết nối giữa các cầu nối giảm dần theo thời gian. Nó cũng giảm khi ô cơ bị rút ngắn và sợi myozin đạt đến vạch Z. Nếu chiều dài ban đầu của một ô cơ trong ở trạng thái nghỉ giả sử là $l_0 = 2,25\mu\text{m}$, sau đó bị kéo dài đến $3,65\mu\text{m}$, tức là tăng 62% so với ban đầu, lúc đó lực của cơ không còn nữa. Sự rút ngắn tối đa của ô cơ có kích thước là $1,27\mu\text{m}$, tức là khoảng 44%. Lúc này lực của nó cũng trở về 0 (Hình 3.10).

Sức mạnh của cơ đạt trị số lớn nhất khi độ dài ban đầu của ô cơ khoảng từ 2 đến $2,25\mu\text{m}$; kéo dài hoặc rút ngắn sẽ làm mất khả năng gây ra lực.



Hình 3.10. Sức mạnh tương đối F/F_0 phụ thuộc vào độ dài tương đối l/l_0 của ô cơ (100% = $2,25\mu\text{m}$). Đồ thị biểu diễn sức mạnh bởi sự ngắn lại của ô cơ (co đẳng trương)



Hình 3.11. Mô hình cấu trúc của cơ vân: CR - thành phần co rút; SS - thành phần đàn hồi song song; NT - thành phần đàn hồi nối tiếp

Từ các cấu trúc đặc trưng của cơ (xem mô hình cấu trúc trong hình 3.11) cho thấy cơ bắp là thành phần chủ động có khả năng gây ra lực, ngoài ra còn có các thành phần bị động như gân, cân (hay mạc) và các mô liên kết khác. Tính đàn hồi của các yếu tố này cũng cần phải được tính đến, nếu chúng được xem là khả năng của cơ đối với sự phát triển sức mạnh, bởi vì thông qua chúng để truyền lực đến xương. Gân cơ có khả năng truyền lực tương đương với bụng cơ. Thành phần thụ động có độ đàn hồi nhất định, có thể phục hồi tình trạng ban đầu do sự biến dạng cơ học gây nên. Biến dạng có thể được gây ra bởi hoạt động của thành phần co rút hoặc hoạt động thụ động của chúng hoặc bởi lực tác động bên ngoài. Kết quả của sự biến dạng này là sự xuất hiện lực đàn hồi bên trong và nó có liên quan đến sự tồn tại năng lượng cơ học tiềm tàng, gọi là năng lượng đàn hồi. Dạng năng lượng này trong cấu trúc bị động của cơ phải được chú ý đến khi xem xét lực gây ra bởi cơ bắp và nó được thể hiện trong mô hình Reologia* cơ, với mục đích là phản ánh cấu trúc và chức năng của nó.

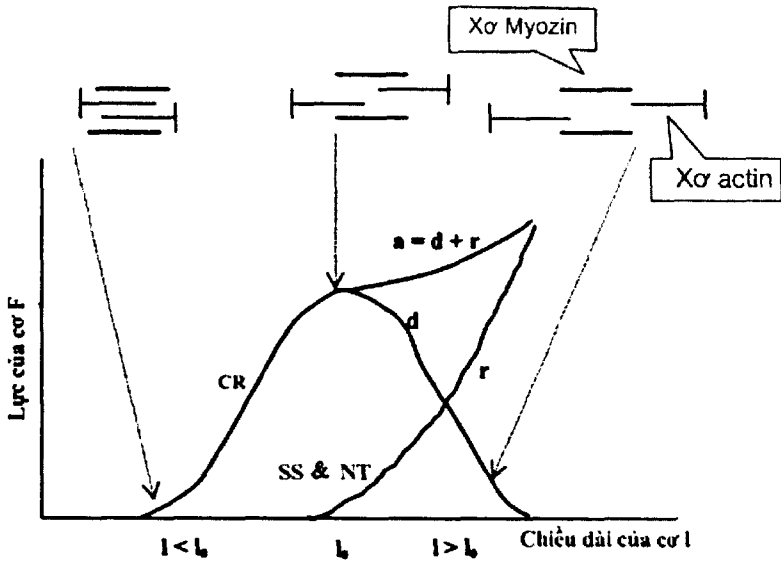
Trong mô hình cấu trúc của cơ, chúng ta có thể phân biệt các thành phần co rút (CR); các thành phần đàn hồi song song (SS) và các thành phần đàn hồi nối tiếp (NT).

Mô hình đơn giản nhất bao gồm thành phần co rút CR, các thành phần đàn hồi nối tiếp là gân và cân (mạc) và các thành phần đàn hồi song song hoặc các hình thức khác của mô liên kết (xem hình 2.2). Cơ bắp gồm bụng cơ và gân có tính đàn hồi cao, nghĩa là ngay cả lúc không bị kích thích, thì sự kéo giãn cũng cần có lực.

Hoạt động của cơ được bảo toàn theo kiểu là cứ mỗi một sự kéo giãn cơ thêm một giá trị nhất định thì cần sử dụng một lực lớn hơn, điều đó có nghĩa là độ cứng tăng, làm tăng khả năng chống lại sự biến dạng. Thông tin thêm về tính đàn hồi của cơ ở trong tiểu mục 3.8.

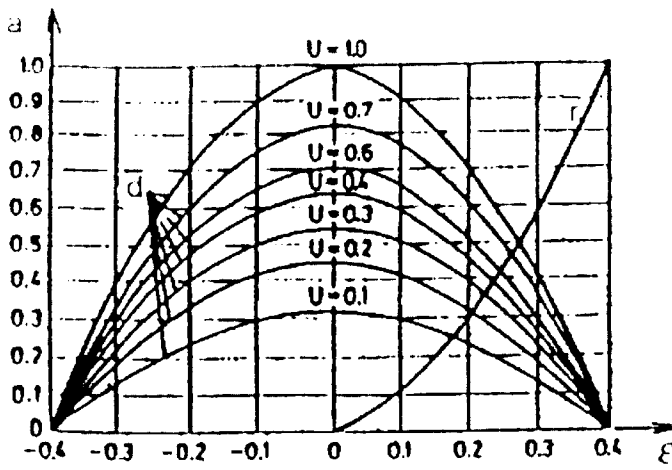
Các thí nghiệm thực hiện trên cơ của ếch và thỏ đã thu được những kết quả khác nhau đối với các cơ hình lông vũ và cơ hình thoi, nhìn chung lực cơ phụ thuộc vào độ dài ban đầu của nó, vào hai thành phần lực của cơ, tức là thành phần chủ động (thành phần co rút) và thành phần bị động (thành phần đàn hồi nối tiếp và đàn hồi song song) (xem hình 3.12).

* Reologia: là một khoa học nghiên cứu sự cân bằng đạt được trong lĩnh vực biến dạng do áp lực.



Hình 3.12. Mối liên quan giữa chiều dài và lực cơ cơ đẳng trường. $F = f(l)$; l_0 - độ dài của cơ khi thả lỏng; d - đường biểu diễn lực của thành phần co rút; r - đường biểu diễn lực của thành phần thụ động; a - kết quả lực cơ - tổng của đường biểu diễn d và r

Trên hình vẽ (hình 3.12), đường cong d thể hiện lực gây nên bởi thành phần co rút CR, đường cong r thể hiện lực từ các thành phần đàn hồi (co giãn) thụ động nối tiếp NT và song song SS. Tổng của hai loại lực này là đường cong a , là giá trị của đường cong d và r thể hiện tình trạng duỗi (hoặc co) trên tỷ lệ độ dài l . Nếu như thả lỏng cơ một cách thụ động (cơ không bị kích thích) thì đường biểu diễn là đường cong r . Sự liên quan của lực cơ ở trạng thái duỗi phụ thuộc vào sự tham gia của thành phần co rút (CR) và các thành phần đàn hồi, trong đó chủ yếu là đàn hồi nối tiếp (NT). Với sự tham gia của hai thành phần lực này về nguyên tắc sẽ tăng cùng với lúc cơ duỗi và giảm lúc cơ co. Hình dáng của nó không giống nhau đối với tất cả các cơ và tùy thuộc vào tính chất cấu trúc riêng biệt - có lẽ là từ tỷ lệ của chiều dài gân cơ đến bụng cơ. Đường cong d đạt đến giá trị tối đa khi độ dài của cơ lớn hơn khoảng 20% so với độ dài lúc bình thường, bởi vì lực được tạo ra chậm hơn so với sự chuyển dịch đầu tiên ở các cầu nối ngang.



Hình 3.13. Tính chất không có chiều của sức mạnh tĩnh lực (a) ở cơ vân với những chỉ số kích thích U khác nhau; d - thành phần chủ động; r - thành phần thụ động; ϵ - mức độ duỗi tương đối của cơ (Biezanowski và K. Kedzior, 1981)

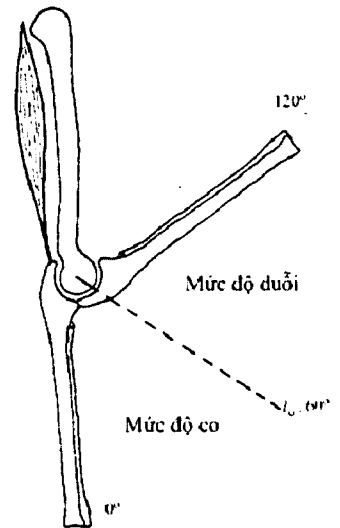
Giá trị lực của cơ phụ thuộc vào độ dài của nó và việc sử dụng các thành phần đàn hồi, vào sự tăng cường hoạt động của thành phần co rút. Nếu chỉ tính các thành phần co rút, thì lực cơ sẽ đạt đến giá trị tối đa khi độ dài ô cơ ở mức trung bình, và giảm dần khi cơ bị kéo dài hoặc co ngắn. Nếu chúng ta tăng thêm lực kéo giãn các thành phần đàn hồi thì lực kéo giãn của cơ cũng tăng lên. Hình 3.13 trình bày tính chất cơ tĩnh lực của cơ, có tính đến sự thay đổi trị số kích thích (U) của các thành phần co rút. Tính chất của đường cong mô tả quá trình thành phần chủ động của lực cơ (d) giống như sự kích thích mạnh hoặc yếu. Thành phần chủ động của cơ đạt đến lực tối đa khi kích thích lớn nhất và xuất hiện vào trạng thái lúc cơ đang giãn (có độ dài lúc nghỉ ngơi).

Cơ bắp bao gồm bụng và gân cơ lúc bị kéo giãn có khả năng sinh ra lực lớn hơn so với lúc ngắn.

Fidelus (1992) đã xem xét mối quan hệ giữa lực và chiều dài của cơ trong điều kiện tự nhiên, nghĩa là thay đổi độ dài các nhóm cơ bởi góc độ ở khớp. Việc thay đổi góc độ khớp gián tiếp xác nhận sự thay đổi độ dài của cơ. Theo tác giả này, có thể chấp nhận độ dài của cơ lúc nghỉ (l_0) tương ứng một nửa tầm (phạm vi) vận động của khớp. Ví dụ, ở động tác dạng cánh tay từ vị trí tay dọc theo thân đến song song với sàn là 90° . Một nửa mức đó là 45° và ở vị trí này, cơ đen-ta có độ dài trung bình, gần với mức cơ trong trạng thái nghỉ ngơi. Trên thực tế tại khớp này (khớp vai), hoạt động rất phức tạp, bởi vì xương vai đã bị xoay khi dạng cánh tay (góc dưới của xương vai bị đưa ra ngoài) và chuyển động thực tế của xương cánh tay so với xương

vai và đai vai nhỏ hơn 90° . Phạm vi hoạt động của khớp gối vào khoảng 110° (từ 0° là vị trí duỗi thẳng đến 110° khi gối gập), một nửa tầm vận động là 55° và ở vị trí này độ dài của cơ tứ đầu đùi (làm duỗi gối) gần với độ dài khi nghỉ ngơi l_0 (không tính cơ thẳng đùi vì cơ này đi qua hai khớp, do đó độ dài của nó không chỉ phụ thuộc vào trị số góc ở khớp gối). Hình 3.14 diễn tả sự thay đổi giả thuyết độ dài của cơ tam đầu cánh tay khi thay đổi góc độ khớp khuỷu. Như đã đề cập, nó phụ thuộc vào mức độ đơn giản hóa động tác. Trên thực tế, dữ liệu thực nghiệm xê dịch nhiều hoặc ít hơn biểu đồ được chấp nhận. Điều này có thể được xác định bằng cách so sánh các ví dụ trên với dữ liệu thực nghiệm, có thể tìm thấy ở chương 4. Ví dụ, duỗi thẳng ở khớp gối do hoạt động của cơ tứ đầu đùi, có lực tối ưu tại góc độ 55° , số đo thực tế góc độ này trong khoảng từ $60 - 70^\circ$. Khi khuỷu tay duỗi thẳng do cơ tam đầu cánh tay thực hiện có góc tối ưu là 60° , góc đo trên thực tế trong khoảng $70 - 80^\circ$. Có thể dễ dàng giải thích những khác biệt này, những giả thuyết của Fidelus chỉ đề cập đến một cơ, trong khi dữ liệu thực nghiệm lại liên quan tới một nhóm cơ, mà mỗi cơ lại có vị trí và điểm bám khác nhau.

Lực cơ được căn cứ vào thành phần cơ rút (CR) có giá trị lớn nhất ở trạng thái trung gian về độ dài của nó (độ dài khi nghỉ ngơi). Khi xét riêng thành phần thụ động đàn hồi nối tiếp (NT) và song song (SS) thì lực cơ lớn nhất là lúc cơ bị kéo giãn.



Hình 3.14. Sự liên quan giữa mức độ duỗi của cơ tam đầu cánh tay và góc độ khớp khuỷu. Tầm vận động của khớp là 120° . Vị trí trung gian tương ứng với độ dài cơ lúc nghỉ l_0 là 60° và tương ứng vị trí lý thuyết lực cơ có giá trị lớn nhất

3.5. Các loại cơ, góc và tốc độ cơ cơ

Để tính toán tốc độ thay đổi chiều dài của cơ, chúng ta dựa vào những trị số ban đầu sau:

$$\text{Độ dài của ô cơ } l = 2,25\mu\text{m}$$

Tốc độ co trung bình của ô cơ $v_s = 6\mu\text{m/s}$.

Tốc độ co rút của ô cơ (sarcomer) là một hằng số và đối với cơ của người trung bình là $6\mu\text{m/s}$ ($0,000006\text{m/s}$)

Tốc độ co rút của ô cơ ở người nhỏ hơn đáng kể so với tốc độ co rút của ô cơ ở chuột, với tải trọng 1/10 tối đa, đạt tốc độ tới $60\mu\text{m/s}$ (ô cơ loại nhanh IIB, hay *FG-fast glycolitic*) và $32\mu\text{m/s}$ (ô cơ tự do loại I hay *SO-slow oxydative*) (K. Fidelus, 1977). Cần nhớ rằng, thành phần co giãn của cơ là ô cơ, những sợi cơ và toàn bộ cơ ngắn lại là kết quả co rút của một chuỗi những ô cơ, tốc độ co cơ phụ thuộc vào tổng tốc độ co của chuỗi ô cơ. Tốc độ co cơ do đó sẽ phụ thuộc vào số lượng ô cơ, tức là tỷ lệ chiều dài của cơ và độ dài ô cơ. Tốc độ co cơ tối đa (là cố định, với tải trọng nhỏ và kích thích tối đa) sẽ được thể hiện bởi phương trình sau:

$$v_m = \frac{v_s \cdot l_m}{l_s},$$

Trong đó: v_m - tốc độ co cơ

v_s - tốc độ co của ô cơ ($6\mu\text{m/s}$)

l_m - độ dài của cơ

l_s - độ dài ô cơ ($2,25\mu\text{m}$)

Ví dụ: Tính tốc độ co rút của đầu dài cơ nhị đầu cánh tay với độ dài của cơ $l_m = 18\text{cm}$ ((K. Fidelus, 1977).

$$v_m = \frac{6_{\mu\text{m/s}} \cdot 180000\mu\text{m}}{2,25\mu\text{m}} = 480000\mu\text{m/s}$$

Kiến trúc kiểu lông vũ của cơ dựa theo công thức trên cần tính đến sự ảnh hưởng của góc lệch giữa hướng sợi cơ và trục dọc đối với tốc độ co rút của cơ. Nếu sợi cơ nghiêng một góc θ so với trục dọc của cơ, thì sự thay đổi độ dài của sợi cơ là Δl_w và độ dài của cơ sẽ thay đổi là $\Delta l_m = \Delta l_w \cdot \cos\theta$.

Tốc độ co cơ sẽ là:

$$v_m = \frac{\Delta l_m}{\Delta t} = \frac{\Delta l_w}{\Delta t} \cdot \cos\theta = v_s \cdot \frac{l_w}{l_s} \cdot \cos\theta$$

Trong trường hợp với cơ ngắn, ta có đẳng thức:

$$k = \frac{l_w}{l_m}$$

với k gần bằng 1 ($k \approx 1$) (bảng 3.1). Trong trường hợp cơ dài ($k < 1$) cần tính đến sự ảnh hưởng của tỷ lệ độ dài sợi cơ với độ dài của cơ đối với tốc độ co cơ:

$$v_m = \frac{v_w}{k}$$

$$v_w = \frac{l_w}{l_s} \cdot v_s \quad ; \quad k = \frac{l_w}{l_m}$$

$$v_m = \frac{v_w}{k} \cdot \cos \theta = \frac{l_w}{l_s} \cdot v_s \cdot \frac{l_m}{l_w} \cdot \cos \theta = \frac{l_m}{l_s} \cdot \cos \theta$$

với: θ – là góc lệch giữa hướng sợi cơ và trục dọc.

Ví dụ: cơ tam đầu cánh tay – đầu dài:

$$l_m = 12\text{cm}; \quad \theta = 12^\circ$$

$$v_m = \frac{6 \mu\text{m/s} \cdot 120000 \mu\text{m} \cdot \cos 12^\circ}{2,25 \mu\text{m}} = 312960 \mu\text{m/s} = 0,313 \text{m/s}$$

Ví dụ: cơ dài đuôi ngón chân cái với:

$$l_m = 18\text{cm}; \quad \theta = 30^\circ$$

$$v_m = \frac{6 \mu\text{m/s} \cdot 180000 \mu\text{m} \cdot \cos 30^\circ}{2,25 \mu\text{m}} = 415680 \mu\text{m/s} = 0,416 \text{m/s}$$

Mối quan hệ của tốc độ co cơ với chiều dài của nó và góc giữa sợi cơ với trục dọc có thể tóm tắt: cơ càng dài tốc độ co càng lớn; góc càng lớn thì tốc độ co cơ càng giảm (tương đối so với trục dọc của cơ).

Với những cơ có góc giữa hướng sợi và trục dọc lớn, tốc độ co thấp của cơ vẫn là tương đối cao với các phân đoạn xa của cơ thể? Ví dụ, vận tốc tuyến tính tối đa của bàn chân được ghi nhận trong khi duỗi gối (đùi cố định tương đối) có thể đạt khoảng 7m/s.

Dưới đây là một ví dụ: vận tốc góc tối đa khi duỗi gối là 17rad/s (radian/giây). Chiều dài của cẳng chân là 0,4m.

Do đó:

$$v = \omega \cdot r,$$

$$v = 17 \text{ rad/s} \cdot 0,4 \text{ m} = 6,8 \text{ m/s}$$

Giả sử điểm bám tận của cơ từ đầu đũa qua gối chỉ là 0,04m từ trục quay, tức là $r_m = 0,04\text{m}$, thì tốc độ co của cơ này là:

$$v_m = 17 \text{ rad/s} \cdot 0,04\text{m} = 0,68 \text{ m/s}$$

Vận tốc tuyến tính các điểm của phân đoạn cơ thể phụ thuộc vào khoảng cách từ trục quay và vận tốc góc của phân đoạn đó. Vận tốc tuyến tính của các điểm này lớn hơn bao nhiêu lần so với tốc độ co cơ, thì khoảng cách của điểm này trên phân đoạn cơ thể đến trục khớp lớn hơn khoảng cách từ điểm bám của cơ đến trục khớp bấy nhiêu lần.

3.6. Lực cơ là một hàm của tần số kích thích

Hiệu quả hoạt động của cơ bắp trong các dạng tạo nên lực phụ thuộc vào số lượng sợi cơ bị kích thích và tần số xung động kích thích. Tần số tối đa của kích thích cho cơ đạt đến 40 - 50Hz. Yếu tố này cũng như những mô tả trước đây, phụ thuộc vào nhiệt độ của cơ. Nghiên cứu trên cơ vân đã được cô lập ở ếch cho thấy, cơ cứng hoàn toàn xảy ra khi tần số kích thích là 18Hz với nhiệt độ của cơ là 0°C, còn ở nhiệt độ cơ 20°C thì hiệu ứng này xảy ra khi tần số ở mức 30Hz.

Bảng 3.2. Giá trị lực cơ phụ thuộc vào tần số xung động kích thích

Tần số xung động kích thích (Hz)	Giá trị lực cơ (% F_{\max})
20	15
25-35	25-75
40-50	70-100

Giữa tần số xung động kích thích và giá trị lực cơ có một mối tương quan tỷ lệ thuận, đặc biệt là trong hoạt động tĩnh lực.

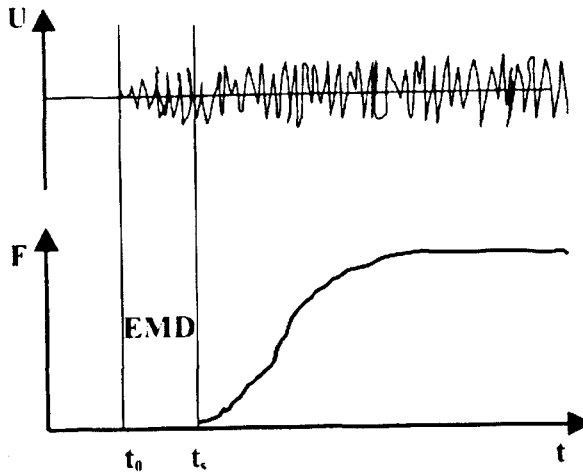
Tần số tối đa đối với khả năng hoạt động của cơ là 40 - 50Hz.

Mối quan hệ giữa lực cơ và tiềm năng kích thích điện của cơ có thể được xem xét dưới góc độ cấu trúc của cơ, dạng hoạt động, và thậm trí cả kỹ thuật đo điện áp. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, trong điều kiện yên tĩnh, mối tương quan giữa lực cơ và tiềm năng kích thích điện của cơ là cơ bản và rõ ràng. Mối quan hệ này rõ ràng hơn khi trong thành phần sợi cơ gồm chủ yếu là những sợi nhanh (loại BII, hay FG)

hơn những sợi cơ chậm (loại I, hay SO). Thông tin này cũng được sử dụng theo hướng ngược lại như là một phương pháp xác định thành phần của cơ bắp dựa trên việc đo điện cơ. Trong nhiều ghi chép, chúng ta có thể tìm thấy những thông tin về sự tăng trưởng (do tập luyện thể dục thể thao) - tương quan giữa lực được sinh ra và hoạt động điện - đó là hệ quả của việc tăng thiết diện sợi cơ. Nói cách khác, việc tập luyện có ảnh hưởng tích cực đến sự phát triển thiết diện sinh lý của cơ và hoạt động điện sẽ biểu hiện rõ ràng hơn, cùng với điều đó thì lực sinh ra cũng lớn hơn. Nói chung, mối tương quan này thể hiện rõ hơn trong hoạt động cơ tĩnh lực, và khó chứng minh hơn trong hoạt động động lực. Những nghiên cứu về mối tương quan ở trên đều dựa trên các phép đo đồng thời hoạt động điện của các cơ được lựa chọn và sự phát sinh mômen lực của các cơ đó.

Mối liên quan này rõ ràng hơn nếu chúng ta nhớ rằng, lực cơ sinh ra bởi tổng hợp các thành phần bắt nguồn từ những phần cơ riêng lẻ chi phối cho khớp. Có thể đi đến kết luận là, chỉ số hoạt động điện cần phải gồm tất cả các cơ của cùng một nhóm. Điều này đã được xác nhận bằng việc kiểm tra kết quả mômen lực ở khớp cổ chân và khả năng của ba cơ ở bắp chân, cụ thể là hai cơ bụng chân trong, bụng chân ngoài và cơ dép. Mối tương quan này còn thể hiện chặt chẽ hơn khi kiểm tra một cơ đơn lẻ. Những nghiên cứu về mối quan hệ trong hoạt động động lực làm ảnh hưởng đến tương quan giữa hoạt động điện và lực cơ nêu trên cho thấy: sự thay đổi độ dài và tốc độ co rút của cơ sẽ làm chậm quá trình giữa kích thích và phản xạ. Cũng cần tìm hiểu mối quan hệ này trong hoạt động động lực khi sử dụng trọng lượng tối đa, cho dù còn nhiều ý kiến phản đối. Một số tác giả đã chứng minh được rằng, cố gắng thay đổi độ dài cơ đến tối đa cũng không làm ảnh hưởng đến hoạt động điện của chúng. Trong nhiều công trình khác, có thể tìm thấy bằng chứng cho thấy tốc độ co cơ (với sự nỗ lực tối đa) không hề ảnh hưởng tới đồ thị EMG. Tuy nhiên, có tác giả cho rằng có mối liên quan giữa sự suy giảm *tín hiệu tích hợp* EMG (hay IEMG – *integrated EMG*) và tốc độ co rút cơ. Tốc độ co rút càng lớn thì trị số hoạt động điện thể hiện dưới dạng trường tích hợp càng nhỏ. Trong mỗi trường hợp ở các hoạt động động lực, các nhà nghiên cứu thường lấy mẫu EMG trong khoảng thời gian không quá 50ms. Nhân đây cũng cần thảo luận về cái gọi là điện cơ muộn (EMD), tức là khoảng thời gian từ lúc kích thích cho đến khi xuất hiện lực cơ được ghi trên điện cơ đồ. Các dữ liệu đã được công bố cho thấy điện cơ muộn EMD khoảng từ 30 đến 60ms. Vấn đề nan giải về mặt kỹ thuật là việc xác định hoạt động điện ban đầu của cơ – phân biệt nó với đường thẳng xuất phát (từ điểm 0), tức là điện thế nghỉ.

Điện cơ muộn (electro - mechanical delay - EMD) là khoảng thời gian giữa sự xuất hiện của hoạt động điện đến khi gây ra lực cơ đầu tiên. Đối với cơ vân khoảng từ 0,03 đến 0,06s.



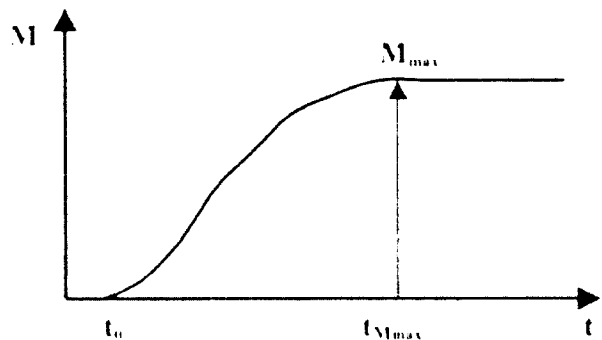
Hình 3.15. Điện cơ muộn (EMD), thời gian từ t_0 , hay thời gian xuất hiện tín hiệu kích thích điện đến t_s - thời gian giải phóng lực đầu tiên, U- tiềm năng hoạt động của cơ (hưng phấn), F- lực cơ

Kỹ thuật đo tín hiệu EMG cũng ảnh hưởng đến kết quả thu được. Cần lưu ý một số yếu tố như: 1) khoảng cách giữa các điện cực (càng gần thì mối quan hệ càng mạnh), 2) Đặc tính của bộ khuếch đại tần số 3) vị trí điện cực ở bụng cơ, 4) điện trở của da, 5) độ dày lớp mỡ dưới da, 6) khoảng cách với những cơ lớn khác, 7) nhiệt độ của cơ, 8) trạng thái cơ thể.

3.7 Lực cơ là một hàm của thời gian

Trả lời các kích thích đối với cơ là sự căng cơ. Nếu thực hiện cơ cơ tĩnh lực (isometric), thì sự căng cơ không làm thay đổi độ dài của cơ. Sự căng cơ tăng lên sẽ được thể hiện bằng sự tăng lực tác động của cơ đến xương tại điểm bám, làm xuất hiện mômen lực (thông qua trục của khớp) mà có thể đo được giá trị của nó một cách tương đối dễ dàng. Các nguyên tắc đo lường sẽ được mô tả trong chương 4. Kết quả của phép đo như vậy là giá trị mômen lực của cơ (hay nhóm cơ) như một hàm của thời gian đã qua, được giới thiệu ở hình 3.16. Đường cong trong hình 3.16 cho thấy, mômen lực cơ tăng từ 0 đến giá trị tối đa ban đầu một cách dễ dàng, sau đó

tăng nhanh và cuối cùng ở pha kết thúc, tốc độ tăng lực giảm dần và trở về giá trị 0 khi đường cong đạt đến tối đa (M_{max}).



Hình 3.16. Đường biểu diễn mômen lực là một hàm của thời gian

Từ đường biểu diễn mômen lực ở hình 3.16 ta thấy rằng khi giải phóng một lực tối đa, cơ bắp cần phải có một thời gian nhất định, ngay cả khi nó đã rất ngắn theo nghĩa thông thường. Thời gian từ t_0 đến t_{max} có thể khá đa dạng, ví dụ, từ 0,15s (các cơ gấp khuỷu) đến 0,5s hoặc hơn nữa (các cơ duỗi gối). Điều đó phụ thuộc, như ta đã biết, vào nhóm cơ và loại cơ, vào nhiệt độ hiện tại của cơ, thành phần các sợi (xem chương 2), đồng thời phụ thuộc vào cường độ kích thích, vào loại sợi (loại IIA), qua đó có thể phản ánh trình độ tập luyện.

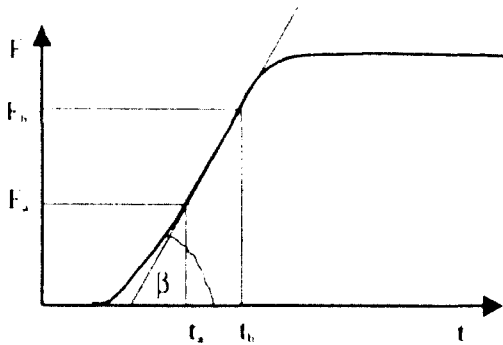
Giai đoạn đầu của tăng lực cơ (từ t_0)

Do cấu trúc không gian của các sợi trong một cơ lớn ở các khu vực không giống nhau, vì thế tín hiệu kích thích (dẫn truyền với tốc độ cố định) không đến được tất cả các sợi cơ cùng một lúc, mà bằng các con đường khác nhau. Nghĩa là, các sợi thuộc đơn vị vận động gần nguồn tín hiệu kích thích nhất sẽ được kích thích trước tiên còn những nơi ở xa nguồn kích thích nhất sẽ được kích thích sau cùng. Hiện tượng đó được thể hiện bằng sự "mờ đi" trong thời gian phản ứng của các cơ đối với sự kích thích, do đó tốc độ tăng của lực cơ trong giai đoạn đầu là tương đối nhỏ.

Thời kỳ tăng nhanh lực

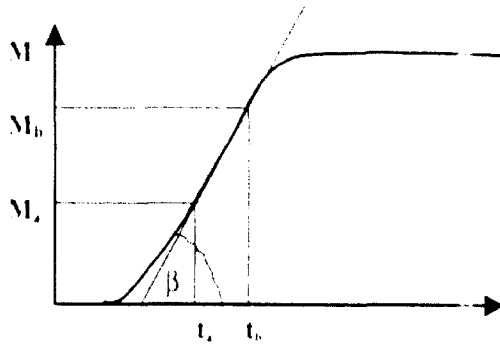
Đây là phần lý thú nhất của đường cong lực cơ trong hàm thời gian, có khả năng nhanh chóng sinh ra lực. Giá trị này thường được mô tả bằng gradient (là một loại thang độ trong vật lý), tức là độ dốc của đường cong lực trong mối tương quan với trục thời gian-một tham số đại diện cho tốc độ tăng trung bình của nó. Gradient lực là tỷ lệ tăng lực giữa điểm F_a và F_b đối với thời gian ($t_b - t_a$).

$$G = \frac{\Delta F}{\Delta t} = \frac{F_b - F_a}{t_b - t_a}$$



$$G_F = \frac{F_b - F_a}{t_b - t_a} = \text{tg}\beta$$

Hình 3.17. Lực cơ (F) trong hàm thời gian (t); Xác định Gradient của lực cơ



$$G_M = \frac{M_b - M_a}{t_b - t_a} = \text{tg}\beta$$

Hình 3.18. Mômen lực cơ M = f(t). Gradient của mômen lực

Hai hình 3.17 và 3.18 chỉ khác nhau ở ký hiệu: ở hình 3.17 là lực F, còn hình 3.18 là mômen lực M. Trên thực tế trong tình trạng bất động, ta có thể đo mômen lực và sau đó xác định gradient là tỷ lệ tăng mômen lực đối với thời gian diễn ra (tăng lên).

Đoạn thứ ba là bão hòa nhẹ và ổn định mức độ lực

Như đã đề cập, để tăng giá trị mômen lực cơ lên mức tối đa cần thời gian từ 0,2- 0,5s. Trong một số trường hợp, đường cong trong trường hợp này không cho phép xác định chính xác giá trị tối đa và thời gian thu được của nó. Trong trường hợp này, người ta cho rằng, nên sử dụng 90% M_{\max} thay vì M_{\max} , điều đó cho phép giảm mức độ không đều của đường biểu diễn và chỉ số $t_{M_{\max}}$ đáng tin cậy hơn. Theo dõi sự suy giảm trị số mômen lực đang gia tăng có thể là một vấn đề riêng biệt, diễn ra sau một thời gian nhất định như một hệ quả biểu hiện sự mệt mỏi của sự căng cơ tĩnh lực tối đa.

Đường cong biểu diễn $F = f(t)$ viết dưới dạng toán học, thích ứng với tình trạng bị phụ thuộc khác nhau. Fidels viết phương trình đường cong theo dạng hàm số mũ như sau:

$$F(t) = F_{\max}(1 - e^{-kt}) \quad \text{hoặc} \quad M(t) = M_{\max}(1 - e^{-kt})$$

Trong đó:

$F(t)$ – giá trị tức thời của lực cơ, hoặc $M(t)$ – giá trị tức thời của mômen lực

F_{\max} – giá trị tối đa của lực cơ, hoặc M_{\max} – giá trị tối đa của mômen lực

e – cơ số logarit tự nhiên

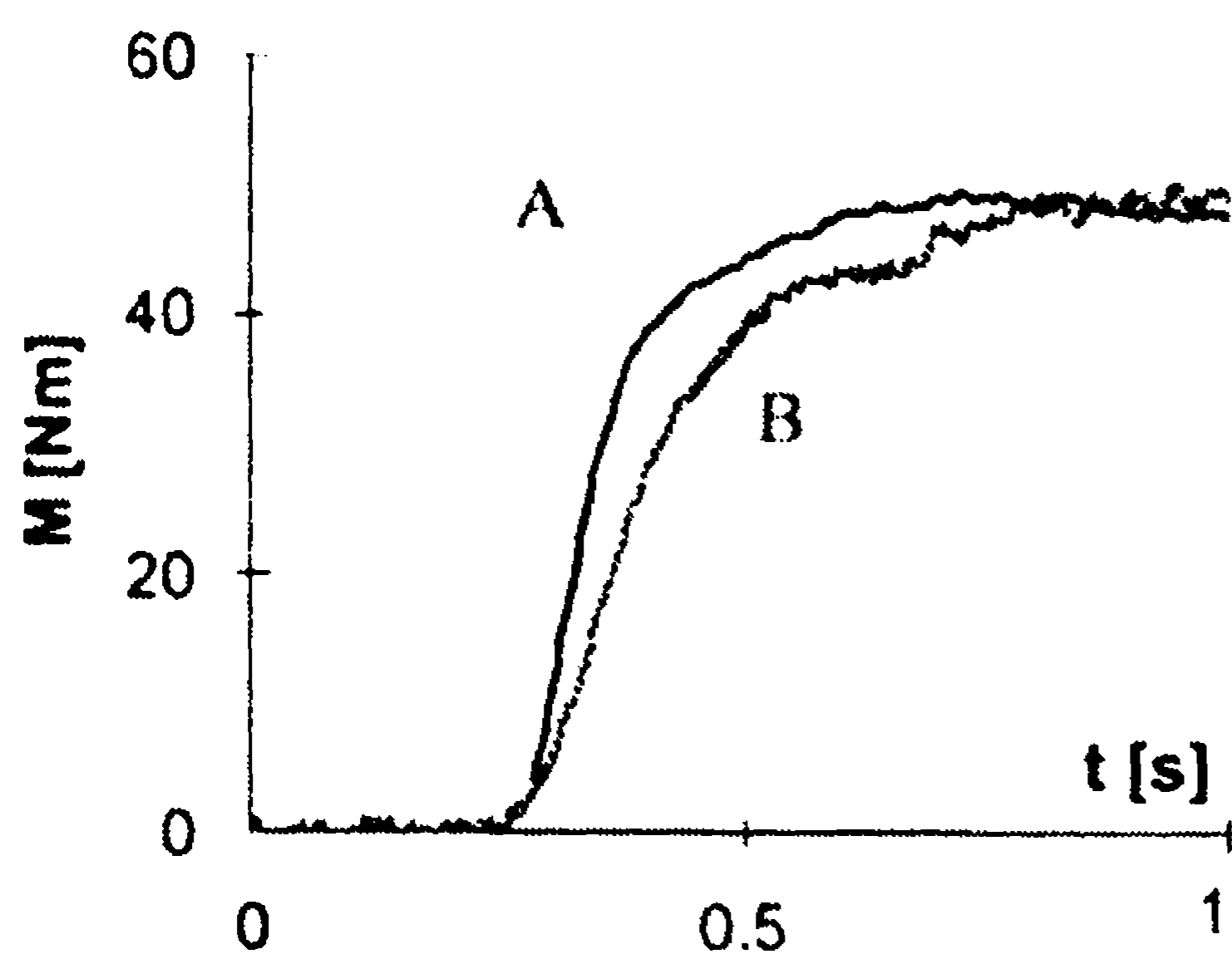
k – hằng số đặc trưng cho sự tăng nhanh của lực (còn gọi là gradient)

Động lực gây ra lực cơ có thể được mô tả bằng cách sử dụng "gradient mômen lực", đó là thước đo tốc độ tăng trung bình của nó.

Kết luận phản ánh lực cơ (tĩnh) là một hàm thời gian có thể thấy rằng, cần quan tâm đến hai khía cạnh:

- 1) Sử dụng phép đo để so sánh sức mạnh của những cá nhân khác nhau.
- 2) So sánh động lực đạt đến mômen lực tối đa hoặc mức độ cụ thể của nó (M_{\max} ; 50% M_{\max} , thời gian đạt được giá trị lực này $t_{M_{\max}}$) ở những cá nhân khác nhau.

Trong hình 3.19 cho thấy ví dụ về $M = f(t)$ của hai cá nhân, mỗi người đều huy động "sức mạnh" tối đa của mình, nhưng ở cá nhân A có động lực phát triển sức mạnh lớn hơn. Các phép đo như vậy có thể được sử dụng cho vận động viên. Ví dụ, vận động viên A và B có "sức mạnh" tối đa là như nhau, họ có thể đạt được kết quả như nhau trong môn cử tạ - khi bỏ qua tất cả các yếu tố khác. Nhưng vận động viên A sẽ có kết quả tốt hơn vận động viên B trong môn judo, vì sẽ đạt được "sức mạnh" tối đa (mômen lực) trong thời gian ngắn hơn, hoặc là anh ta có thể xác định được lượng lực hữu ích cần huy động.



Hình 3.19. Sức mạnh tĩnh của các cơ gấp khuỷu (M) với hàm thời gian (t). So sánh kết quả của hai cá nhân có giá trị mômen lực tối đa giống nhau, nhưng gradient khác nhau.

3.8. Lực cơ là một hàm của tốc độ; công suất của cơ

Cơ vân trong hệ vận động của con người giữ vai trò như thiết bị truyền động đến các phân đoạn cơ thể. Chức năng này được thực hiện nhờ cơ có khả năng chủ động thay đổi chiều dài, đồng thời tạo ra lực truyền đến xương như một dạng đòn bẩy, nhờ đó có thể làm chuyển động các phân đoạn cơ thể tương đối với nhau và tác

động ra môi trường ngoài của hệ vận động tạo ra lực phản xạ. Cả hai tính năng - thay đổi chiều dài và tạo ra lực - chỉ ra rằng, cơ vân có khả năng thực hiện một công cơ học. Điều này diễn ra nhờ sự thay đổi điện hóa học xảy ra trong cơ khi bị kích thích, trong đó năng lượng hóa học biến đổi thành năng lượng cơ học. Do đó, có thể coi cơ vân như một máy phát năng lượng.

3.8.1. Lực và tốc độ cơ cơ

Tốc độ biến đổi năng lượng diễn ra trong cơ vân có giá trị hữu hạn (chẳng hạn như bị giới hạn bởi: sự truyền dẫn năng lượng hóa học, dạng phản ứng hóa học, trọng lượng cơ, nhiệt độ của cơ v.v...) do đó, công suất lớn nhất sinh ra từ cơ là có giới hạn, không vượt quá một giá trị giới hạn nhất định. Công suất được định nghĩa là tỷ lệ công với thời gian mà tại thời điểm đó đã thực hiện:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad (3.7)$$

Trong đó:

P - công suất trung bình trong thời gian Δt

ΔW - công thực hiện trong thời gian Δt

Δt - khoảng thời gian tiến hành

Công là tích của lực và sự dịch chuyển phù hợp với hướng vectơ lực. Nếu coi hướng của lực cơ và sự thay đổi chiều dài cơ như một sự dịch chuyển – tương tự như công thức trên ta có:

$$\Delta W = F_m \cdot \Delta l$$

Trong đó: F_m - giá trị lực cơ gia tăng trên quãng đường Δl

Δl - sự thay đổi độ dài của cơ

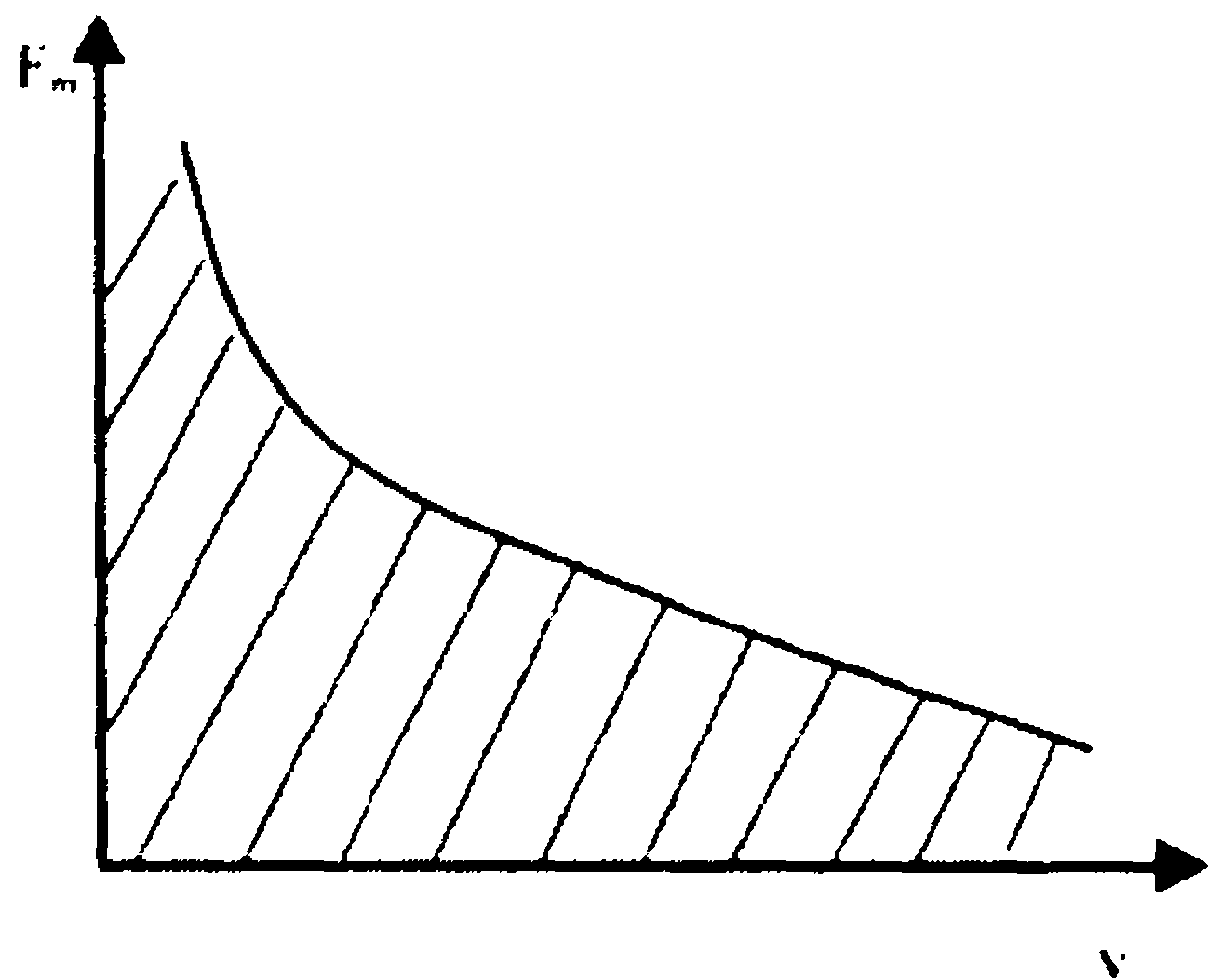
Sau khi thay thế vào (3.7) ta có:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F_m \cdot \Delta l}{\Delta t} = F_m \cdot \frac{\Delta l}{\Delta t} = F_m \cdot v \leq P_{\max} \quad (3.8)$$

Trong đó: $v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$ là tốc độ co rút cơ.

Từ phương trình (3.8) cho thấy rằng, giá trị lực gia tăng của cơ phụ thuộc vào tốc độ co rút của cơ!

Bất đẳng thức: $F_m \cdot v \leq P_{\max}$ xác định vị trí của đường cong $F_m = f(v)$ dưới dạng hyperbol là công suất tối đa của cơ (trong vùng gạch chéo).



Hình 3.20. Đường Hyperbol công suất tối đa của cơ: đường cong $F_m(v)$ nằm trong vùng gạch chéo

Giá trị lực cơ tăng phụ thuộc vào tốc độ co rút của nó, sự tương quan này là tỷ lệ nghịch.

Mối tương quan chặt chẽ của lực cơ trong một hàm tốc độ co rút của nó đã được A.V. Hill giải thưởng Nobel năm 1922 xác định. Qua nghiên cứu công suất gia tăng ở cơ bị cô lập, ông đã tìm ra phương trình (được gọi là phương trình Hill) mô tả mối tương quan của lực cơ với tốc độ co rút của chúng:

$$(F_m + a)v = (F_{\max} - F_m)b$$

hoặc:

$$(F_m + a)(v + b) = (F_{\max} + a)b = \text{const}$$

trong đó:

F_m - lực gia tăng bởi cơ co rút tại tốc độ v

v_c - tốc độ co rút của cơ

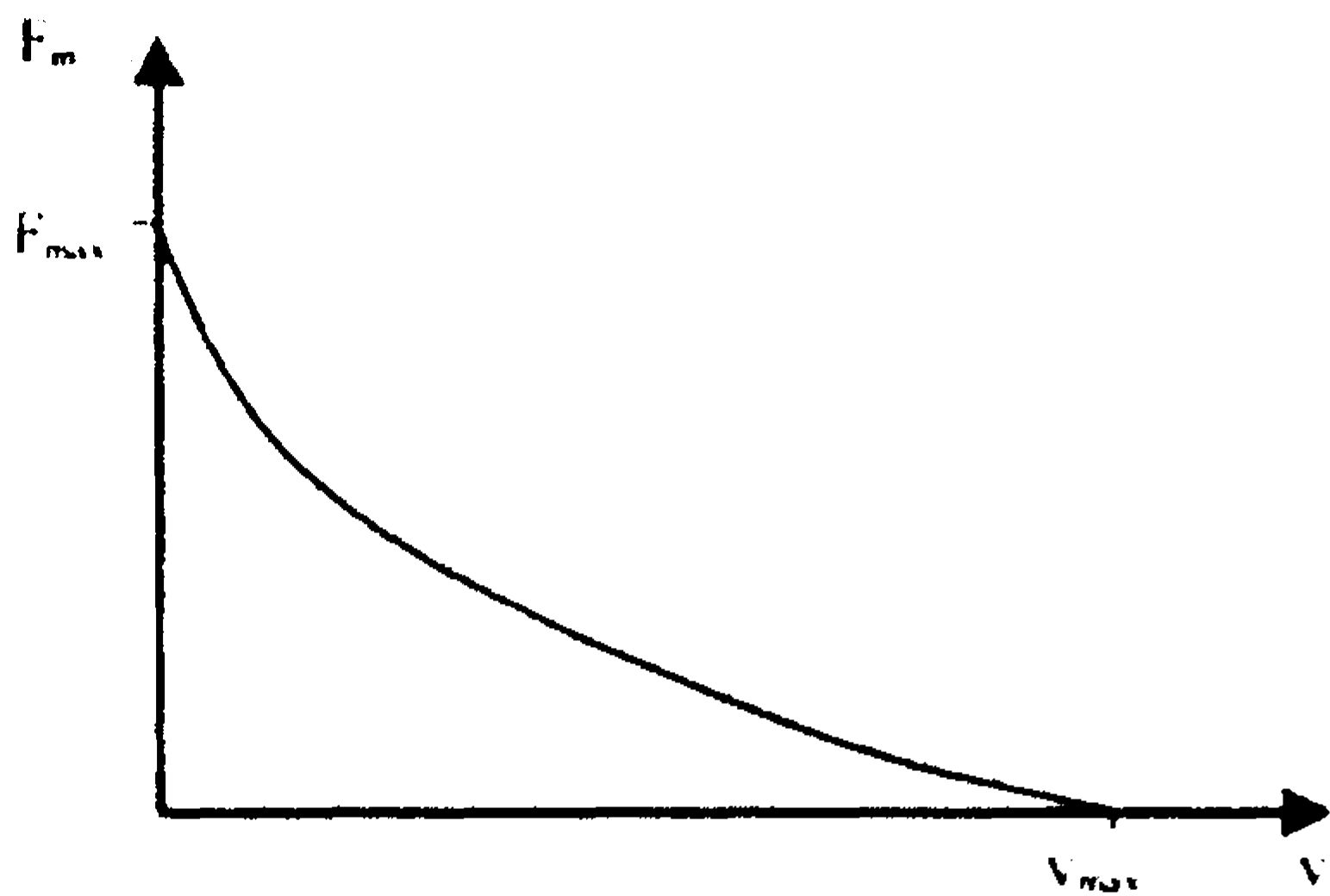
a - không đổi, đặc trưng cho cơ về giá trị phụ thuộc như vào nhiệt độ của cơ, liên quan với sức cản bên trong,

b - không đổi, phụ thuộc vào độ dài và nhiệt độ của cơ

F_{\max} - giá trị tối đa của lực gia tăng của cơ (diễn ra khi tốc độ co rút $v = 0$)

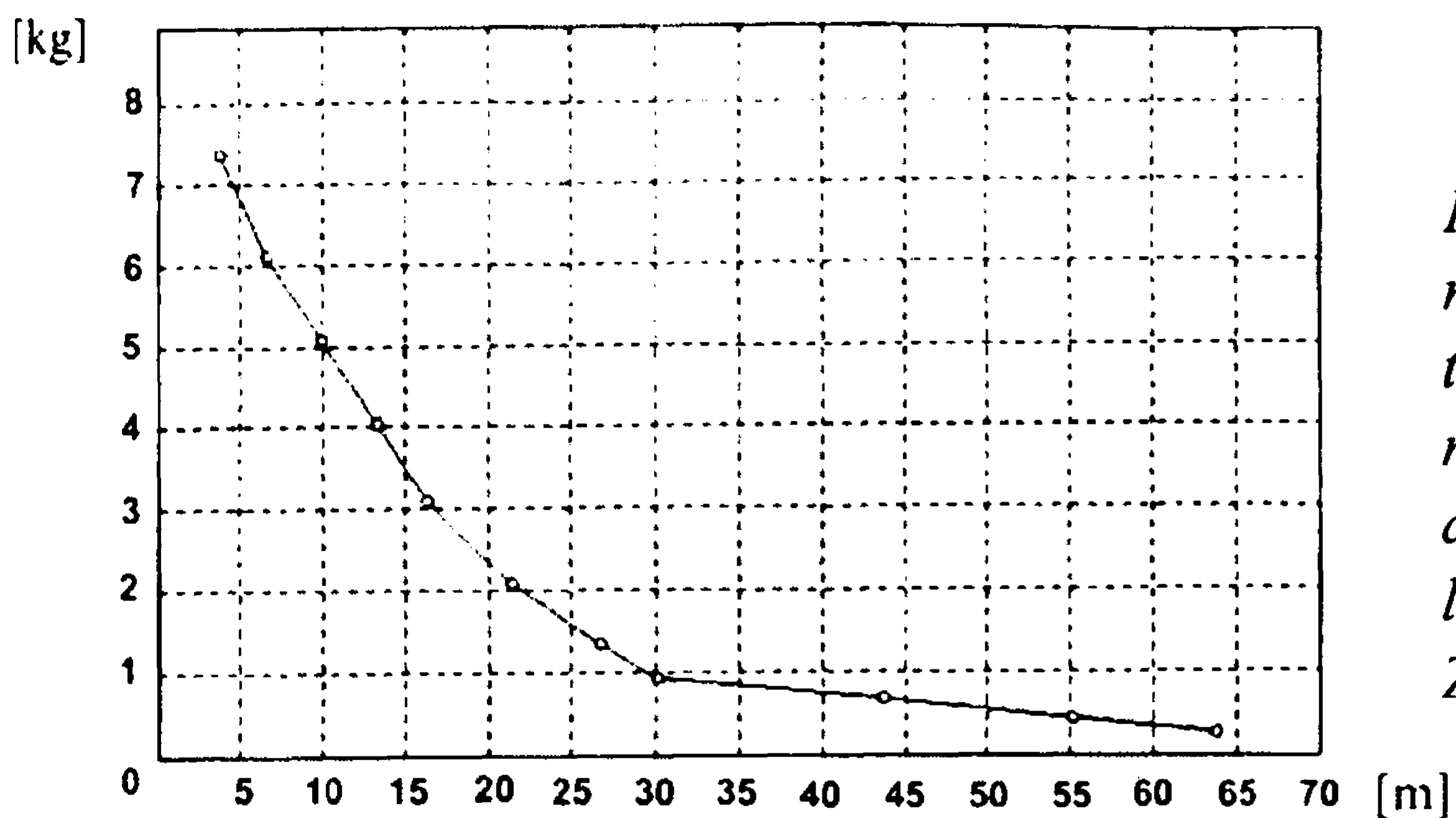
Đây là phương trình dịch chuyển Hill (gọi là đường cong đặc trưng Hill), được trình bày ở hình 3.21. Dễ dàng nhận thấy rằng, đường cong giao cắt các trục tại điểm có tọa độ $(0, F_{\max})$ và $(v_{\max}, 0)$. Điều này có nghĩa rằng cả hai yếu tố lực tối đa cũng như tốc độ co rút tối đa của cơ có giới hạn ở một giá trị tối đa nhất định, đặc

trung cho một cơ nhất định, phụ thuộc vào cấu trúc (ví dụ như thành phần sợi cơ), nhiệt độ... của nó.



Hình 3.21. Đường cong đặc trưng "Hill" biểu thị mối quan hệ $F_m = f(v)$

Đường biểu diễn hyperbol ở hình 3.21 thể hiện mối quan hệ giữa lực và tốc độ được giải thích như sau: lực của cơ tăng lên giá trị lớn nhất (tối đa) khi tốc độ co rút $v = 0$. Khi tốc độ co rút của cơ lớn nhất sẽ thể hiện một lực tác động ra bên ngoài bằng 0. Để dễ hiểu hơn về mối quan hệ giữa hai yếu tố này, có thể tiến hành thực nghiệm hoặc tự hình dung rằng, tốc độ co rút của cơ được xác định bằng tốc độ thay đổi góc hoạt động ở khớp (điều này là rõ ràng). Ví dụ, đuôi là hoạt động khắc phục của những cơ đuôi và là nhượng bộ của những cơ gấp, lực gây ra ở những cơ này bằng với lực cản bên ngoài. Nếu như ném những quả bóng có trọng lượng khác nhau, thì với quả bóng nhỏ sẽ bay xa hơn (lực cản nhỏ đòi hỏi ít lực cơ). Bóng bay xa cũng có nghĩa là vận tốc của bóng lớn, điều đó chứng tỏ tốc độ co rút của cơ lớn. Khi ném quả bóng có trọng lượng càng lớn, thì khoảng cách điễm rơi của bóng càng nhỏ. Bóng nặng - quán tính lớn- tạo ra lực cản lớn, đòi hỏi sử dụng lực cơ lớn hơn. Tất nhiên trong trường hợp này, tốc độ bay thấp vì tốc độ hoạt động của khớp nhỏ, do đó tốc độ co rút của cơ cũng giảm.



Hình 3.22. Nguyên tắc tỷ lệ nghịch tương ứng của lực và tốc độ (co rút) của cơ, được minh họa bằng những thiết bị dự báo từ xa của các trọng lượng khác nhau (theo V.M. Zatsiorsky 1970)

Những nhận xét này có thể tìm thấy ở kết quả thí nghiệm do V.M.Zatsiorsky thực hiện, được thể hiện trong hình 3.22. Tốc độ co rút của cơ bằng 0 xảy ra khi lực cản quá lớn, lúc đó quả bóng sẽ không rời khỏi vị trí, nhưng lực tác động khi đó là

tối đa. Do không di chuyển, tức là lực tối đa được sinh ra trong điều kiện tĩnh lực, hoạt động của cơ ở chế độ co đẳng trường. Lưu ý: có thể có trường hợp lực cơ là tối đa, còn tốc độ thì bằng 0, nhưng không có trường hợp ngược lại, nghĩa là tốc độ co cơ tối đa còn lực thì bằng 0. Chúng ta luôn phải khắc phục một lực cản nào đó, ít nhất là lực quán tính của các phân đoạn cơ thể, nơi mà từ đó sinh ra lực (lực cản bên trong và lực ma sát khi khớp hoạt động, các lực quán tính v.v...).

3.8.2. Công suất của cơ thể hiện trong phương trình Hill

Từ những kết quả phân tích đã nêu, ta biết rằng sự phụ thuộc của lực cơ với tốc độ co rút của nó gắn liền với công suất của cơ. Khi phân tích đường cong Hill, dễ dàng nhận thấy rằng, công suất của cơ tăng lên khi hoạt động ở chế độ co tĩnh lực (nghĩa là sinh ra lực tối đa) và có giá trị bằng 0. Đối với công suất cơ giảm do tốc độ co đạt đến tối đa cũng diễn ra tương tự (bằng 0). Như vậy có nghĩa là, trong cả hai trường hợp diễn ra ở hai cực, công suất (và cả công) hữu ích của cơ bằng 0.

Còn đối với giá trị tốc độ co rút trung bình thì lực cơ và tốc độ lớn hơn 0, nghĩa là, đường cong mô tả sự di chuyển công suất cơ đối với tốc độ là vô cùng (cực hạn), tức là đối với giá trị v nhất định, công suất cơ tăng lên đến tối đa. Nói cách khác, công hữu ích của cơ phụ thuộc vào tốc độ co rút của nó, và giá trị tối đa của cơ tăng lên bởi tốc độ co rút v_m nhất định. Tốc độ này có thể được xác định bằng cách tìm hàm số cực đại $P = f(v)$, cần nhớ rằng, đạo hàm của số cực hạn thì bằng 0:

$$P = P(v) = F(v) \cdot v$$

$$P = P_{\max}, \quad \text{mà} \quad \frac{dP}{dv} = 0, \quad v = v_m$$

Trong đó:

P - công suất cơ học tăng lên do hoạt động của cơ

$F(v)$ - hàm số biểu diễn sự phụ thuộc của lực cơ với tốc độ co rút (phương trình Hill)

$\frac{dP}{dv}$ - đạo hàm của hàm số $P(v)$ với tốc độ tương đối

P_{\max} - công suất cơ học tối đa tăng lên bởi hoạt động của cơ

v - tốc độ co rút của cơ

v_{\max} - giá trị tốc độ co rút của cơ khi công suất tăng lên tối đa:

$$\frac{dP}{dv} = \frac{d}{dv} [F(v) \cdot v] = \frac{d}{dv} \left[\frac{F_{\max} \cdot b - av}{b+v} \cdot v \right] = \frac{(F_{\max} + a) \cdot b^2 - a(v+b)^2}{(v+b)^2}$$

Vi công suất tối đa của cơ $P = P_{\max}$ thu được đối với:

$$\frac{dP}{dv} = 0 \quad \text{mà } v = v_m,$$

Do:

$$\frac{(F_{\max} + a) \cdot b^2 - a(v_m + b)^2}{(v_m + b)^2} = 0$$

Từ đó:

$$v_m = b \left[\sqrt{\frac{F_{\max}}{a} + 1} \right] - 1$$

Phần lớn cơ vân có tỷ lệ $\frac{F_{\max}}{a} = \frac{v_{\max}}{b} = 4$, nên cuối cùng chúng ta có:

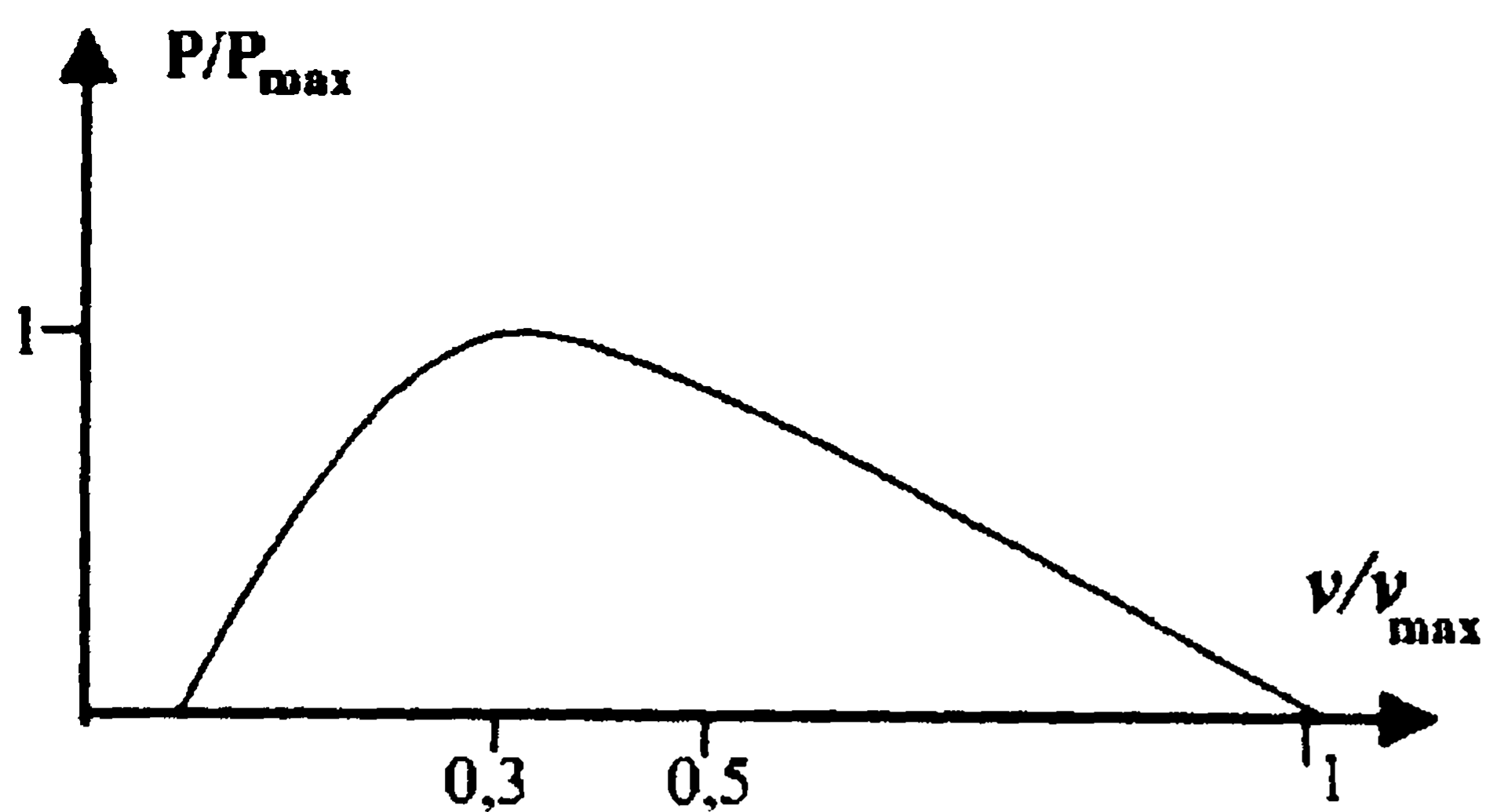
$$v_m = \frac{v_{\max}}{4} \sqrt{5} - 1 \approx 0,31 v_{\max}$$

Như vậy chúng ta có thể kết luận rằng, cơ vân gia tăng giá trị công suất tối đa P_{\max} khi tốc độ co rút khoảng 0,31 tốc độ co rút tối đa v_{\max} (xem hình 3.23). Giá trị công suất có được trong trường hợp này bằng:

$$P_{\max} = F v_m \cdot v_m = \frac{F_{\max} \cdot b - a v_m}{b + v_m} \cdot v_m = \frac{F_{\max} \cdot b - 0,31 v_{\max}}{b + 0,31 v_{\max}} \cdot 0,31 v_{\max} =$$

$$= \frac{F_{\max} \cdot b - 0,31 F_{\max} \cdot b}{b + 0,31 v_{\max}} \cdot 0,31 v_{\max} = F_{\max} \cdot \frac{\frac{v_{\max}}{4} - 0,31 \frac{v_{\max}}{4}}{\frac{v_{\max}}{4} + 0,31 v_{\max}} \cdot 0,31 v_{\max} =$$

$$= F_{\max} \cdot v_{\max} \frac{1 - 0,31}{1 + (4 \cdot 0,31)} \cdot 0,31 = F_{\max} \cdot v_{\max} \cdot \frac{0,2139}{2,24} = \boxed{0,095 F_{\max} \cdot v_{\max}}$$



Hình 3.23. Mối quan hệ không thứ nguyên của công suất tối đa với tốc độ co rút của sợi cơ

Bảng 3.3. Các thông số của phương trình Hill đối với cơ rộng ngoài của đùi

Các thông số	Cơ có thành phần chủ yếu là các sợi cơ chậm I (SO)	Cơ có thành phần chủ yếu là các sợi cơ nhanh IIB (FG)
Thiết diện sinh lý (cm ²)	50	50
Độ dài sợi lúc nghỉ l_0 (cm)	12	12
a [N]	375	375
b [cm/s]	18	48
v_{\max} [m/s]	0,72	1,92
F_{\max} [N]	1500	1500
P_{\max} [W]	102,6	273,6

Bảng 3.3 liệt kê giá trị các loại thông số của phương trình Hill đối với cơ rộng ngoài của đùi ở hai trường hợp: những sợi cơ chậm (I) chiếm ưu thế và những sợi cơ nhanh (IIB) chiếm ưu thế. Cần lưu ý rằng, hai cơ này có cùng kích thước (thiết diện sinh lý, độ dài sợi) và tại cùng một giá trị lực tối đa, nhưng tốc độ co rút của sợi cơ khác nhau cho nên công suất tối đa P_{\max} cũng có sự khác biệt đáng kể. So sánh các giá trị của hằng số a và b chúng ta nhận thấy rằng, đối với cơ có thành phần chủ yếu là sợi cơ nhanh IIB thì hằng số b có giá trị lớn hơn, trong khi hằng số a ở cả hai loại cơ là như nhau; những thông số về khối lượng và nhiệt độ đều giống nhau ở cả hai loại.

3.9. Năng lượng đàn hồi

Trong mục 3.3 nói về mối quan hệ của lực cơ với độ dài của nó (khi giãn), và phân biệt hai thành phần chính của lực cơ: thành phần chủ động và bị động. Sự tồn tại của thành phần thụ động của lực cơ luôn gắn kết với cấu trúc của cơ và tính chất vật lý của những mô tạo nên chất liệu chủ yếu của bắp cơ như: mô gân, cân, dây chằng và cả các sợi cơ. Nguyên nhân gây nên biến dạng của cơ, ví dụ như kéo giãn cơ, nhất thiết cần phải sử dụng một lực nhất định. Sự biến dạng này vẫn được duy trì cho đến khi cơ còn chịu một lực tác động, nhưng sau khi lực tác động chấm dứt, cơ

lại trở về độ dài ban đầu (nếu cơ không bị kích thích thì đó là chiều dài lúc nghỉ ngơi l_0). Điều này có nghĩa là, sự biến dạng của cơ không có tính bền vững, mà mang dấu hiệu biến dạng đàn hồi. Xin lưu ý rằng, tính chất đàn hồi không chỉ có ở cơ, mà còn ở những mô khác như gân, dây chằng và các thành phần thụ động khác. Ví dụ, gân cơ khi chịu một lực tác động có thể kéo dài ra khoảng 4% so với độ dài ban đầu.

Kéo giãn các thành phần đàn hồi sẽ tạo ra việc dự trữ một dạng năng lượng đối với việc trở về vị trí ban đầu sau khi chấm dứt lực gây biến dạng. Điều này phù hợp với khái niệm về đàn hồi: vật chất đàn hồi có thể phục hồi hình dáng và khối lượng ban đầu sau khi ngừng lực tác động cơ học gây nên biến dạng. Đơn vị đo tính chất đàn hồi của vật là *độ cứng*. Nó được định nghĩa là tỷ lệ giữa độ lớn của thành phần gây nên biến dạng (lực, mômen lực) và mức độ biến dạng của vật (kéo giãn, nén v.v...).

$$K_l = \frac{\Delta F}{\Delta l}, \quad K_a = \frac{\Delta M}{\Delta \alpha}$$

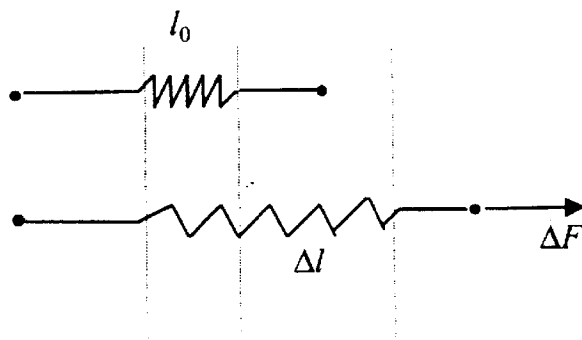
Trong đó:

K_b, K_a - hệ số độ cứng (hay hệ số đàn hồi)

$\Delta F, \Delta M$ - lực, mômen lực gây ra sự biến dạng

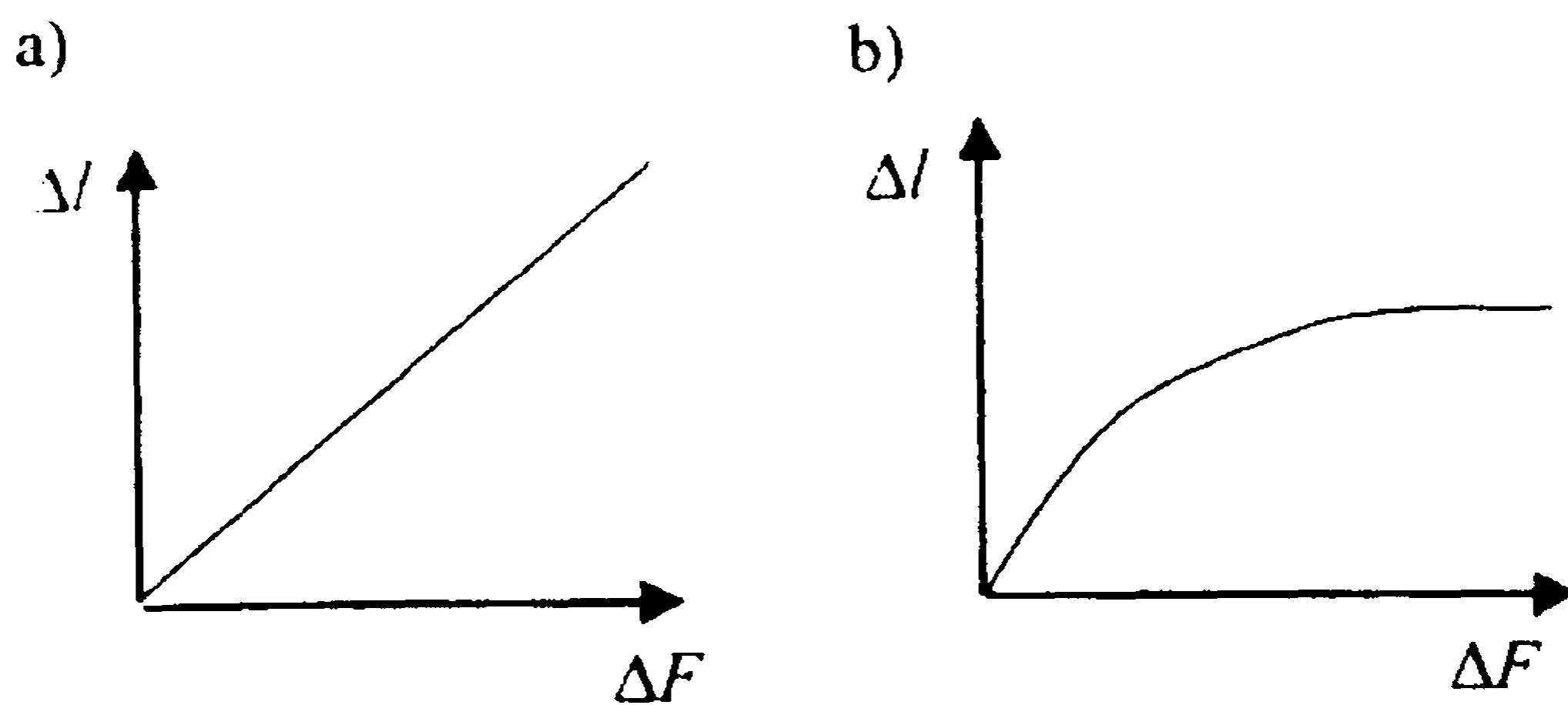
$\Delta l, \Delta \alpha$ - giá trị của độ lệch (biến dạng) tuyến tính, độ lệch góc

Trong biến dạng đàn hồi, chúng ta hãy xem xét một ví dụ về sự biến dạng của lò xo (Hình 3.24).



Hình 3.24. Mức độ biến dạng của lò xo Δl phụ thuộc vào lực ΔF

Độ dài ban đầu của lò xo luôn được duy trì ở mức l_0 . Để kéo dài đến mức Δl , cần sử dụng lực ΔF . Tỷ lệ $\Delta F/\Delta l$ được gọi là *độ cứng* của lò xo. Chỉ số này càng lớn, lò xo càng khó bị biến dạng, nghĩa là để kéo dài nó cần phải sử dụng một lực lớn. Lò xo có thể có các đặc tính tuyến tính hoặc không. Đối với loại lò xo tuyến tính, xuất hiện tình trạng cân xứng giữa giá trị lực và sự biến dạng của nó gây ra trên toàn bộ chiều dài, nghĩa là không phụ thuộc vào mức độ kéo dài (Hình 3.25a).



Hình 3.25. Đặc tính tuyến tính (a) và không tuyến tính (b) của lò xo

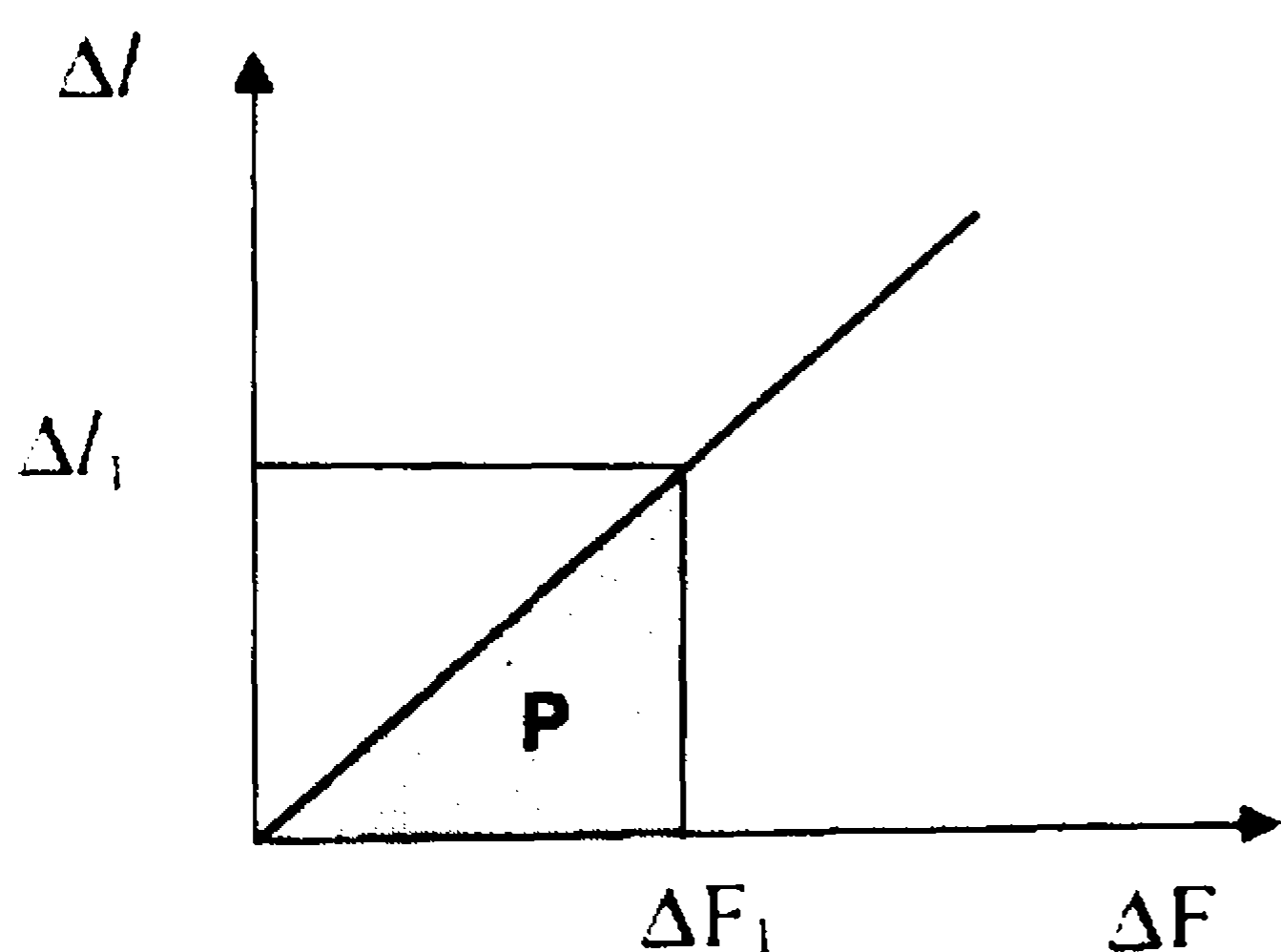
Để kéo giãn lò xo tới giá trị Δl cần sử dụng một lực ΔF . Do tính chất của lò xo cho thấy rằng, lực đàn hồi của nó phụ thuộc vào mức độ kéo giãn, nghĩa là lực được sử dụng trong thời gian kéo giãn sẽ làm tăng độ dài từ 0 cho đến giá trị cuối cùng ΔF (Hình 3.26). Đồng thời lò xo sẽ bị kéo giãn và đạt đến giá trị cuối cùng của sự biến dạng Δl . Sau đó lực biến dạng của lò xo sẽ thực hiện một công cơ học có giá trị:

$$W_1 = \frac{1}{2} K \cdot \Delta l_1^2$$

Nếu chúng ta giả định rằng, sự biến dạng này không có hao tổn (do lực ma sát, lực cản, trọng lực...), thì chúng ta thừa nhận rằng biến dạng của lò xo tập trung được một năng lượng đàn hồi tiềm tàng bằng giá trị công sử dụng gây nên biến dạng. Từ hình 3.26 cho thấy, đối với lò xo có đặc tính tuyến tính, năng lượng này có tỷ lệ với bình phương với độ giãn Δl . Nghĩa là, sự biến dạng đến một độ dài nhất định (Δl) của nó đòi hỏi phải sử dụng một lực ΔF và kèm theo đó là sự tích lũy một phần năng lượng cơ học nhất định.

Nghịch đảo với độ cứng là độ dẻo C :

$$C = \Delta l / \Delta F \quad \text{hoặc} \quad C_\alpha = \Delta \alpha / \Delta M.$$

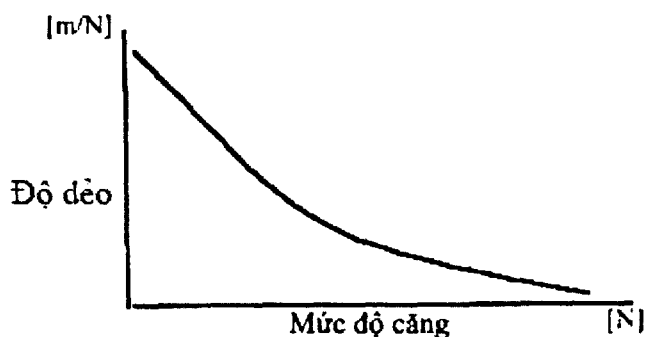


$$K = \frac{\Delta F_1}{\Delta l_1} \Leftrightarrow \Delta F_1 = K \cdot \Delta l_1$$

$$P = W_1 = \frac{1}{2} \Delta F_1 \cdot \Delta l_1 = \frac{1}{2} K \cdot \Delta l_1^2$$

Hình 3.26. Công cơ học W_1 được sử dụng để kéo giãn lò xo. Diện tích P trong khoảng $\Delta l = f(\Delta F)$ thể hiện trị số công sử dụng để làm biến dạng lò xo

Đồ họa đặc tính độ dẻo của cơ được trình bày như ở hình 3.27. Mặc dù sự gia tăng về độ dài của cơ Δl có thể rất lớn, nhưng tính trên một đơn vị lực lại là nhỏ. Ngược lại, khi sức căng nhỏ có thể đạt đến sự thay đổi độ dài tương đối lớn của cơ trên một đơn vị lực. Biểu đồ này cho thấy, độ dẻo của cơ phụ thuộc vào mức độ giãn và những kích thích hiện tại của cơ. Sự căng cơ sẽ làm tăng độ cứng và tăng khả năng tích lũy năng lượng đàn hồi, còn khi cơ thả lỏng thì độ dẻo lớn, do đó, đặc tính của nó là phi tuyến tính. Kéo giãn lò xo, ví dụ đến Δl , sẽ sinh ra một lực nhất định ΔF , lực này sẽ mất đi sau khi loại bỏ tác động kéo. Cơ vân không giống như lò xo, cơ có khả năng tích lũy và phục hồi năng lượng đàn hồi (năng lượng trao đổi chất cơ sờ), sẽ được đề cập dưới đây.



Hình 3.27. Sơ đồ mối quan hệ giữa độ dẻo của cơ và mức độ căng cơ (khi căng ít, cơ dễ bị biến dạng: có sự thay đổi lớn về độ dài của cơ trên một đơn vị lực; đối lập với khi căng mạnh)

Gân cơ hoạt động như một cấu trúc đàn hồi phi tuyến tính. Nghĩa là độ cứng của gân không phải là một giá trị cố định, mà phụ thuộc vào mức độ kéo giãn của nó: tăng cùng với mức kéo giãn đến Δl . Nói cách khác, tăng lực kéo giãn của gân đến một giá trị cố định ΔF , chiều dài của gân sẽ tăng lên ít hơn. Gân là thành phần chính của NT - thành phần đàn hồi nối tiếp (xem mục 3.3), có khả năng bảo toàn năng lượng (đàn hồi), và phục hồi trở lại khi lực của nó bị cạn kiệt. Năng lượng này (nếu bỏ qua sự hao tổn) bằng:

$$W_s = \int_{l_1}^{l_2} F_{zew} dl_s$$

Trong đó:

W_s - công thực hiện trong thời gian kéo dài gân.

F_{zew} - lực kéo dài gân.

dl_s - mức độ thay đổi chiều dài gân.

l_1, l_2 - độ dài của gân trước và sau khi kéo giãn (kéo dài).

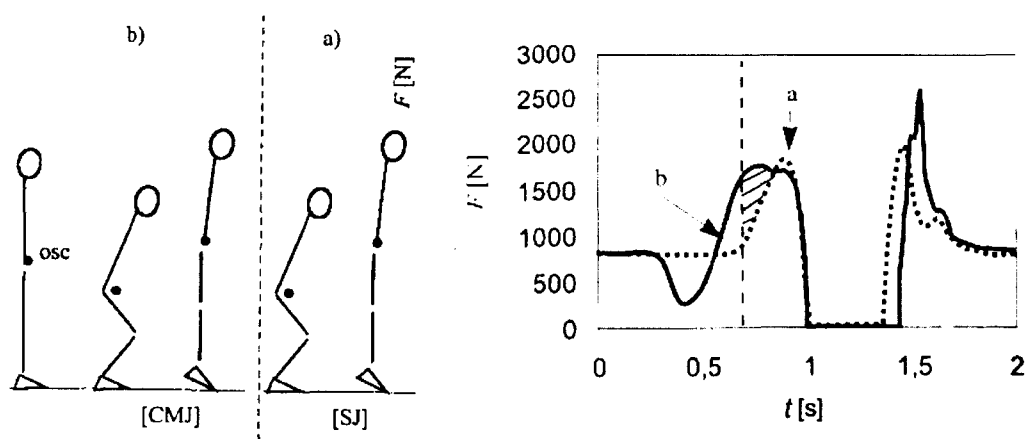
Kéo giãn gân diễn ra lúc cơ co ở chế độ nhượng bộ (ly tâm), lúc đó lực bên ngoài kéo dài hệ thống gân cơ đến một độ dài nhất định. Cần nhớ rằng, hoạt động nhượng bộ của cơ có khả năng đáp ứng một lực lớn hơn so với hoạt động tĩnh lực, và lớn hơn rất nhiều so với hoạt động khắc phục (hướng tâm) (xem „chu kỳ kéo giãn - co cơ”, chương 2, và „mối quan hệ lực - tốc độ”). Ảnh hưởng ban đầu đến việc kéo giãn cơ, bao gồm cả bụng và gân cơ đối với hiệu quả tăng công cơ học trong lúc co là do những cơ chế sau đây:

- 1) Giải phóng năng lượng bổ sung, tức là năng lượng đàn hồi.
- 2) Kích thích đơn vị vận động của cơ, hình thành nên các thụ thể (receptor) cảm giác với tác động kéo giãn cơ.

3.9.1. Sử dụng năng lượng đàn hồi trong các hoạt động vận động của con người

Để minh họa cho vấn đề này, chúng ta tham khảo một ví dụ về giậm nhảy tại chỗ. Tư thế ban đầu có thể ở tư thế ngồi khụy gối nhằm tập trung lực để hướng chuyển động lên trên. Cũng có thể thực hiện ở tư thế và mức độ khác nhau như: giậm nhảy theo cách khụy gối cao tự nhiên hay thực hiện bước đầu tiên ở tư thế khụy gối thấp – như tư thế lấy đà - rồi từ đó bật trực tiếp lên trên.

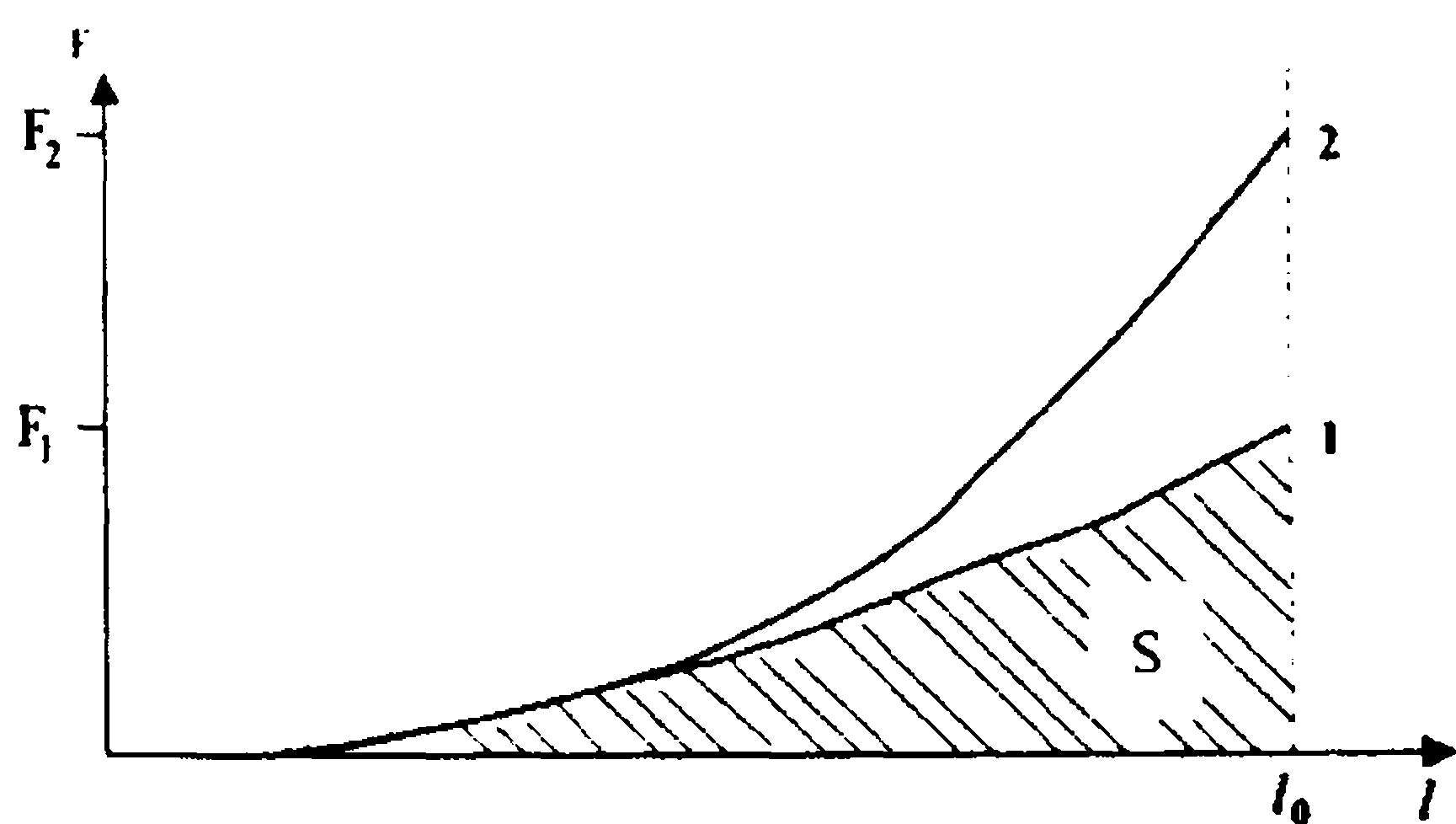
Trên biểu đồ lực kế ghi lại phản lực từ mặt sàn ở hai dạng tư thế ban đầu khác nhau, được thể hiện ở hình 3.28. Đường biểu diễn của lực phản xạ ở tư thế khụy gối cao (SJ) là đường chấm a, còn ở tư thế ban đầu khụy gối thấp (CMJ) là đường liền vạch b.



Hình 3.28. Hai dạng phản lực từ mặt đất theo phương thẳng đứng: a- ở tư thế khụy gối cao (SJ, đường chấm trên đồ thị), b- ở tư thế khụy gối thấp (CMJ, đường vạch liền). Khoảng gạch chéo thể hiện lợi thế của tư thế khụy gối thấp để lấy đà (phản ánh qua lực đẩy)

Đường cong a tăng từ giá trị bằng trọng lượng cơ thể. Đường cong b ban đầu giảm - giảm áp lực lên mặt đất - và sau đó tăng lên nhanh chóng. Bước ngoặt của chuyển động cơ thể (OSC) trên biểu đồ lực kế là đường đứng dọc đứt quãng song song với trục tung. Lưu ý rằng, thời điểm bắt đầu của hai cách thể hiện, giá trị lực ban đầu có sự khác biệt: với tư thế khụy gối cao được bắt đầu từ giá trị lực của trọng lượng cơ thể; ở tư thế khụy gối thấp, lực ban đầu lớn hơn. Do đó, sự chênh lệch về lực đẩy sẽ có lợi cho tư thế khụy gối thấp (thể hiện ở khoảng gạch chéo trên hình 3.28), giậm nhảy sẽ cao hơn. Giậm nhảy ở tư thế khụy gối thấp ứng dụng hoạt động của cơ trong chu kỳ kéo giãn - co cơ (xem chương 2). Nói cách khác, giậm nhảy từ tư thế khụy gối cao thì những cơ, như cơ tứ đầu đùi (làm duỗi gối), các cơ hông (duỗi khớp hông) và cơ bắp chân sau (làm gấp bàn chân), đều bắt đầu hoạt động với chiều dài ban đầu như ở trạng thái nghỉ, với chế độ co khắc phục. Ngược lại, ở tư thế khụy gối thấp để lấy đà, thể hiện sự kéo giãn mạnh mẽ, nghĩa là hoạt động trong chu kỳ kéo giãn - co cơ, hay nhượng bộ - khắc phục. Quá trình hoạt động của cơ như thế sẽ tạo ra phản lực ban đầu lớn hơn (xem hình). Bây giờ chúng ta cần xem xét, do đâu mà lực này lớn hơn? Tại sao kích thích vào thời điểm lúc cơ bị kéo giãn thì khi co, chúng sẽ thực hiện một công cơ học lớn hơn, so với lúc co bắt đầu từ trạng thái cân bằng?

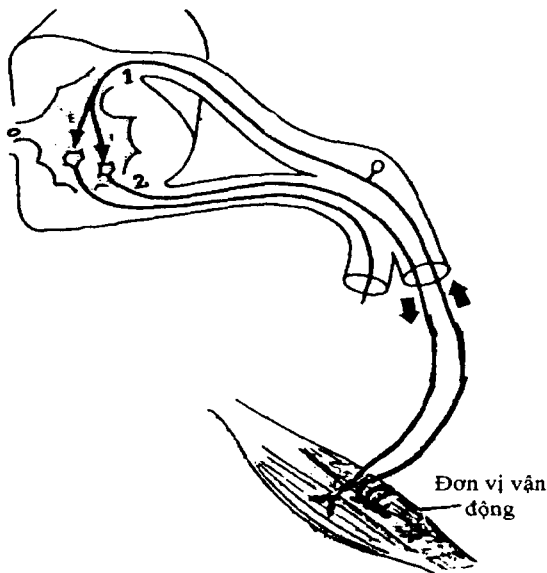
Điều này được minh họa trong hình 3.29. Khoảng S dưới đường cong 1 hoặc 2 trong hình là khoảng hoạt động. Với cùng một độ dài của cơ (l_0) lực ban đầu sẽ lớn hơn nếu lúc đó cơ bị kích thích trong trạng thái kéo giãn, so với độ dài trong trạng thái cân bằng (đường cong 1). Diện tích dưới đường cong 2 lớn hơn diện tích dưới đường cong 1, có nghĩa là công được thực hiện cũng lớn hơn. Cơ sở của sự gia tăng công thực hiện là hiện tượng tăng độ đàn hồi của các tổ chức, được thể hiện trong chu kỳ kéo giãn - co cơ. Lúc đó khả năng của cơ đối với việc tích lũy và phục hồi năng lượng đàn hồi để bổ sung vào năng lượng co cơ được sử dụng (xem thêm chương 2, hình 2.5 ở phần thành phần co rút và thành phần đàn hồi nối tiếp). Cũng cần nói thêm rằng, cơ được coi là thành phần chính của hệ vận động, nhưng không phải là duy nhất có khả năng tích lũy năng lượng đàn hồi.



Hình 3.29. Lực cơ (F) khi cơ được bắt đầu từ độ dài ban đầu l_0 . Giá trị F_1 thu được trong co cơ khắc phục. Giá trị F_2 thu được trong chu kỳ kéo giãn - co cơ. Diện tích S dưới đường cong 1 là công thực hiện. Diện tích dưới đường cong 2 (hoạt động trong chu kỳ kéo giãn - co cơ) lớn hơn diện tích gạch chéo dưới đường cong 1.

3.9.2. Sử dụng phản xạ kéo giãn trong chu kỳ kéo giãn - co cơ (hoạt động có đà)

Có một cơ chế khác để tăng hiệu quả co cơ do kéo giãn - đó là cơ chế sinh lý thần kinh trong phản ứng đối với kéo giãn. Người ta cho rằng, dung lượng cơ học bổ sung đối với việc tích lũy và sử dụng năng lượng đàn hồi của cơ là một quá trình thần kinh, quá trình này sử dụng phản xạ trong phản ứng đối với sự kéo giãn cơ (hình 3.30). Vai trò quan trọng trong phản xạ này là các thụ thể (receptor) trong đơn vị vận động của cơ - các thụ thể cảm giác với kéo giãn. Các thụ thể lựa chọn thông tin về sự kéo giãn theo cách nhanh hoặc chậm và gửi tín hiệu đến tủy sống (theo các dây chính và phụ của thần kinh cảm giác). Tín hiệu này được truyền đến những trung tâm cao hơn của hệ thần kinh gây ra những phản xạ có ý thức đối với sự kéo giãn cơ, nhưng cũng có thể chỉ diễn ra ở mức một cung phản xạ tủy sống, theo đó các nơron vận động *gamma* luôn bị kích thích sau khi các sợi nhận cảm giác trong cơ để điều hòa trương lực cơ (điều hòa bên trong), còn các nơron vận động *alpha* gửi tín hiệu đến các sợi cơ, kích thích chúng tạo nên sự co cơ (xin nhớ rằng, đây là phản ứng kéo giãn của cơ).



Hình 3.30. Tế bào thần kinh cảm giác. 1) Nhận thông tin từ cảm giác kéo giãn của đơn vị vận động đến tủy sống và đến các nơron vận động; 2) Kích thích đến cơ, làm cơ co rút

Đó cũng là một dạng cơ chế tự bảo vệ để ngăn ngừa sự quá tải và kéo giãn của cơ bắp; chúng cũng đáp ứng được vai trò quan trọng trong việc chuyển nhanh chóng từ kéo giãn sang co rút và sử dụng năng lượng đàn hồi tích lũy. Nói cách khác, phản xạ trong phản ứng kéo giãn các sợi cơ nhờ thông tin nhận được từ các thụ thể trong một đơn vị vận động nhanh chóng được kích thích để chuyển từ kéo giãn sang co rút.

3.9.3. Các yếu tố kỹ thuật của chuyển động sử dụng năng lượng đàn hồi

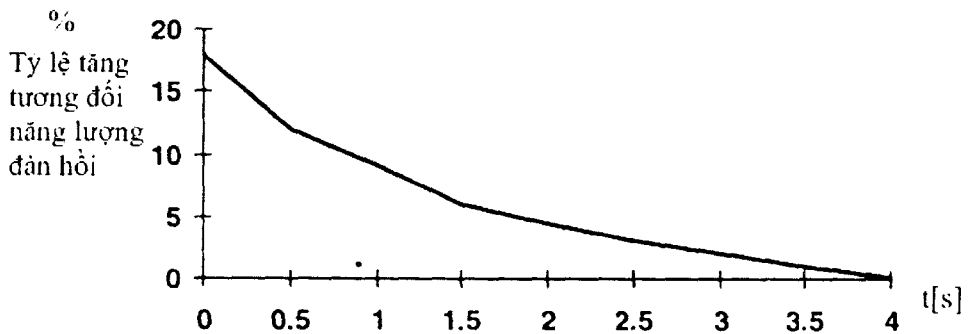
Đánh giá ngắn gọn các kết quả nghiên cứu được trình bày trong phần trước cho thấy rằng, việc sử dụng năng lượng cơ học bổ sung dưới dạng năng lượng đàn hồi của cơ và phản ứng trong phản xạ kéo giãn, khi chúng hoạt động trong chu kỳ kéo giãn - co cơ, làm tăng hiệu quả hoạt động với một lực ban đầu (F) và một công cơ học (W) lớn hơn. Nếu công được thực hiện trong một thời gian ngắn thì hiệu quả của việc tăng công suất (P) bị giảm đi. Trong ví dụ về giậm nhảy tại chỗ cho thấy, hiệu quả này được thể hiện thông qua tốc độ (v) những lần bật cuối. Rõ ràng ưu điểm của hoạt động kéo giãn - co cơ (CR-S) với hoạt động co rút (S) khi hoạt động có đà và không có đà có sự chênh lệch về độ lớn đã được nêu ở trên. Tuy nhiên, một câu hỏi được đặt ra về vấn đề này là, có phải kéo giãn - co cơ (CR-S) luôn luôn tốt hơn co cơ không kéo giãn (S) (co không có đà) và, cần những đặc tính kỹ thuật nào của chuyển động để quá trình kéo giãn - co cơ có được hiệu quả đầy đủ. Dựa trên các tài liệu đã được công bố, có thể thay thế một vài đặc tính kỹ thuật chuyển động để làm tăng tính hiệu quả của chúng. Đó là: 1) thời gian thay đổi hướng chuyển động, 2a) biên độ và 2b) tốc độ kéo giãn của những cơ đồng vận. 3) kích thước tải trọng trong giai đoạn (pha) kéo giãn.

Những đặc tính của chuyển động nêu trên có thể có một giá trị cụ thể - thời gian nghỉ ngắn hơn hay dài hơn, trọng tải nhiều hơn hay ít hơn v.v. Có thể tự đặt câu hỏi là, tối ưu hóa chuyển động như thế nào để có được tốc độ ra sức cuối cùng (dậm nhảy, ném đẩy) hay tạo ra một lực lớn hơn.

Thời gian thay đổi hướng chuyển động từ kéo giãn sang co rút

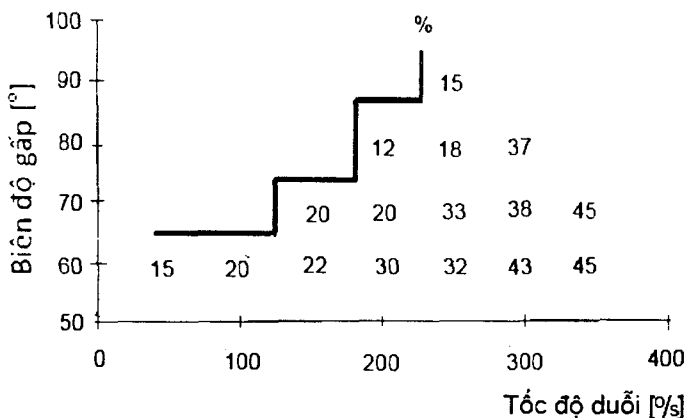
Trước đây, người ta xác định sự chuyển tiếp từ giai đoạn kéo giãn sang giai đoạn co rút cần phải liên tục, nhưng việc xác định như vậy là thiếu chính xác. Một câu hỏi được quan tâm là, có hay không sự gián đoạn giữa hai giai đoạn, và độ dài khoảng gián đoạn đó như thế nào thì chấp nhận được, để không phân biệt giai đoạn (pha) kéo giãn và co rút như hai hoạt động riêng biệt và hai dạng hoạt động của cơ, hoặc ngược lại, độ dài khoảng gián đoạn như thế nào thì hiệu quả của chu kỳ kéo giãn - co cơ không xuất hiện. Đó là câu hỏi về thời gian giải phóng năng lượng đàn hồi. Hình 3.31 giới thiệu kết quả nghiên cứu của G. Wilson và cộng sự (1991) dựa vào thời gian gián đoạn giữa giai đoạn một đến giai đoạn hai của chu kỳ kéo giãn-co cơ (CR-S). Những nghiên cứu trên được thực hiện đối với hoạt động nằm ngửa trên ghế băng đẩy tạ đòn. So sánh động tác đứng kéo tạ đòn, chỉ thực hiện bằng co cơ khắc phục (S) với động tác kéo nhanh tạ đòn kết hợp với hạ xuống và không chế cơ bắp gồm hai giai đoạn kéo giãn - co cơ (CR-S): ở hoạt động CR-S, khoảng gián đoạn giữa hai giai đoạn dài nhất là 1,3s và ngắn nhất là 0,6s, tức là không có gián đoạn. Hiệu suất đối với hoạt động không có đà (S) đã được tìm thấy trong các thử

nghiệm, nhưng nó bị giảm xuống với khoảng gián đoạn bị kéo dài; và tương tự như thể ở các thử nghiệm kéo giãn - co cơ (CR-S) đối với những hoạt động không bị gián đoạn giữa hai giai đoạn có hiệu suất là 19%, gián đoạn ngắn là 12% và gián đoạn dài là 7%. Hiệu suất này được tính bằng trọng lượng tạ, có nghĩa là khả năng phục hồi năng lượng đàn hồi sẽ bị giảm đi với khoảng gián đoạn bị kéo dài. Nửa chu kỳ giải phóng năng lượng đàn hồi là 0,85s, và sau 4s năng lượng đàn hồi mới được giải phóng hoàn toàn (xem hình 3.31). Cơ bắp không giống như lò xo - có khả năng chịu nén và phục hồi - thậm trí phải sau một thời gian dài để trở về trạng thái ban đầu (trong việc tích lũy năng lượng); năng lượng đàn hồi được tích lũy trong cơ được giải phóng hoàn toàn theo thời gian.



Hình 3.31. Thời gian phân tán năng lượng đàn hồi: đồ thị thể hiện từ dữ liệu của Wilson và cộng sự (1991). Khi kéo dài thời gian giữa kéo giãn (R) và co rút (S) thấy rõ sự suy giảm trong sử dụng năng lượng đàn hồi [%].

Trong các thử nghiệm khác, các nghiên cứu bao gồm việc đo vận tốc góc khi duỗi khớp gối (động tác đá) khi cố định đùi. Ở bài tập A cú đá được thực hiện một lần nhưng vẫn giữ ở tư thế gấp. Ở bài tập B cú đá được điều chỉnh đến tư thế gấp gối như A, nhưng ngay lập tức sau đó duỗi thẳng gối. Kết quả chung cho thấy, tốc độ duỗi ở bài tập B tốt hơn. Tuy nhiên, quan sát trên hình 3.32 nhận thấy: ở vùng tốc độ duỗi và vùng biên độ gấp gối không có sự khác biệt giữa bài tập A và B (tốc độ thấp và biên độ lớn), tiếp theo là khu vực, trong đó tốc độ duỗi tăng lên (theo tỷ lệ phần trăm tốc độ không có đà) là 12 – 22%; cuối cùng trong khu vực tốc độ lớn, nhỏ hoặc trung bình, biên độ gấp khi có đà, tốc độ duỗi là rất lớn, từ 30 đến 45%. Khuỵu gối trước khi giậm nhảy lên cao là một dạng tạo đà tự nhiên. Khuỵu gối có thể nông hay sâu, được thực hiện nhanh hoặc chậm. Rất dễ dàng để kiểm tra xem độ cao giậm nhảy sẽ cao hơn ngay sau khi khuỵu gối so với độ cao không cần „tạo đà”, nghĩa là có khuỵu gối nhưng tư thế cố định (xem hình 3.28 ở trên). Nhiều công trình nghiên cứu đã xác nhận: tốc độ bay cũng như độ cao bước nhảy được cải thiện từ 8 – 12% khi bật với „tạo đà” trước đó. Tuy nhiên, việc tạo đà về biên độ và tốc độ còn liên quan đến các yếu tố kỹ thuật ở các môn thể thao như các môn nhảy, ném hoặc đá.



Hình 3.32. Tăng tốc độ (%) duỗi gối (động tác đá) bằng gấp gối trước theo tốc độ và biên độ động tác khác nhau (chu kỳ kéo giãn - cơ cơ, bài tập B) so sánh với tốc độ duỗi từ tư thế góc cố định, nhưng cùng một biên độ (bài tập A). Nhận thấy, ở vùng trống - không có sự khác biệt giữa bài tập B và A; còn ở vùng có chữ số - hiệu suất có sự khác biệt đạt trên 40% cho bài tập B.

Tải trọng

Chúng ta tiến hành một thí nghiệm, thực hiện động tác gấp cẳng tay với tạ đòn từ tư thế bị chặn khi duỗi (chỉ gấp) và từ tư thế kết hợp với duỗi cẳng tay (hoạt động trong chu kỳ kéo giãn - cơ cơ của các cơ gấp khuỷu). Động tác gấp mà trước đó là duỗi tạo ra năng lượng cơ học tốt hơn (E_{mech}), nhưng kết quả lại phụ thuộc vào kích thước của tải trọng. Khi tải trọng tương đương 78kg (trọng lượng có thể sử dụng để tập luyện) sẽ làm tăng hiệu suất của cơ là 12,9%, còn khi tải trọng là 23kg sẽ chỉ là 10,7%. Hơn nữa tốc độ và thời gian cơ nhượng bộ càng càng lớn thì hiệu suất càng lớn. Điều này đặt ra câu hỏi về giá trị tối ưu của tải trọng để tăng cường hiệu quả hoạt động của cơ. Trong thực tế, có thể thấy rõ mối quan hệ giữa kích thước của tải trọng và hiệu quả của lực phản xạ (trong nhảy): có thể áp dụng trong giậm nhảy sau khi nhảy từ trên xuống với một độ cao xác định (DJ), theo từng độ cao là những lực phản xạ tương ứng. Độ cao khi nhảy sẽ là tối ưu và khác nhau cho từng các nhân. Thông thường nằm trong khoảng từ 30 – 45cm, nhưng một người được đào tạo tốt sẽ chịu đựng được khi nhảy từ độ cao 60 – 70cm rồi giậm nhảy. V.M Zatsiorsky trích dẫn các kết quả giậm nhảy của một vận động viên kiện tướng nhảy ba bước: bật tại chỗ là 67cm; bật có tạo đà (CMJ- khuỷu gối thấp) là 74cm và sau khi nhảy xuống từ độ cao 40cm (DJ) lên đến 81cm. Như vậy, giậm nhảy sau khi nhảy từ trên xuống là một trong những bài tập cơ bản sử dụng năng lượng đàn hồi – được gọi là bài tập plyometrics.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG III

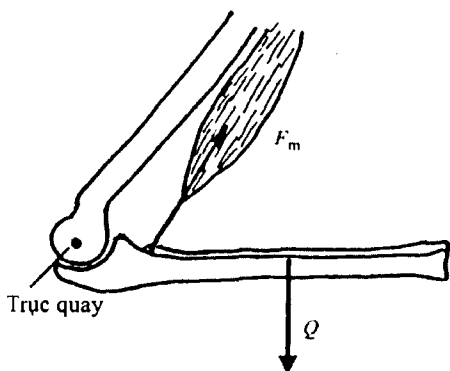
1. Trình bày các loại lực chủ yếu tác động lên cơ thể trong quá trình vận động?
2. Trình bày các đặc tính động học và động lực học trong nghiên cứu chuyển động của người?
3. Nêu rõ sự khác nhau giữa các loại sức mạnh tuyệt đối, tương đối và sức mạnh riêng?. Mối quan hệ giữa sức mạnh tuyệt đối và sức mạnh tương đối?
4. Thiết diện sinh lý của cơ bắp là gì, vai trò của thiết diện sinh lý đối với hoạt động vận động, phương pháp tính thiết diện sinh lý?
5. Trình bày mối quan hệ giữa lực cơ cơ và chiều dài của cơ, góc và tốc độ co rút của cơ, lực và tần số kích thích, lực và thời gian cơ cơ.
6. Trình bày mối quan hệ giữa lực và tốc độ cơ cơ; công suất của cơ được thể hiện thế nào trong phương trình Hill?
7. Năng lượng đàn hồi trong hoạt động của cơ, sử dụng năng lượng đàn hồi trong các hoạt động vận động?

CHƯƠNG 4

TÁC ĐỘNG CỦA LỰC CƠ LÊN ĐÒN BẦY XƯƠNG VÀ SỰ BIẾN ĐỔI GIẢI PHẪU CHỨC NĂNG CỦA CƠ

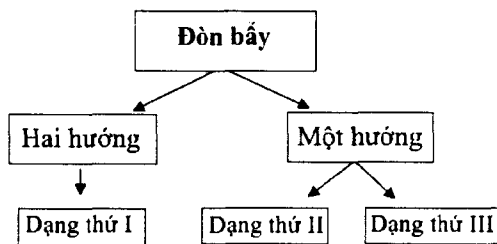
4.1. Tác động của cơ lên đòn bẩy xương, mômen lực của cơ

Các xương trong bộ khung xương giống như một hệ thống đòn bẩy cho sự hoạt động của cơ, nhờ có xương mà lực do cơ sinh ra mới có sự tác động ra bên ngoài. Chúng ta hãy xem xét sự tác động của cơ nhị đầu cánh tay lên đòn bẩy xương: lực cơ tác động lên điểm bám vào xương cẳng tay gây ra chuyển động quay của đòn bẩy, quay quanh trục ngang (phải - trái) của khớp khuỷu (Hình 4.1). Đây là ví dụ về đòn bẩy một hướng vì trục quay là khớp khuỷu (giữa cánh tay và cẳng tay chỉ hoạt động theo một trục ngang- khớp bản lề), và cả hai lực là lực cơ F_m và lực bên ngoài Q do trọng lượng của cẳng tay và bàn tay, tập trung vào trọng tâm của các phần cơ thể này (cẳng tay và bàn tay), tác động qua trục quay theo cùng một hướng.



Hình 4.1. Tác động của cơ nhị đầu cánh tay lên xương quay (và toàn bộ cẳng tay). Kết quả vector lực cơ (F_m) hướng dọc theo gân bám tận của cơ. Điểm đặt của vector lực là lõi củ xương quay. Trục quay là trục ngang của khớp khuỷu.

Các dạng và kiểu đòn bẩy: dạng I - hai hướng hay kiểu thứ nhất, dạng II - một hướng kiểu thứ hai, dạng III - một hướng kiểu thứ ba.



Các dạng đòn bẩy được phân loại dựa vào:

- Điểm tựa.

- Điểm đặt của lực.

- Cánh tay đòn (khoảng cách từ điểm tựa đến điểm đặt của lực).

- Cánh tay đòn của lực cản (đường vuông góc hạ từ điểm tựa đến đường tác dụng của lực cản).

Đơn vị đo lực tác động lên đòn bẩy là mômen lực. Vì vậy, sự cân bằng của chuyển động quay đều của một mắt xích bất kỳ như một đòn bẩy thì nhất thiết các hướng mômen lực ngược chiều với trục quay phải bằng nhau. Đối với gia tốc (lực hãm) của mắt xích, một mômen lực này phải lớn hơn một mômen lực khác. Cụ thể, mômen của các lực chuyển động khi chiếm ưu thế đối với mômen của các lực hãm sẽ tạo cho mắt xích một gia tốc dương (về phía chuyển động). Nhưng nếu mômen của các lực hãm lại lớn hơn thì sẽ kìm hãm chuyển động của mắt xích.

Nhờ có đòn bẩy sẽ được lợi về lực, muốn vậy điểm đặt của lực cơ tới điểm tựa phải dài (xa khớp: cánh tay đòn dài), tuy nhiên theo “quy tắc vàng”: nếu được lợi về lực thì lại thiệt về quãng đường và tốc độ. Ngược lại, nếu điểm đặt của lực cơ tới điểm tựa ngắn (cánh tay đòn ngắn), thì lại có lợi về quãng đường và tốc độ nhưng phải huy động một lực cơ lớn hơn.

Trong đa số các trường hợp, các gân cơ được gắn với xương cách khớp không xa và góc gân-xương tạo thành một góc nhọn. Vì thế, cánh tay đòn của lực cơ cơ thường không lớn. Thông thường, cánh tay đòn lực kéo của cơ nhỏ hơn cánh tay đòn của lực cản, do vậy khi cơ hoạt động thường không có lợi về lực nhưng lại có lợi về quãng đường và tốc độ cơ cơ. Để tăng độ lớn của cánh tay đòn lực kéo của cơ lên một mức độ nhất định thì những ụ, lồi củ hay những xương vùng (xương bánh chè) là nơi bám của cơ hoặc là nơi đi qua có ý nghĩa to lớn. Những ụ, lồi củ hay xương vùng làm tăng góc tiếp xúc giữa cơ và xương, nhờ đó làm tăng lực kéo và mômen quay của cơ. Qua đó có thể thấy hai nguyên nhân gây bất lợi về lực, thứ nhất, là điểm bám của cơ gần khớp, thứ hai là lực kéo của cơ dọc theo xương theo một góc rất nhọn (hoặc rất tù).

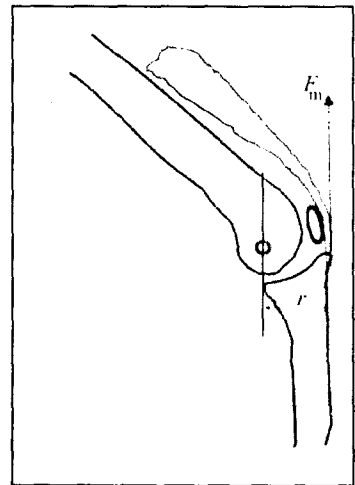
Ngoài ra có thể còn có nguyên nhân thứ ba làm hao tổn lực cơ. Dưới tác động của những lượng vận động lớn, tất cả các cơ bao quanh xương đều bị kéo giãn đáng kể, các cơ đối kháng, khi tạo ra các mômen lực ngược chiều tác động, không những không tạo nên công có ích mà còn làm tiêu hao nhiều năng lượng. Nhưng dù sao

điều đó cũng vẫn có một ý nghĩa nhất định: tuy có những tổn hao về năng lượng trong thời gian thực hiện lượng vận động lớn, khớp lại được củng cố nhờ lực căng của các cơ bao quanh đó.

Do những đặc điểm tác động của các lực kéo của cơ lên đòn bẩy xương, cần thiết phải có sự căng cơ rất lớn để thực hiện không chỉ những bài tập sức mạnh, mà còn thực hiện những bài tập tốc độ. Trong khi đó, cần lưu ý rằng, những mắt xích của cơ thể nằm trong các chuỗi động sinh học tạo nên một hệ thống đòn bẩy mà trong đó “quy tắc vàng” về mối quan hệ giữa quãng đường, lực và tốc độ cơ cơ được thể hiện phức tạp hơn nhiều so với một đòn bẩy đơn thuần.

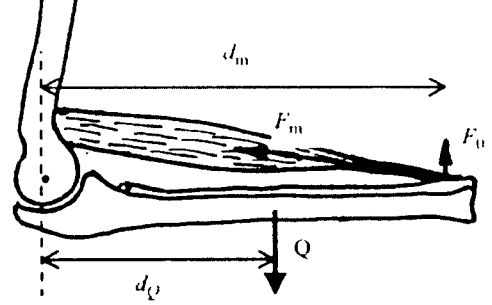
Trên hình 4.1 thể hiện các điểm tác động của lực cơ và hướng tác động dọc theo gân bám tận theo hướng mũi tên về phía bụng cơ và điểm bám nguyên ủy. Cần nhấn mạnh rằng, sự tác động lên đòn bẩy xương do vectơ lực cơ có hướng dọc theo gân, vì gân truyền lực của cơ lên đòn bẩy xương. Hướng truyền lực của gân không phải lúc nào cũng trùng với hướng của bụng cơ và trục dọc của cơ. Hình 4.2 là một ví dụ về lực của cơ tứ đầu đùi tác động lên lõi củ xương chày và hướng dọc theo dây chằng bánh chè mà thực chất là gân bám tận của cơ. Hướng của lực F_m không trùng với hướng của sợi cơ.

Một số tác giả phân biệt tính chất đòn bẩy xương phụ thuộc vào vị trí điểm bám của cơ với trục của khớp để phân biệt hai dạng đòn bẩy: dạng thứ II (Hình 4.3) và thứ III (hình 4.4). Cần lưu ý rằng, tiêu chí để phân biệt hai dạng đòn bẩy trên cơ thể là không thật sự rõ ràng, bởi vì trong trường hợp này có thể coi như đòn bẩy dạng thứ II, nhưng trong trường hợp khác cũng tại khớp đó, sau khi thay đổi vị trí tác động, ví dụ như lực Q , sẽ là đòn bẩy dạng thứ III! Tuy nhiên, sự phân biệt này cũng khá dễ dàng nếu chúng ta tác dụng lên đòn bẩy hai lực: lực cơ F_m và ngoại lực Q . Trong trường hợp khoảng cách điểm tác động của lực cơ với trục quay d_m (cánh tay đòn) ngắn hơn khoảng cách điểm tác động của ngoại lực d_Q (cánh tay đòn của lực cản) với trục quay thì loại đòn bẩy này hội tụ đủ điều kiện của đòn bẩy dạng thứ II, có thể lấy ví dụ đối với sự tác động của cơ nhị đầu cánh tay trong hình 4.3. Nhưng với sự tác động của cơ cánh tay quay có điểm bám tận ở móm tâm quay thuộc xương quay thì dựa vào cánh tay đòn nó lại là đòn bẩy dạng thứ III bởi vì $d_m > d_Q$ (Hình 4.4).

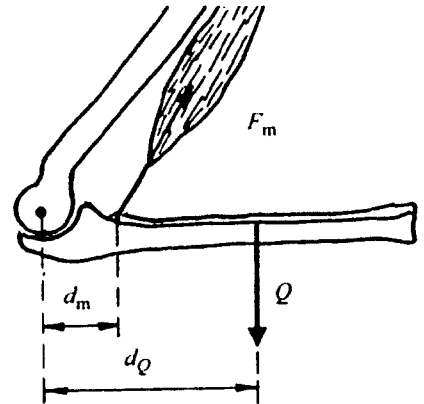


Hình 4.2. Hoạt động của cơ tứ đầu đùi đối với khớp gối

Hình 4.3. Đòn bẩy một hướng dạng thứ II ($d_m < d_Q$) với cơ nhị đầu cánh tay (F_m), lực cản (lực hấp dẫn Q) là trọng lượng của cẳng tay và bàn tay có cánh tay đòn tương ứng là d_m và d_Q .



Hình 4.4. Đòn bẩy một hướng dạng thứ III ($d_m > d_Q$) với các vector thành phần lực quay (F_0) của cơ cánh tay quay F_m và lực cản Q . Ngoài ra, còn có cánh tay đòn các thành phần lực quay của cơ d_m và cánh tay đòn lực cản d_Q

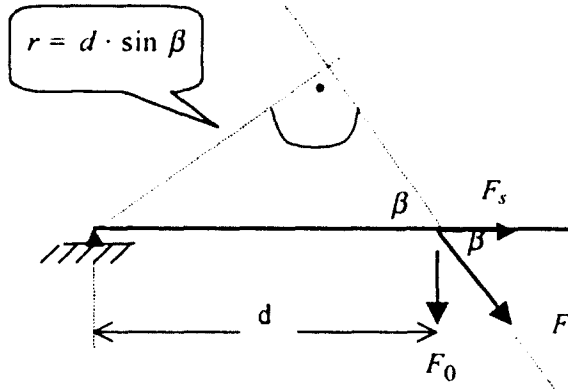


Một dạng đòn bẩy khác trong hệ vận động của con người là đòn bẩy hai hướng, đó là khi lực cơ và lực cản hoặc hai cơ (hay nhóm cơ) đối kháng cùng tác động lên điểm bám của xương, đối diện nhau qua điểm tựa (trục quay ở khớp). Ví dụ về đòn bẩy dạng này sẽ được mô tả ở phần sau. Đòn bẩy xương (cũng như các loại đòn bẩy khác) gồm một cánh tay đòn rắn được sử dụng với một điểm tựa hoặc là điểm (trục) quay, có thể chuyển động tương đối so với chuyển động quay để làm biến đổi lực tác dụng của một vật lên một vật khác. Nguyên nhân gây ra chuyển động quay của cánh tay đòn là *mômen lực*. Như trên đã đề cập (mục 3.2.2), mômen lực là một vectơ mômen có giá trị bằng tích của vectơ lực tác dụng \vec{F} với vectơ cánh tay đòn \vec{d} - là khoảng cách từ điểm đặt của lực tới tâm quay. Giá trị của mômen lực như vậy vừa phụ thuộc vào giá trị của lực tác động lên đòn bẩy $|\vec{F}|$, vừa phụ thuộc vào khoảng cách từ điểm lực tác dụng của nó với trục quay $|\vec{d}|$, và cả vào hướng của lực tác động, tức là góc độ lực tác dụng so với đòn bẩy (β).

$$|\vec{M}| = M = F \cdot d \cdot \sin \beta$$

$$\vec{M} = \vec{d} \times \vec{F}$$

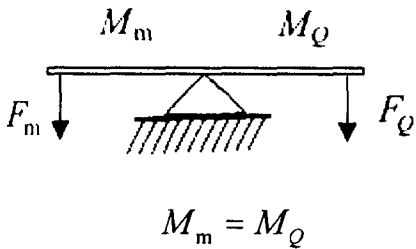
Từ hình 4.5 cho thấy $r = d \cdot \sin \beta$, do đó kết quả trên đây cũng có thể được thể hiện như sau: giá trị của mômen lực bằng tích của giá trị lực F và cánh tay đòn r của nó. Chúng ta cần hiểu, cánh tay đòn là khoảng cách r giữa hướng lực tác dụng F và trục quay của đòn bẩy. Khoảng cách này được đo từ trục quay của đòn bẩy cùng một đường thẳng góc với hướng của lực F .



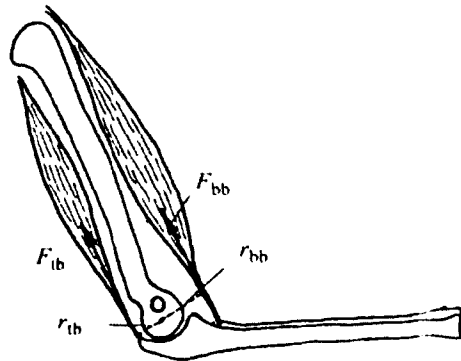
Hình 4.5 Mômen lực như một đại lượng vector: $\vec{M} = \vec{d} \times \vec{F}$

$$|\vec{M}| = |\vec{d} \times \vec{F}| = |\vec{d}| \cdot |\vec{F}| \cdot \sin \beta = d \cdot F \cdot \sin \beta = r \cdot F$$

Để duy trì mức độ cân bằng của đòn bẩy, ví dụ như duy trì sự cố định ở một tư thế nhất định, nhất thiết phải đáp ứng các điều kiện về cân bằng, được thực hiện thông qua mômen lực tác dụng lên đòn bẩy (Hình 4.6).



Hình 4.6. Ví dụ về sự cân bằng của đòn bẩy hai hướng



Hình 4.7. Khớp khuỷu với hai cơ đối kháng như là một ví dụ về đòn bẩy hai hướng

$$M_m = M_Q$$

hoặc mômen lực của một cơ đối với một cơ thứ hai:

$$M_{m_1} = M_{m_2}$$

Một ví dụ điển hình về dạng đòn bẩy như vậy: khớp khuỷu với trục quay (O), cẳng tay quay theo trục ngang của khớp hoạt động tương đối so với cánh tay và hai cơ đối kháng nhau: gấp và duỗi cẳng tay (Hình 4.7). Trên xương cánh tay có sự hoạt động của các cơ: cơ tam đầu cánh tay (F_{tb}), có điểm bám tận vào lồi củ xương trụ, còn ở phía đối diện với trục quay có sự tác động của cơ nhị đầu cánh tay (F_{bb}). Sự cân bằng của đòn bẩy diễn ra khi $F_{tb} \cdot r_{tb} = F_{bb} \cdot r_{bb}$, và trên đòn bẩy hoàn toàn không có sự tác động của mômen lực nào khác.

Chúng ta hãy xem xét một tình huống, trong đó nhiệm vụ của cơ là khắc phục sự tác động đến đòn bẩy bởi mômen lực cản Q .

Nếu cánh tay đòn lực tác dụng của cơ (r_m) ngắn hơn cánh tay đòn lực cản (r_Q): $r_m < r_Q$ thì để duy trì được cân bằng, cả hai mômen lực ở hai hướng ngược nhau phải bằng nhau.

$$F_m \cdot r_m = F_Q \cdot r_Q \Rightarrow \frac{F_m}{F_Q} = \frac{r_Q}{r_m}, \text{ nghĩa là } F_m > F_Q$$

Nếu lực cơ lớn hơn lực cản bao nhiêu lần, thì cánh tay đòn lực cản sẽ dài hơn cánh tay đòn của lực cơ bấy nhiêu lần. Qua đẳng thức trên, chúng ta thấy: tỷ lệ giữa hai lực F_m/F_Q bằng tỷ lệ nghịch với tỷ lệ độ dài giữa hai cánh tay đòn (r_Q/r_m).

4.1.1 Sự hoạt động của đòn bẩy xương được gây ra bởi hoạt động của cơ

Khi cơ nhị đầu cánh tay co, cẳng tay sẽ quay một góc α nhất định (Hình 4.8). Vận tốc góc của cẳng tay sẽ bằng $\omega = \Delta\alpha/\Delta t$. Trong thời gian đó, điểm bám tận của cơ di chuyển được một khoảng h_1 (nhờ sự co rút của cơ), và điểm tác động của lực cản (Q) di chuyển một khoảng lớn hơn h_2 :

$$h_2 > h_1 \text{ vì thế: } \frac{h_2}{h_1} = \frac{d_Q}{d_m}$$

Vận tốc tuyến tính của những điểm này phụ thuộc vào: vận tốc góc tại bất kỳ điểm nào trên cẳng tay vì chúng có giá trị như nhau và vào độ dài cánh tay đòn d_m và d_Q khác nhau của hai điểm.

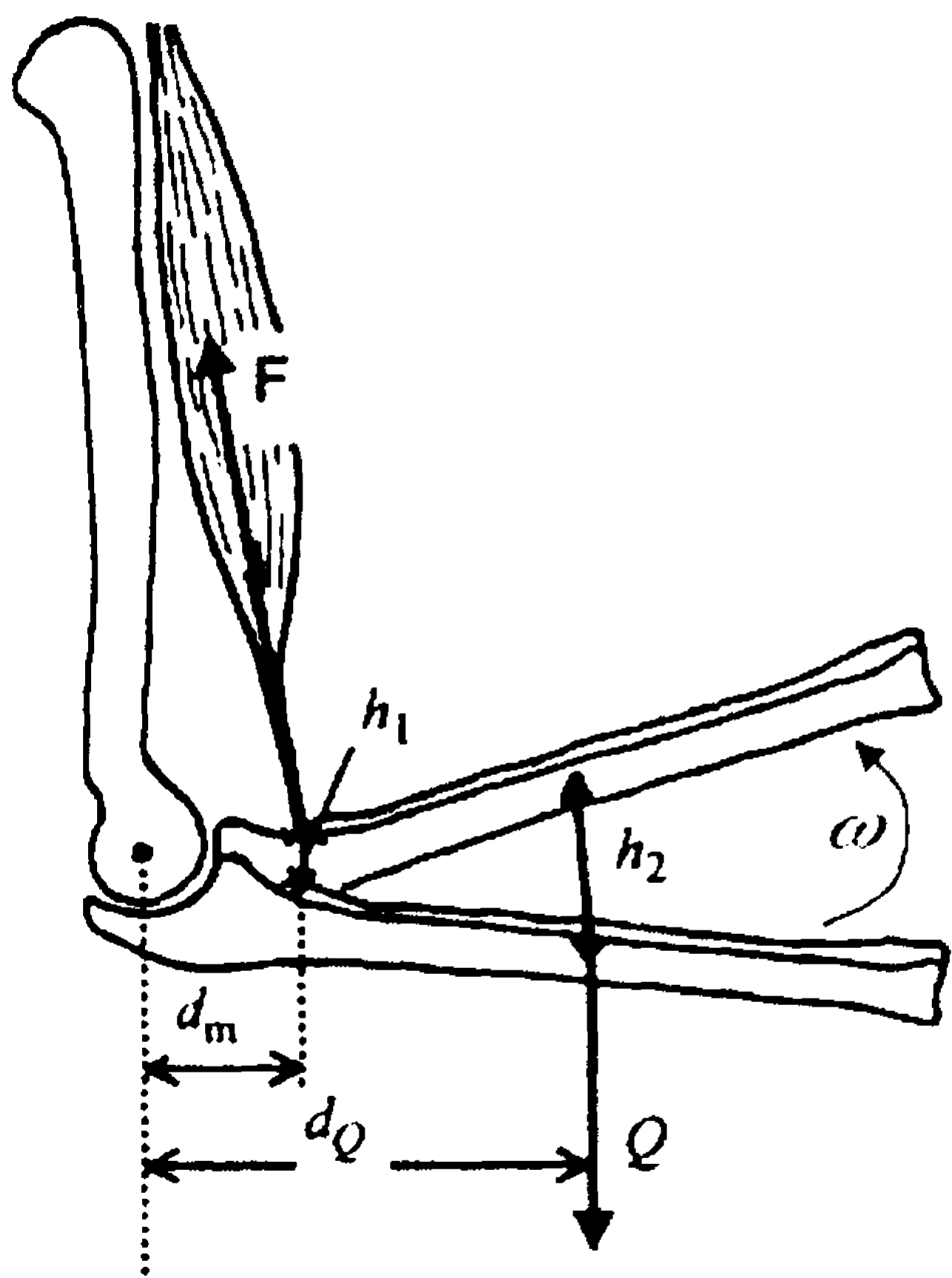
$$v = \omega \cdot d,$$

$$v_m = \omega \cdot d_m,$$

$$v_Q = \omega \cdot d_Q,$$

$$v_m < v_Q$$

Vì điểm lực tác dụng của lực cản Q cách xa so với trục quay ($d_Q > d_m$) nên vận tốc tuyến tính của nó lớn hơn vận tốc tuyến tính tại điểm bám tận của cơ.



Hình 4.8. Tại một vận tốc góc nhất định (ω), điểm tác động lực cản Q sẽ có vận tốc tuyến tính lớn hơn tại điểm tác động của lực F (lực cơ), mà lực này thay đổi tương đương với sự thay đổi độ dài của cơ. Khoảng h_2 lớn hơn h_1 , và trong cùng một khoảng thời gian thì vận tốc tuyến tính tại điểm lực tác dụng trọng lượng Q lớn hơn vận tốc tuyến tính tại điểm bám tận của cơ (điểm tác dụng lực của cơ F).

Ví dụ:

Trọng tâm của cẳng tay và bàn tay có độ dài 0,16m tính từ trục ngang khớp khuỷu. Điểm bám tận của cơ nhị đầu cánh tay cách trục ngang khớp 0,04m. Giả sử vận tốc góc của cẳng tay $\omega = 6\text{rad/s}$; như vậy:

$$v_m = 6\text{rad/s} \cdot 0,04\text{m} = 0,24\text{m/s},$$

$$v_Q = 6\text{rad/s} \cdot 0,16\text{m} = 0,96\text{m/s}.$$

Tại điểm bám của cơ có tốc độ chuyển động không lớn ($v_m = 0,24\text{m/s}$), nhưng tại điểm lực tác dụng của lực cản (trọng tâm của cẳng và bàn tay) thì tốc độ tăng gấp 4 lần ($v_Q = 0,96\text{m/s}$). Điều này có nghĩa là, với cùng một vận tốc góc, nếu cánh tay đòn của lực cơ nhỏ hơn (hoặc lớn hơn) bao nhiêu lần so với cánh tay đòn của lực cản thì vận tốc tuyến tính của chúng cũng nhỏ (hoặc lớn hơn) bấy nhiêu lần.

Khi phân tích về vị trí điểm bám của cơ so với trục của khớp cho thấy lý do tại sao tốc độ cơ cơ tương đối thấp vẫn có thể tạo ra được tốc độ cao ở điểm cuối của phân đoạn cơ thể (xem mục 3.4), ví dụ tốc độ của bàn chân trong đá bóng, trong chạy ngắn hoặc bàn tay trong ném hoặc đập bóng...

4.1.2. Ảnh hưởng của góc giữa gân và xương (gọi tắt là góc gân-xương) đến giá trị mômen lực cơ

Trong điều kiện thực tế, hoạt động của cơ trên đòn bẩy xương còn phụ thuộc vào việc phân phối lực trên các thành phần - điều này phụ thuộc vào góc độ mà tại

đó nó tác động lên đòn bẩy xương như thế thế nào, và có sự thay đổi của góc này hay không. Góc giữa vectơ lực cơ tác động dọc theo gân và xương được gọi là góc gân - xương. Góc này thay đổi theo sự thay đổi của góc khớp, nhưng không theo cách thức giống nhau.

Góc gân- xương là góc giữa trục dọc của xương có sự hoạt động của cơ tạo thành cùng với hướng của gân cơ này bám vào.

Sự thay đổi góc độ của khớp và góc gân - xương không bằng nhau.

Sở dĩ sự thay đổi giữa hai góc không bằng nhau bởi vì: cân cơ, bao gân và các cơ lân cận hoặc điểm tựa của đòn bẩy xương có thể làm thay đổi góc giữa gân bám tận và xương bởi một giá trị góc khác, không phải là từ sự thay đổi cấu trúc hình học thông thường của hệ cơ xương. Điều này có ý nghĩa quan trọng đối với sự tương quan giữa mômen lực cơ và góc của khớp.

Bây giờ chúng ta xem xét sự tác động của cơ lên đòn bẩy xương cùng với ảnh hưởng của góc gân - xương trong ví dụ cơ nhị đầu cánh tay và cơ cánh tay (điểm bám tận của cả hai cơ gần nhau ở đầu gần của các xương cẳng tay) (Hình 4.9).

Giả sử chúng ta có những dữ liệu sau: thiết diện sinh lý: TDSL = 8,5cm², sức mạnh riêng là 30N/cm². Do đó giá trị lực của cơ này là:

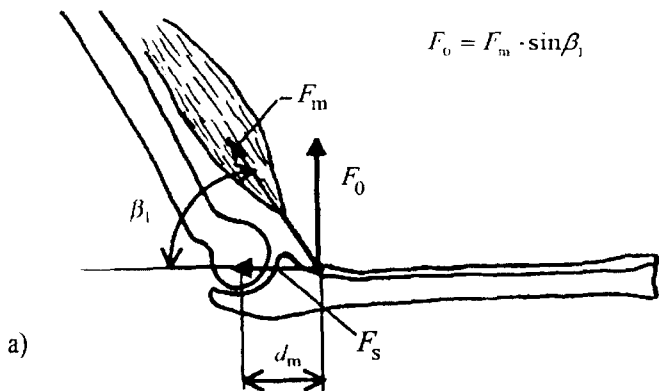
$$F_m = 8,5\text{cm}^2 \cdot 30\text{N/cm}^2 = 225\text{N}.$$

Kết quả giá trị lực cơ ở trên gồm những thành phần sau: lực tác động vuông góc với xương (gọi là thành phần quay F_0), lực tác động dọc theo xương là thành phần lực F_s theo các hướng khác nhau tùy vào góc độ khớp: ép về phía trục khớp hoặc ngược chiều với trục khớp (xem hình 4.9).

Ví dụ tính toán cho hình 4.9 a, b và c

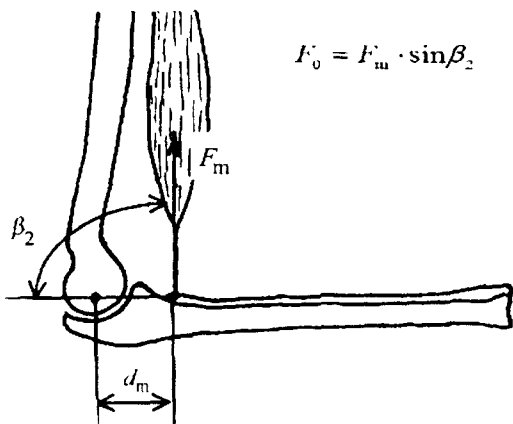
(a)	(b)	(c)
$\beta_1 = 50^\circ$	$\beta_2 = 90^\circ$	$\beta_3 = 130^\circ$
$\cos 50^\circ = 0,64$		$\cos 130^\circ = -0,64$
$\sin 50^\circ = 0,77$		$\sin 130^\circ = 0,77$
$F_m = 255\text{N}$	$F_m = 255\text{N}$	$F_m = 255\text{N}$
$F_0 = F_m \cdot \sin \beta_1$	$F_0 = F_m$	$F_0 = F_m \cdot \sin \beta_3$
$F_0 = 195,3\text{N}$		$F_0 = 195,3\text{N}$
$F_s = F_m \cdot \cos \beta_1$	$F_s = 0$	$F_s = F_m \cdot \cos \beta_3$
$F_s = 164\text{N}$		$F_s = -164\text{N}$

$$F_0 = F_m \cdot \sin\beta_1$$



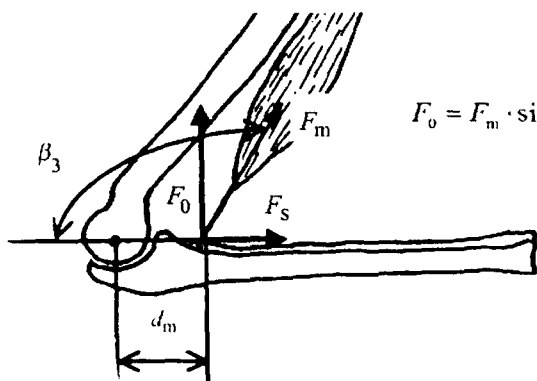
a)

$$F_0 = F_m \cdot \sin\beta_2$$



b)

$$F_0 = F_m \cdot \sin\beta_3$$



c)

Hình 4.9. Thay đổi giá trị thành phần quay F_0 của lực cơ cùng với thay đổi góc gân-xương (β) giữa xương cẳng tay và gân bám tận của cơ nhị đầu cánh tay

Về lý thuyết, giá trị góc gân - xương có lợi nhất là góc gây ra lực cơ được sử dụng tối đa, nghĩa là 90° .

Trong các ví dụ trên, chúng ta thấy chỉ có một số tư thế đặc biệt ở khớp với mối tương quan nhất định giữa các xương với nhau cùng với hướng của lực cơ tác động lên xương thì lực này mới phát huy tác dụng tối đa để vượt qua lực cản. Tư thế cụ thể thường ở vị trí, khi mà góc gân - xương vuông góc (90°). Trong hệ vận động của con người, đây không phải là trường hợp thường xảy ra, vì vậy sự hoạt động tối

ưu cho một nhóm cơ nhất định, người ta cho rằng là khi góc gân - xương gần với góc vuông nhất. Trong mỗi trường hợp như vậy đều có những hao tổn trong việc phân phối lực đến các thành phần. Nói một cách đơn giản, trong mỗi tư thế của góc độ khớp, chúng ta sẽ có một giá trị mômen lực khác của cơ (hay nhóm cơ). Nếu điểm bám không thay đổi tư thế, nhưng thay đổi góc giữa xương (đòn bẩy) và vectơ lực cơ, thì cũng dẫn đến sự thay đổi giá trị lực thành phần có hướng thẳng góc với xương, nghĩa là thành phần quay của lực cơ.

4.1.3. Thay đổi cánh tay đòn cùng với thay đổi góc gân - xương

Các vấn đề được trình bày trong mục 4.1.2 có thể được tiếp cận từ một hướng khác. Còn về kết quả giá trị lực cơ như trong ví dụ gấp cẳng tay bằng 255N, chúng ta hãy tìm hiểu qua sự thay đổi cánh tay đòn. Minh họa trên hình 4.10 với dữ liệu của K. Fidelus, được giới thiệu trong bảng 4.1.

Hình 4.9 thể hiện sự phân phối các lực thành phần. Bởi vì điểm tác động của lực cơ có mối tương quan với trục khớp không thay đổi mà chỉ thay đổi góc gân - xương, do đó giá trị lực thành phần quay F_0 là khác nhau. Trong ví dụ được giới thiệu trên hình 4.10, chúng ta vẫn duy trì lực cơ như vậy, nhưng tìm cách thay đổi cánh tay đòn cùng với góc gân - xương. Một lần nữa, giá trị mômen lực vẫn khác nhau đối với từng tư thế, bởi vì: $r_a < r_b$ và $r_b < r_c$.

Bảng 4.1. Sự thay đổi độ dài của cánh tay đòn (r) [mm] như là khoảng cách ngắn nhất từ trục quay đến hướng tác động của lực cơ được lựa chọn là một hàm số góc của khớp khuỷu (theo K. Fidelus, 1977)

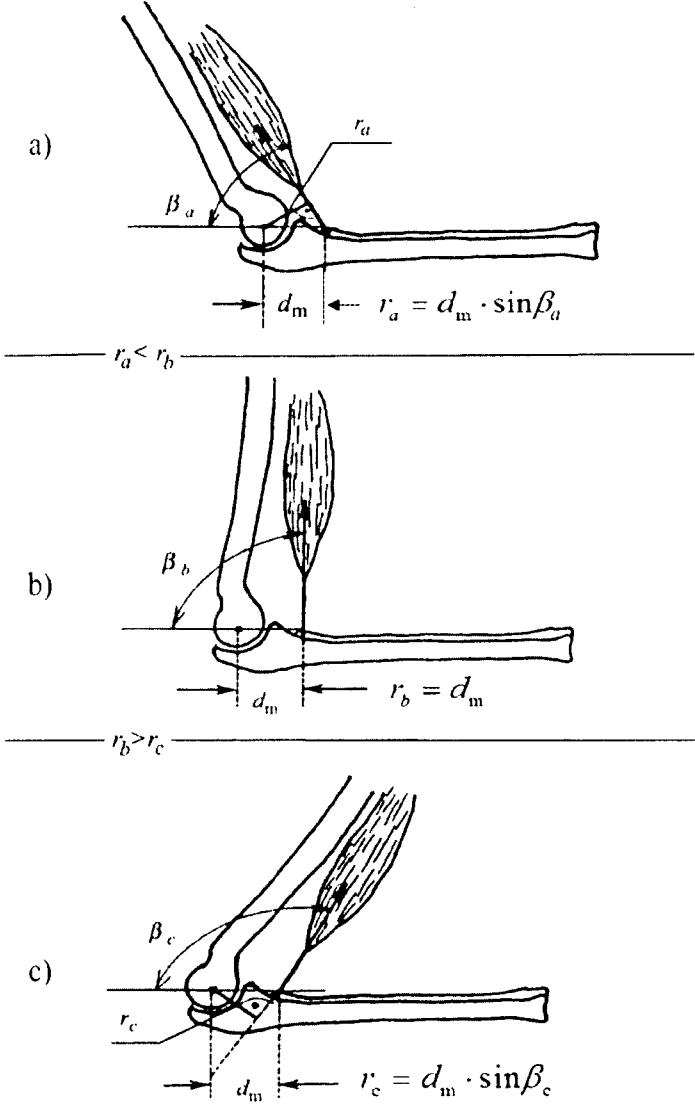
Góc độ của khớp	Cánh tay đòn r [mm]						
	NĐngan	NĐdai	CT	CTQ	TĐdai	TĐngoai	TĐtr
0°	20	20	18	14	31	31	31
30°	32	32	20	32	28	28	28
60°	43	43	25	54	24	24	24
90°	47	47	34	67	22	22	22
120°	36	36	32	65	21	21	21

Chú thích: NĐngan - Cơ nhị đầu cánh tay, đầu ngắn; NĐdai - Cơ nhị đầu cánh tay, đầu dài; CT - Cơ cánh tay; CTQ- Cơ cánh tay quay; TĐdai- Cơ tam đầu cánh tay, đầu dài; TĐngoai - cơ tam đầu cánh tay, đầu ngoài; TĐtr. - Cơ tam đầu cánh tay, đầu trong (0° là khi khớp khuỷu duỗi thẳng).

Giá trị mômen lực của cơ là một giá trị được xác định đối với một tư thế góc nhất định, nghĩa là, khi chúng ta quan tâm đến góc gân - xương và tính toán các

thành phần lực quay của cơ, nghĩa là đồng thời chúng ta cũng tính đến ảnh hưởng của góc gân - xương đến cánh tay đòn của chúng. Trong những nghiên cứu trước đây, khi sử dụng những ví dụ đơn giản, chúng ta chỉ quan tâm đến mômen lực cơ sinh ra bởi một cơ duy nhất. Trên thực tế, mômen lực của cơ tác động lên khớp xảy ra là kết quả của sự tác động cùng một lúc lên đòn bẩy xương, và đôi khi là hàng chục cơ cùng tác động.

$$M = F_m \cdot r = F_m \cdot d_m \cdot \sin\beta$$



Hình 4.10. Lực đồ thay đổi cánh tay đòn (r) là hàm số góc của khớp. So sánh các hình a và b, lúc đó $r_a < r_b$ hay b và c, lúc đó $r_b > r_c$

Các cơ tham gia thực hiện các động tác ở các khớp hình thành nên những nhóm cơ chuyên biệt thường chỉ tham gia vào một số động tác nhất định nào đó, ví dụ nhóm cơ làm gấp, duỗi, dạng, khép hay làm xoay những phân đoạn cơ thể thuộc những khớp mà nó đi qua. Ngay trong một cơ mà có điểm bám nguyên ủy rộng,

cũng có thể có những phần cơ riêng rẽ, mỗi phần riêng rẽ đó lại có những thành phần mômen lực khác nhau (ví dụ như cơ den-ta, cơ ngực to, cơ lưng rộng...). Sự tham gia của các cơ riêng lẻ (và thành phần mômen lực của chúng) tùy thuộc vào hình dạng không gian giữa: gân - điểm bám - đòn bẩy xương, đã được thảo luận ở phần trên, đồng thời còn phụ thuộc vào mức độ kích thích cơ, từ đó sinh ra lực phù hợp. Cũng xin lưu ý rằng, sự thay đổi góc độ của khớp cũng làm thay đổi độ dài cơ hỗ trợ cho khớp đó và vì thế cũng làm thay đổi giá trị được sinh ra không phải do lực.

Giá trị mômen lực của một cơ đơn (tức là thành phần mômen lực của một cơ) phụ thuộc vào góc độ khớp mà cơ đó tác động. Cũng hiểu tương tự như vậy đối với tổng mômen lực của một nhóm cơ.

4.2. Phép đo mômen lực một nhóm cơ

Sự cân bằng mômen lực hoạt động ở khớp có thể được biểu diễn bằng phương trình:

$$M_i + M_T + M_s = M_m + M_z \quad (4.1)$$

Trong đó:

M_i - mômen quán tính của phân đoạn chuyển động ở khớp.

M_T - mômen lực ma sát tạm thời liên quan đến hoạt động của khớp.

M_s - mômen lực đàn hồi gây biến dạng các thành phần thụ động của hệ vận động như dây chằng, bao khớp, gân v.v...

M_m - tổng giá trị mômen lực của tất cả nhóm cơ hoạt động tại khớp.

M_z - mômen ngoại lực (ví dụ như trọng lực, tính ỳ của cơ thể, tác động của đối thủ v.v...).

Người ta cho rằng, mômen quán tính phụ thuộc vào sự thay đổi mômen quán tính I_z của các phân đoạn hoạt động bởi khớp và gia tốc góc của chuyển động đó:

$$M_i = I_z \cdot \varepsilon$$

Lực cản và lực ma sát trong hoạt động của khớp được coi là không đáng kể, tức là mômen M_T chỉ phụ thuộc vào tốc độ hoạt động của khớp (tốc độ góc ω) và lực giảm chấn tạm thời B , do đó:

$$M_T = B \cdot \omega$$

Mômen lực đàn hồi M_s phụ thuộc lần lượt vào độ cứng K của các mô (tổ chức) bị biến dạng và mức biến dạng (góc α) của nó, là một hàm trị số góc của khớp:
 $M_s = K \cdot \alpha$.

Khi biến đổi phương trình (4.1) ta có thể sử dụng chúng làm cơ sở xác định sự tác động của mômen lực cơ đối với khớp:

$$M_m = M_i + M_T + M_s - M_z \quad (4.2)$$

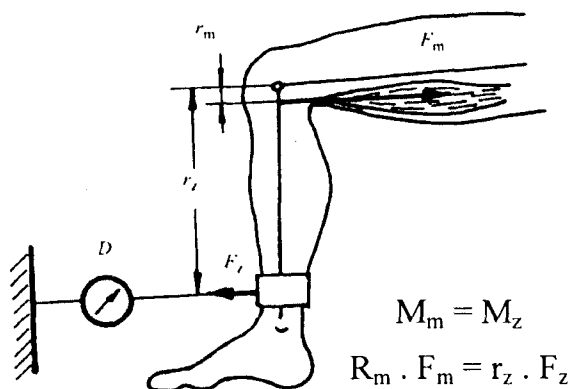
Có thể xác định giá trị mômen lực cơ hoạt động ở một khớp khi sử dụng về trái hoặc về phải của phương trình (4.2). Trong trường hợp đầu - sử dụng như khái niệm về mômen lực - nhằm chỉ tổng các thành phần mômen lực của tất cả các phần cơ riêng lẻ tác động đến khớp. Điều này đòi hỏi cần phải xác định giá trị của tất cả các mômen lực, cánh tay đòn và hướng chuyển động của chúng. Việc đo độ lớn các thông số như vậy trên cơ thể sống trên thực tế xem như không thể thực hiện được, vì vậy, phương pháp xác định mômen lực cơ về nguyên tắc là không có tính khả thi.

Vì thế chúng ta hãy xem xét việc sử dụng về phải của phương trình (4.2). Ở về này ta thấy được tổng mômen lực của các giá trị thành phần M_i , M_T và M_s . Các thành phần trên phụ thuộc vào các yếu tố thể hiện độ lớn của chuyển động động học ở khớp, nghĩa là vào gia tốc góc ε , vận tốc góc ω , và góc độ của khớp α .

Cần phải nhấn mạnh rằng, trong những điều kiện nhất định, giá trị mômen quán tính M_i , lực giảm chấn M_T và lực đàn hồi M_s có thể bằng 0. Điều này xảy ra khi $\varepsilon = 0$, $\omega = 0$ và $\alpha = 0$, nghĩa là khi đòn bẩy xương chịu sự tác động của mômen lực ở trạng thái cân bằng, còn góc của khớp có trị số lúc nghỉ α_0 . Trong trường hợp này phương trình mômen lực có dạng:

$$M_m = -M_z \quad (4.3)$$

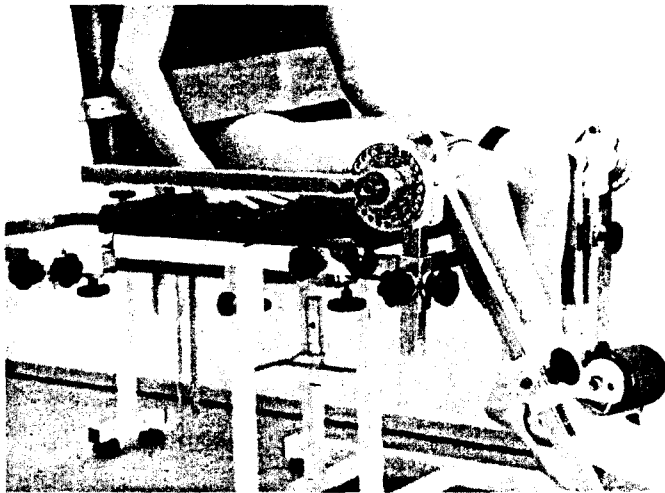
Đây là phương trình đòn bẩy cân bằng, được tác động bởi hai mômen lực có hướng ngược nhau: mômen lực cơ có giá trị bằng với mômen lực bên ngoài. Điều này có nghĩa là, trong điều kiện cơ tĩnh lực, khi sử dụng điều kiện cân bằng đòn bẩy xương, có thể xác định một cách tương đối dễ dàng giá trị mômen lực cơ tác động lên khớp bằng cách đo giá trị cân bằng mômen lực bên ngoài của nó. Ý tưởng về việc đo lường như vậy được trình bày trong hình 4.11.



Hình 4.11. Sử dụng điều kiện cân bằng đòn bẩy xương (đùi) để đo lường mômen lực cơ gấp khớp gối. D - lực kế, F_z - ngoại lực (lực phản xạ của cơ đối kháng), F_m - thay đổi lực cơ gấp khớp gối, r_z - cánh tay đòn ngoại lực, r_m - cánh tay đòn lực cơ.

Trong điều kiện cơ tĩnh, sử dụng điều kiện cân bằng đòn bẩy xương, có thể xác định giá trị mômen lực cơ tác dụng lên khớp, bằng cách đo giá trị cân bằng mômen ngoại lực của nó.: $M_m = -M_z$.

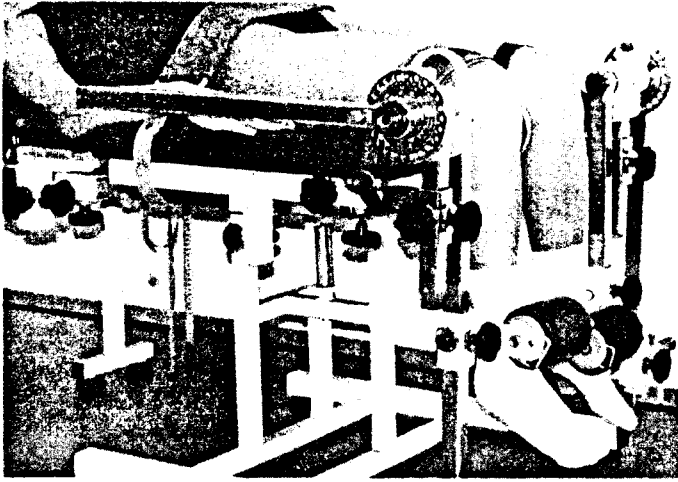
Phương pháp đo mômen lực cơ khi cơ tĩnh: Ý tưởng về đo mômen lực tĩnh là bằng phương pháp sử dụng đòn bẩy trong trạng thái cân bằng. Đòn bẩy được cho là cân bằng cần phải đáp ứng được hai điều kiện: 1) tổng mômen lực tác động lên đòn bẩy bằng 0; 2) tổng lực tác động lên đòn bẩy bằng 0. Trong các xem xét trước đây, để đơn giản hóa các tham số, chúng ta chỉ quan tâm đến điều kiện thứ nhất về mômen lực, nghĩa là chỉ đề cập đến việc duy trì hoạt động của đòn bẩy trong chuyển động quay. Điều kiện thứ hai liên quan đến chuyển động thẳng của đòn bẩy và cũng quan trọng như điều kiện thứ nhất. Điều đó cho thấy rằng, trong phép đo mômen lực cơ, cần phải loại trừ khả năng di chuyển theo (chuyển động thẳng) của đòn bẩy dưới tác động của mômen lực. Một cách đơn giản hơn, có thể biết được là điều kiện này được đảm bảo khi không có sự thay đổi hoặc dịch chuyển vị trí trục quay của khớp lúc tiến hành phép đo, nghĩa là có thể cố định và ổn định một phân đoạn hình thành nên khớp (thông thường là đầu gân). Ví dụ, để đo mômen lực duỗi khớp gối cần yêu cầu giữ ổn định vị trí của trục khớp gối, điều này được thực hiện dễ dàng khi cố định xương đùi cùng với cơ thể bất động (Hình 4.12).



Hình 4.12. Tư thế để đo mômen lực tĩnh duỗi gối. Quan sát tư thế của thân, gá chân đòn bẩy, trục đo và các dây đai cố định đùi và thân.

Vấn đề về đo mômen lực cơ có kích thước rộng liên quan đến cấu trúc của hệ vận động chủ động, mà cụ thể là đến các phân cơ hay đầu cơ trong một cơ. Điều này rất có ý nghĩa vì có thể có những đầu cơ đi qua nhiều khớp (ở những cơ đa khớp). Chúng thực hiện động tác cùng một lúc ở hai hay nhiều khớp, nghĩa là, độ dài của cơ gây ảnh hưởng đến giá trị góc của tất cả các khớp mà nó đi qua. Ví dụ, thay đổi tư

thể của thân (xương chậu) ở khớp hông (ví dụ gập hoặc duỗi hông) ảnh hưởng đến việc thay đổi độ dài của cơ thẳng đùi, là một cơ qua hai khớp có tác dụng duỗi khớp gối và gập khớp hông.



Hình 4.13. Cố định đùi khi đo mômen lực cơ duỗi khớp gối

Nhận xét tư thế của chi dưới ở khớp hông - khi thay đổi độ dài cơ tác động đồng thời lên cả hai khớp - sẽ có ảnh hưởng đến giá trị gây ra mômen lực duỗi khớp gối. Hiệu quả đã nêu giúp cho việc cần phải mở rộng sự ổn định sớm cũng như đối với các khớp lân cận cho thử nghiệm. Điều này được thực hiện nhờ sự cố định phân đoạn cơ thể bởi các dây đai và các thiết bị hỗ trợ - các phần cơ thể liên kết với nhau bởi các khớp này. Sự ổn định này cũng đòi hỏi phải ổn định trước trị số các góc của khớp. Nguyên tắc chung khi đo mômen lực cơ là, góc ở những khớp lân cận phải phù hợp với tư thế giải phẫu của chúng. Ngoài ra, trong số những điều kiện của phép đo mômen lực cơ, cũng cần phải tính đến thực tế sự phụ thuộc của mômen lực ở khớp này với góc hoạt động của nó. Như vậy, giá trị góc của khớp khi đo là một tham số quan trọng của phép đo và nó chi phối giá trị mômen lực đo được.

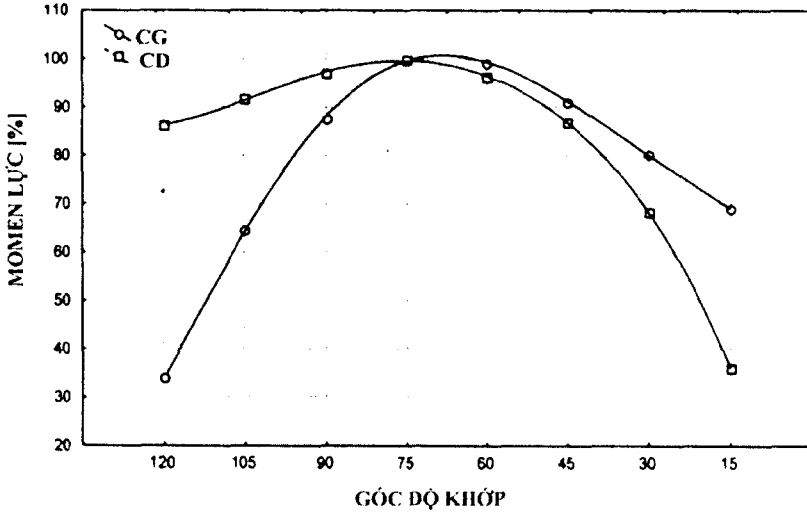
Những điều kiện của phép đo lực cơ trong hoạt động tĩnh lực:

- *Xác định vị trí các trục của khớp thử nghiệm (trục của khớp phải trùng với trục của trục đòn bẩy).*
- *Xác định giá trị góc của những khớp liên kế.*
- *Cố định tư thế của cơ thể (của khớp liên kế).*
- *Xác định góc của khớp hỗ trợ trước khi nghiên cứu nhóm cơ tiến hành đo.*

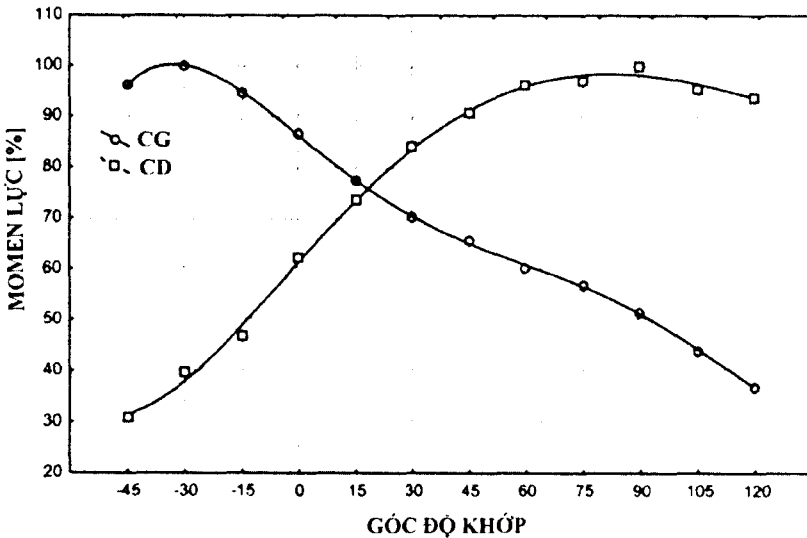
Ví dụ về phép đo mômen lực cơ ở những khớp được lựa chọn của hệ vận động được thể hiện trên hình 4.13.

4.3. Thực nghiệm dữ liệu về mômen lực của nhóm cơ chi trên, chi dưới trong một hàm góc độ khớp

Thực nghiệm đo lường phụ thuộc vào $M_m = f(\alpha)$ đối với những khớp lớn của chi trên và chi dưới.



Hình 4.14. Khớp khuỷu. Sự phụ thuộc bình quân trong mối tương quan mômen lực cơ gấp (CG) và cơ duỗi (CD) là một hàm góc độ khớp. Giá trị lực tối đa được tính là 100%. Duỗi thẳng ở khớp khuỷu bằng 0° .



Hình 4.15. Khớp vai. Sự phụ thuộc bình quân trong mối tương quan mômen lực cơ gấp (CG) và cơ duỗi (CD) là một hàm góc của khớp. Giá trị lực tối đa được tính là 100%. Tay thẳng dọc theo thân bằng 0°

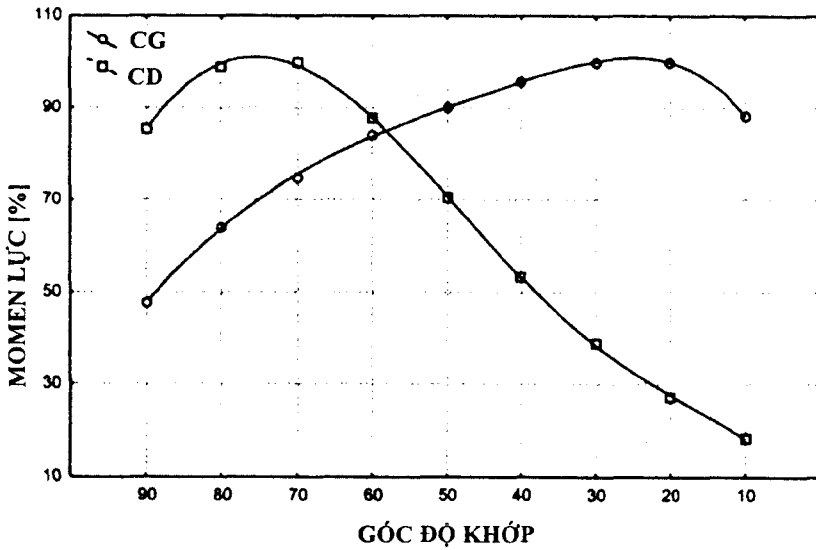
Hình 4.14 trình bày đường biểu diễn mối tương quan mômen lực, giá trị tối đa luôn luôn bằng 100% cơ gấp và cơ duỗi ở khớp khuỷu trong hàm góc của khớp. Cả hai đường cong có đặc điểm tăng dần đến tối đa rồi giảm dần từ thời điểm mômen lực lớn nhất ở cả hai nhóm cơ duỗi cũng như cơ gấp ở vị trí 60 - 80⁰ (duỗi thẳng ở khớp khuỷu được coi là 0⁰). Chúng ta nhận thấy rằng, trong khoảng góc độ từ 60 - 90⁰ của khớp, sự biến đổi mômen lực duỗi của khớp khuỷu là rất nhỏ, chỉ vào khoảng 5%. Ở tư thế gấp mạnh (120⁰) giá trị mômen lực duỗi nhỏ hơn tối đa vào khoảng 15%. Ở tư thế duỗi thì giá trị này lớn hơn nhiều (trên 60%) khi vị trí khớp khuỷu gần như thẳng.

Đối với cơ gấp, như đã đề cập ở trên, có giá trị tối đa ở vị trí 60 - 80⁰. Khi khớp gấp mạnh (120⁰), thì mômen lực cơ gấp chỉ vào khoảng 35% giá trị, so với chúng thực hiện ở vị trí tối ưu. Những nhóm cơ, chẳng hạn như duỗi và gấp khớp khuỷu, có ít "tổn thất" mômen lực tối đa khi chúng đang duỗi, và nhiều hơn khi chúng đang co. Những dữ liệu trong bảng 4.1 có thể giải thích quá trình diễn ra hiện tượng này - nó cho thấy sự thay đổi độ dài cánh tay đòn trong hàm số góc của khớp; có tính đến mối quan hệ của lực cơ với độ dài của nó $F_m = f(l)$ (xem chương 3.3).

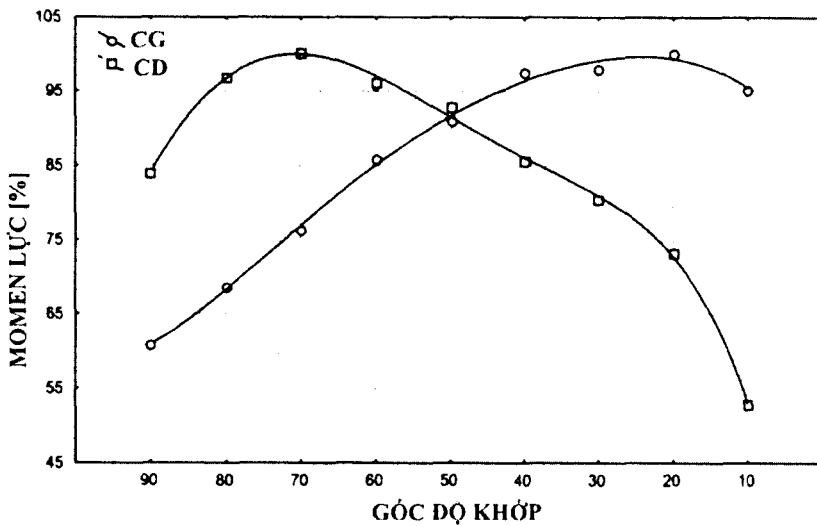
Đường biểu diễn mômen lực duỗi và gấp trong hàm số góc của khớp vai được thể hiện trong hình 4.15. Tư thế tay duỗi dọc theo thân được qui định là 0⁰, hướng chuyển động ra sau được xác định có giá trị âm (-), ra trước lên trên có giá trị dương (+). Chuyển động ra trước lên trên là gấp và ngược lại là duỗi. Đường biểu diễn mômen lực duỗi có thể được xác định như một đường cong tăng - giảm dần, mặc dù đoạn cuối của chuyển động (cánh tay ra sau thân) là rất ngắn và không phải ai cũng thực hiện được. Đường mômen lực gấp cánh tay là đường tăng - giảm dần.

Trong cả hai trường hợp, giá trị tối đa thu được ở giới hạn đầu, ví dụ đối với duỗi trong khoảng 120 - 60⁰, còn gấp trong khoảng từ - 45⁰ đến -15⁰. Sau đó là hạ thấp ở cả chiều (với cả hai trường hợp). Đến giới hạn cuối, giá trị mômen lực chỉ còn khoảng 1/3 giá trị tối đa.

Hình 4.16 cho thấy đường biểu diễn mômen lực gấp và duỗi của khớp gối là một hàm góc của khớp này. Duỗi thẳng ở khớp được tính là 0⁰. Đường cong này có đặc điểm tăng rồi giảm dần. Mômen lực đạt giá trị lớn nhất khi gấp gối ở vị trí góc 20 - 30⁰, và trong phạm vi ở vị trí đến 50⁰, mômen lực giảm đi không nhiều - chỉ khoảng 10%. Nếu tiếp tục tăng góc độ gấp gối thì giá trị lực càng giảm - chỉ còn 50% ở góc 90⁰. Nếu từ vị trí này bắt đầu duỗi, thì mômen lực duỗi có giá trị lớn nhất ở góc độ 70 - 80⁰; tiếp tục duỗi gối đến vị trí 10⁰ sẽ giảm tới 80%.



Hình 4.16. Khớp gối. Sự phụ thuộc bình quân trong mối tương quan mômen lực cơ gấp (CG) và cơ duỗi (CD) là một hàm góc của khớp. Giá trị lực tối đa được tính là 100%. Gối thẳng được tính bằng 0^0 .



Hình 4.17. Khớp hông. Sự phụ thuộc bình quân trong mối tương quan mômen lực cơ gấp (CG) và cơ duỗi (CD) là một hàm góc của khớp. Giá trị lực tối đa được tính là 100%. Đùi thẳng dọc theo thân bằng 0^0 .

Hình 4.17 cho thấy dạng sóng mômen lực duỗi và gấp của khớp hông là một hàm góc của khớp. Nếu chúng ta coi đứng thẳng là vị trí 0^0 ở khớp, thì góc này giảm có nghĩa là gấp; hoạt động có hướng ngược lại là duỗi. Mômen lực gấp tối đa ở vị trí 20^0 (mới bắt đầu gấp), do đó đường cong này ban đầu là một đoạn tăng ngắn, còn sau đó thì giảm. Trong phạm vi hoạt động từ 10^0 đến 40^0 , sự biến thiên của mômen

lực gấp là rất nhỏ, chỉ khoảng 10%. Sau đó mômen lực giảm, ở góc 90^0 chỉ còn 40% so với tối đa. Đường cong mômen lực duỗi ban đầu tăng, đạt đến tối ưu ở góc 70^0 , và sau đó giảm xuống gần như dốc thẳng. Trong phạm vi hoạt động từ 50 đến 80^0 sự biến thiên ít hơn 10%. Ở vị trí gần như thẳng (10^0) mômen lực duỗi giảm gần 50%.

Mối quan hệ mômen lực cơ với góc hoạt động của khớp được thể hiện trước tiên là tác động đến góc gân - xương (β) hoặc cánh tay đòn r_m , đồng thời còn làm thay đổi độ dài của cơ. Để đạt đến tư thế tối ưu như vậy, thì góc gân - xương phải gần 90^0 và đồng thời cánh tay đòn phải lớn nhất, trong nhiều trường hợp, vì tư thế góc như vậy, độ dài cơ lúc đó cũng tương tự như độ dài lúc nghỉ ngơi (cơ trong trạng thái nghỉ). Tuy nhiên cần nhớ rằng, cơ bắp thường bao gồm một nhóm và mômen lực của chúng là tổng thành phần các cơ đơn lẻ tạo nên chúng. Để có tư thế tối ưu nhằm đạt được mômen lực lớn nhất, cần xác định qua thực nghiệm, bằng cách đo mômen lực cơ được thể hiện “ra bên ngoài” (xem bảng 4.2).

Các hình từ 4.14 đến 4.17 diễn tả biên độ của góc khớp, đối với những khớp này, mômen lực của những nhóm cơ được lựa chọn là những nhóm cơ lớn nhất, nhưng đồng thời sự thay đổi mômen lực quá nhỏ ở những vị trí tối ưu có thể gây cho chúng ta những sai lầm nhỏ, khi mà chúng ta muốn đo mômen lực tối đa. Ngoài ra, những đường biểu diễn này cũng cho thấy, giá trị mômen lực tối đa ở vị trí cuối cùng đã bị giảm mạnh như thế nào. Dựa trên quy luật hoạt động của những nhóm cơ này, có thể giả thiết rằng, sự sụt giảm đối với giới hạn góc khớp rõ nét hơn theo hướng cơ của cơ (gần với điểm bám).

Bảng 4.2. Biên độ của khớp, trong đó các nhóm cơ chính của các chi đạt được mômen lực tối đa

Nhóm cơ	Khớp	Góc
Gấp	Khớp khuỷu	$60 - 70^0$
Duỗi	Khớp khuỷu	$60 - 70^0$
Gấp	Khớp vai	-30^0
Duỗi	Khớp vai	$80 - 90^0$
Gấp	Khớp gối	$20 - 30^0$
Duỗi	Khớp gối	$70 - 80^0$
Gấp	Khớp hông	$20 - 30^0$
Duỗi	Khớp hông	70^0

Ghi chú: Duỗi hết mức ở khớp khuỷu, khớp gối và khớp hông là 0^0 . Tư thế của cánh tay dọc theo thân được tính là 0^0 ở khớp vai.

4.4. Các phần và các lớp của cơ

Cấu tạo ngoài của một cơ lớn thường bao gồm một bụng cơ, hai đầu có gân bám nguyên ủy và gân bám tận. Bụng cơ gồm nhiều những bó cơ nhỏ hơn, các bó này được hình thành từ những sợi cơ có hình dáng trụ dài kết nối trực tiếp với gân (tendo). Với các cơ hình dẹt, rộng như các cơ chéo bụng, chúng thường được nối với xương qua một mạc rộng (như mạc thắt lưng). Hướng của sợi với trục dọc của cơ có thể khác nhau, dựa vào đó người ta chia ra các cơ thoi (cơ đuôi cổ tay quay ngắn, cơ may, cơ thon), cơ hình lông vũ (cơ dép, cơ dưới vai) và cơ bán lông vũ (cơ đuôi ngón chân cái dài). Cơ dạng phẳng có cơ thẳng bụng, các sợi cơ chạy song song với nhau và có một vài nơi có những gân ngang. Trong cấu trúc của cơ còn có dạng cơ hai đầu bám nguyên ủy (cơ nhị đầu cánh tay), ba đầu (cơ tam đầu cánh tay) và cơ bốn đầu (cơ tứ đầu đùi). Một cơ (đôi khi chỉ là một phần của nó) có thể đáp ứng được một chức năng nhất định trong một khớp mà nó đi qua. Người ta thường gọi những phần riêng lẻ trong cùng một cơ là *akton*, chúng có thể thực hiện các chức năng khác nhau. Ví dụ cơ đen-ta gồm có ba phần, phần trước (phần đòn) thực hiện động tác đưa cánh tay ra trước, phần sau (phần gai vai) đưa cánh tay ra sau thân. Cả hai động tác này đều qua trục ngang (trục phải - trái) nhưng chúng đối kháng với nhau, chức năng đầu là gấp cánh tay, chức năng sau là duỗi cánh tay. Phần thứ ba là phần giữa (phần vai) thực hiện động tác theo trục trước - sau nghĩa là đưa cánh tay sang ngang (dạng cánh tay).

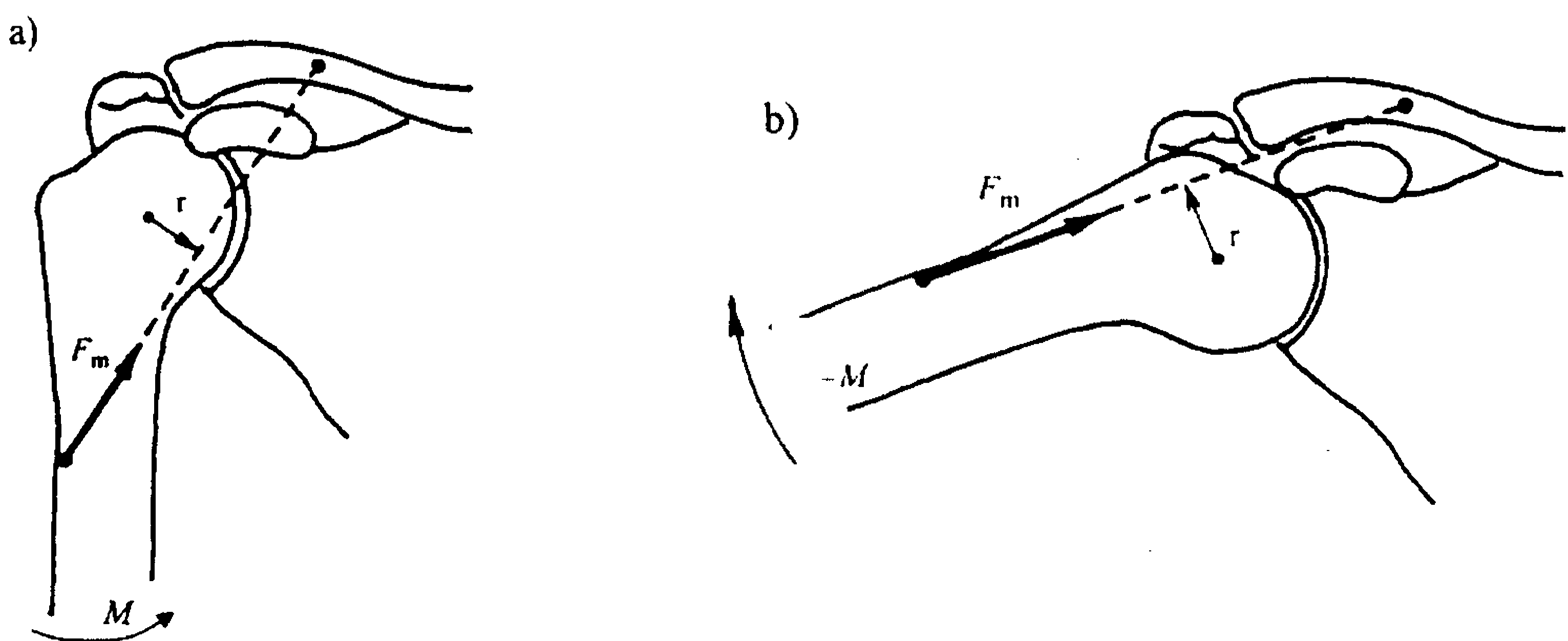
Bảng 4.3. Một số cơ của đai vai và chi trên tự do với sự phân chia thành những phần (hay những đầu) cơ và thông tin về các lớp và số lượng đáp ứng chức năng giải phẫu của chúng (theo K. Fidelus, 1977)

Cơ	Các phần hoặc đầu cơ	Lớp cơ	Số lượng chức năng
Cơ đen-ta	- Phần trước	1	4
	- Phần giữa	1	5
	- Phần sau	1	4
Cơ nhị đầu cánh tay	- Đầu dài	3	5
	- Đầu ngắn	3	4
Cơ tam đầu cánh tay	- Đầu dài	2	3
	- Đầu ngoài	1	1
	- Đầu trong	1	1

Đầu dài cơ nhị đầu cánh tay như một phần của cơ có ba lớp, vì nó hỗ trợ thực hiện đối với khớp vai, khớp cánh tay - trụ và khớp quay - trụ (trên), thực hiện chức năng: gấp, dạng và sấp ở khớp vai, gấp ở khớp khuỷu và ngửa ở khớp quay - trụ trên.

4.5. Chức năng của cơ, tính tương đối về giải phẫu chức năng

Một trong những nguyên nhân làm thay đổi hoạt động của akton là thay đổi hướng vectơ lực của nó đối với trục quay. Ví dụ phần trước (phần đòn) của cơ den-ta thực hiện động tác khép và xoay cánh tay vào (Hình 4.18a). Nhưng khi nâng cánh tay, lúc này phần trước cơ này lại gây nên mômen lực dạng cánh tay (xem hình 4.18b) và chống lại (đối kháng) lực của nó trước đó. Tương tự như vậy, khi phân tích kết quả vectơ lực của hai cơ (hay hai phần của một cơ) khác, ví dụ như vectơ lực cơ lưng rộng sẽ có các hoạt động như khép, xoay vào và duỗi cánh tay; khi cánh tay ở vị trí sau lưng, các vectơ lực cơ này kích hoạt mômen lực gấp, cùng với sự hỗ trợ hoạt động của phần sườn - đòn của cơ ngực to. Ở vị trí trung lập, tức là khi cánh tay dọc theo thân, cơ lưng rộng trở về với chức năng chính của chúng là duỗi cánh tay, và cơ đối kháng của chúng là cơ ngực to.

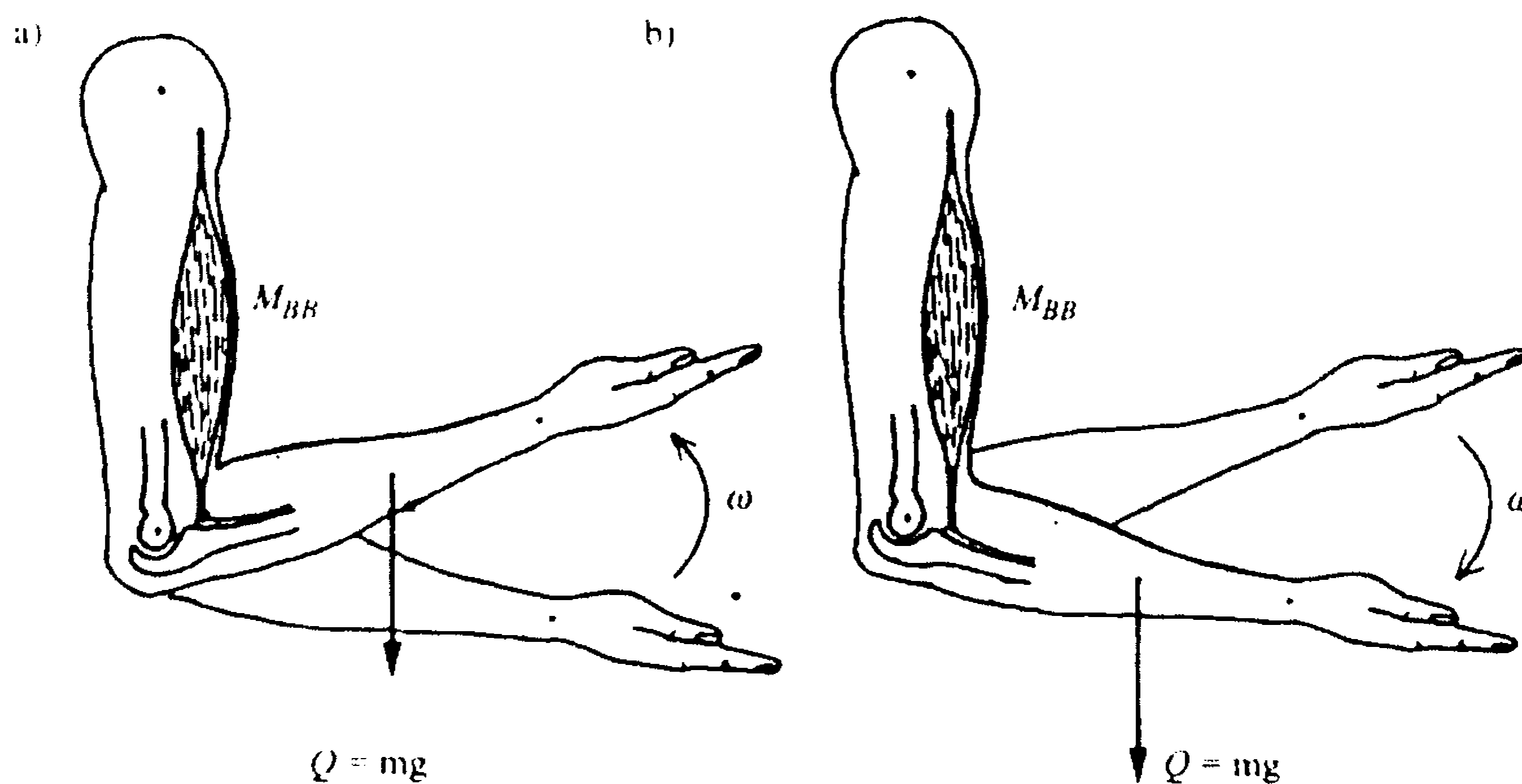


Hình 4.18. Một ví dụ về sự thay đổi chức năng giải phẫu của phần trước (phần đòn) cơ den-ta từ sự thay đổi vị trí tương quan với trục chính diện (trước -sau) của khớp vai: a) mômen lực khớp (M), b) mômen lực dạng cánh tay ($-M$) (theo K. Fidelus, 1977)

4.5.1. Sự tương tác giữa mômen lực cơ với mômen lực cản bên ngoài

Chức năng của hệ cơ vẫn được mô tả ở môn giải phẫu học chỉ đơn thuần là sự trình bày về vị trí và cấu trúc của cơ mà không đề cập đến tình huống liên quan giữa hệ vận động với sự tác động từ bên ngoài. Tình huống như vậy rất khó thực hiện, bởi vì việc phân tích chức năng của cơ hoạt động tại các khớp cần phải được xem xét trong điều kiện thực tế cùng với mômen lực tác động (hay mômen lực cản) bên ngoài. Nếu không, sự phân tích này sẽ không phản ánh điều kiện thực tế hoạt động của cơ bắp, từ đó sẽ dẫn đến kết luận thiếu chính xác. Chúng ta hãy xem xét vấn đề này qua một ví dụ đơn giản là gấp và duỗi ở khớp khuỷu. Chức năng giải phẫu gấp khuỷu được thực hiện bởi nhóm cơ gấp, trong đó cơ chính có tính quyết định hoạt động gấp là cơ nhị đầu cánh tay (*m. biceps brachii*). Để đơn giản hóa khi xem xét,

chúng ta giả định rằng, các cơ khác không tham gia hoạt động (cả cơ gấp và duỗi) và hoạt động của cẳng tay chỉ do một cơ duy nhất.



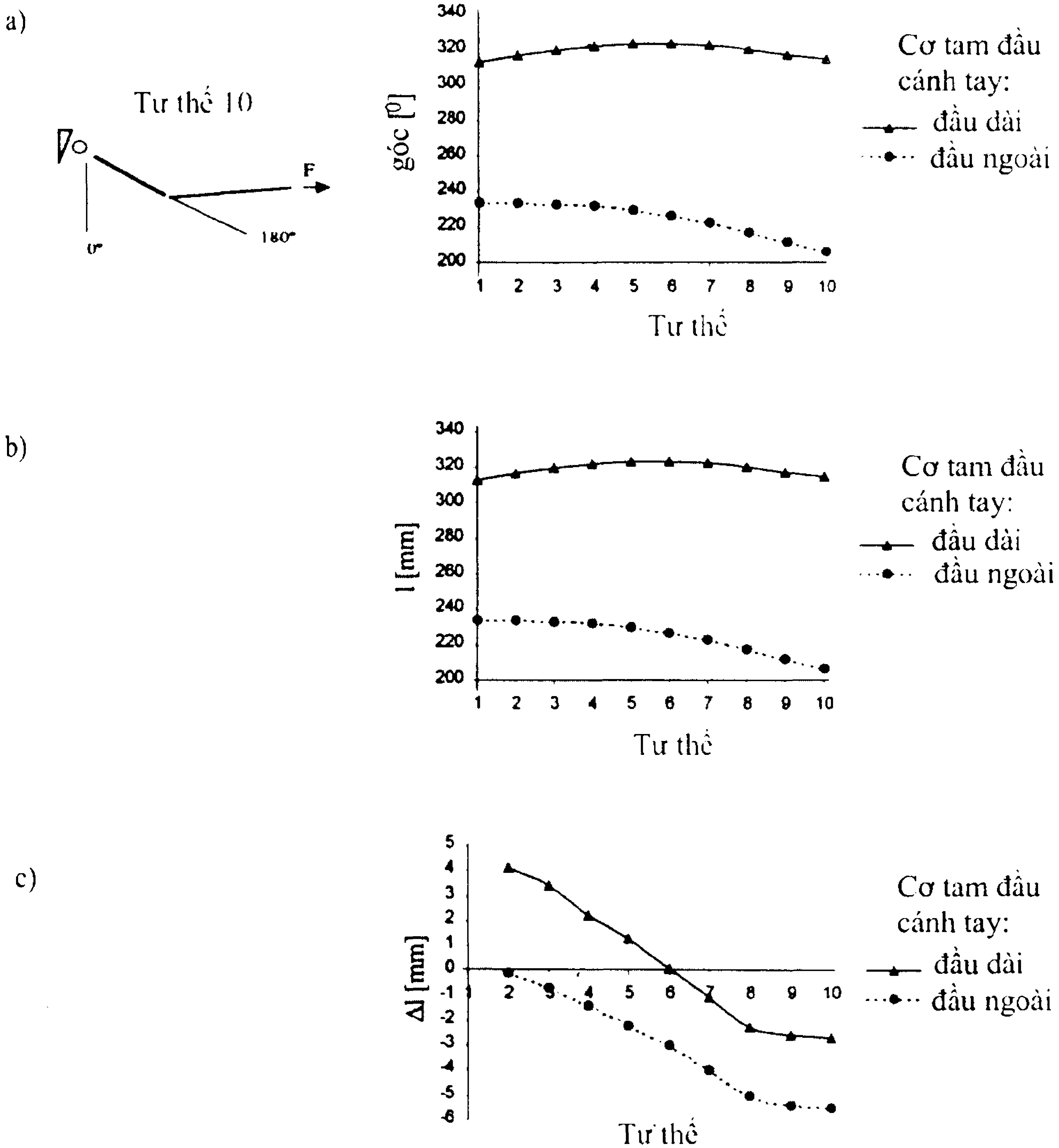
Hình 4.19. Cơ gấp khuỷu M_{BB} hoạt động (a) khắc phục (hướng tâm) chống lại mômen trọng lực. (b) Mômen trọng lực làm duỗi khớp khuỷu. Nếu cơ M_{BB} bị kích thích sẽ như một cơ duỗi, phản ánh sự hoạt động nhượng bộ của cơ.

Để thực hiện gấp ở khớp khuỷu, cần sử dụng mômen lực cơ thích hợp M_{BB} , với sự tham gia tích cực của cơ nhị đầu cánh tay (Hình 4.19a). Trên hình ảnh, chúng ta thấy động tác gấp khớp khuỷu gây ra bởi hoạt động của cơ, hoàn toàn phù hợp với chức năng giải phẫu của chúng. Bây giờ chúng ta xem xét tình huống ngược lại liên quan đến động tác duỗi và gấp khớp khuỷu. Trong trường hợp không có bất kỳ sự tác động nào của ngoại lực lên cẳng tay, hoạt động duỗi đòi hỏi phải có sự tham gia tích cực của các cơ làm duỗi khớp với sự tác động phù hợp với chức năng giải phẫu của chúng. Tuy nhiên, nếu tính đến sự tác động lên cẳng tay bởi trọng lực $Q = m.g$, thì có thể cẳng tay sẽ duỗi, mà hoàn toàn không liên quan đến hoạt động của cơ duỗi. Rất có thể, sự tác động lên cẳng tay bởi trọng lực Q , tạo ra mối tương quan qua trục khớp khuỷu mômen lực M_Q , là mômen lực làm duỗi khớp (Hình 4.19b). Trên cơ sở đó có thể nói rằng, hoạt động duỗi có thể được thực hiện ngay cả khi kích thích cơ nhị đầu cánh tay; đủ để tạo ra mômen lực M_{BB} có giá trị nhỏ hơn mômen trọng lực M_Q .

Như vậy là, mặc dù không có sự tham gia (không hoạt động) của cơ duỗi, động tác duỗi khớp khuỷu vẫn có thể được thực hiện nếu kích thích cơ nhị đầu cánh tay (cơ làm gấp khớp). Nếu chú ý quan sát trong hoạt động thực tế, chúng ta cũng có thể nhận thấy một trường hợp nghịch lý là, duỗi cẳng tay được thực hiện bằng cơ gấp cẳng tay.

Thực ra hoạt động duỗi được thực hiện bởi mômen trọng lực M_Q , và hoạt động của cơ nhị đầu cánh tay giữ vai trò cản trở, ảnh hưởng đến vận tốc của khớp ω . Vai trò hãm của cơ được xác định như là một hoạt động nhượng bộ (ly tâm).

4.5.2. Cơ hai khớp và hoạt động của chúng

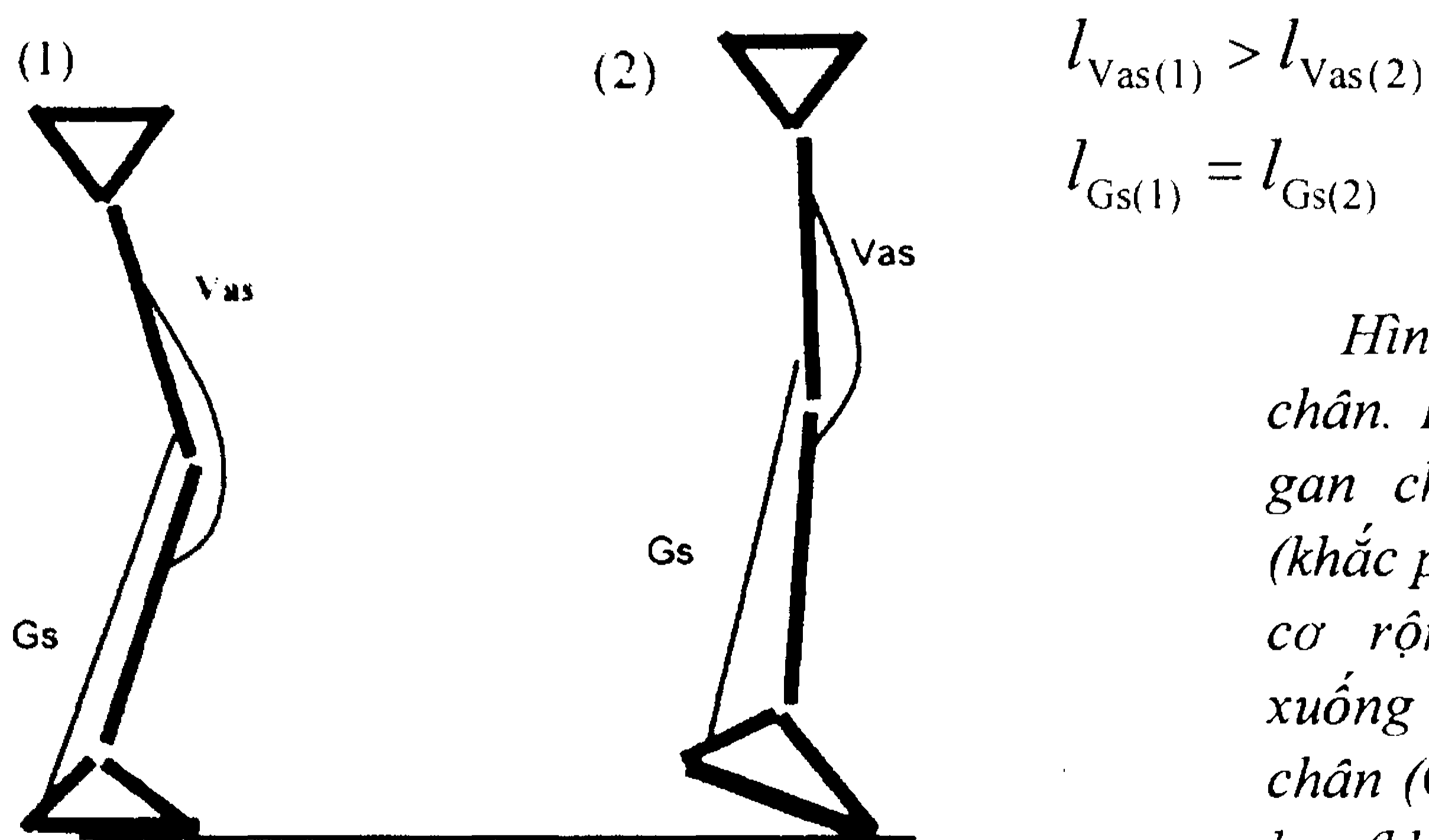


Hình 4.20. Bài tập chống đẩy: Các động tác bao gồm gập ở khớp vai (từ tư thế 0 đến 70°) và duỗi ở khớp khuỷu (từ tư thế 60° đến 170°). Trên đồ thị, toàn bộ bài tập được chia làm 10 đoạn (10 tư thế). Hình 4.20a – những thay đổi góc độ của khớp. 4.20b – độ dài của hai đầu cơ tam đầu cánh tay (đầu dài và đầu ngoài); 4.20c – thay đổi độ dài của các đầu cơ này; giá trị dương có nghĩa là dài ra, giá trị âm là ngắn lại. Có thể thấy rằng, đầu ngoài (*caput laterale*) làm duỗi khớp khuỷu, phù hợp với chức năng giải phẫu của nó. Đầu dài (*caput longum*) ban đầu bị kéo dài, đến tư thế trung gian (6) thì không thay đổi chiều dài và từ thời điểm đó thì cùng hoạt động với đầu ngoài. (dựa trên mô hình SHOULDER của A. Sieminski và cộng sự 1995).

Hoạt động của tất cả các phần (các đầu) của cơ tam đầu cánh tay là làm duỗi khớp khuỷu - một trong các đầu đó là đầu dài (đi qua hai khớp). Chúng ta hãy xem xét trường hợp được thể hiện trong hình 4.20 a, b và c. Ở động tác chống đẩy, gồm các mômen lực: gấp cánh tay (ở khớp vai) và duỗi ở khớp khuỷu. Gấp cánh tay do phần trước (phần đòn) của cơ đên-ta và các cơ đồng vận với nó tham gia; duỗi ở khớp khuỷu là do hoạt động của ba đầu của cơ tam đầu cánh tay. Qua sự hoạt động liên tục ở những khớp này, có thể nhận thấy, hoạt động duỗi khớp khuỷu là kết quả hoạt động chỉ riêng đầu ngoài và đầu trong của cơ tam đầu cánh tay (phần cơ một khớp). ngược lại, không thấy sự tham gia của đầu dài cơ này (phần cơ hai khớp). Khi đáp ứng những thay đổi đồng thời ở cả hai khớp, đầu dài có thể không thay đổi độ dài của nó, bởi vì, khi đầu này càng co ngắn để duỗi khớp khuỷu bao nhiêu thì nó lại càng dài ra khi gấp ở khớp vai bấy nhiêu. Hoạt động của nó trong trường hợp này là không hiệu quả và cơ không bị kích thích, nghĩa là trong trạng thái nghỉ.

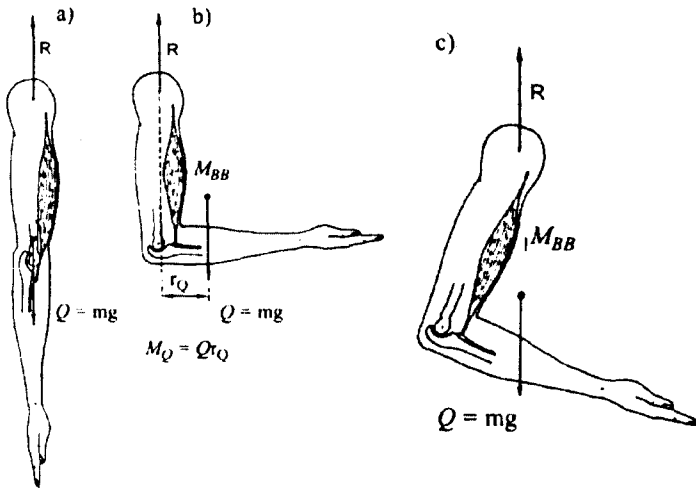
4.5.3. Sự truyền động mômen lực cơ

Cơ tứ đầu đùi có chức năng giải phẫu là duỗi khớp gối, nói cách khác, khi duỗi gối thì cơ này co ngắn lại (ít nhất là ba cơ rộng). Có thể lập luận rằng, sự hoạt động khắc phục của các phần cơ này có thể “chuyển” sang khớp gối, mà chúng ta gọi là sự truyền mômen lực cơ, với sự tương tác của nó làm tăng lực ở bàn chân, cụ thể là thực hiện động tác gấp gan chân. Khi kích thích hai cơ bụng chân trong và bụng chân ngoài nằm ở phía sau cẳng chân, có điểm bám nguyên ủy ở móm trên lồi cầu trong và móm trên lồi cầu ngoài đầu dưới xương đùi và bám tận vào củ xương gót bởi gân A-sin thì cơ bụng chân hoạt động theo chế độ khắc phục, các cơ rộng của đùi (ba cơ rộng) làm duỗi gối tác động đến bàn chân co ở chế độ tĩnh lực, nghĩa là không có sự thay đổi chiều dài của chúng. Trong khi duỗi gối và đứng trên mũi chân (kiễng), vị trí đầu xa của cơ bụng chân trong và ngoài thay đổi bao nhiêu thì đầu gần với tác dụng duỗi gối thay đổi bấy nhiêu - làm gấp gan chân tại khớp sên - cẳng chân (xem hình 4.21).



Hình 4.21. Đứng bằng mũi chân. Duỗi gối đồng thời với gấp gan chân. Hoạt động động lực (khắc phục) của cơ tứ đầu đùi (các cơ rộng- Vas) được “chuyển” xuống bàn chân, khi đó cơ bụng chân (Gs) hoạt động ở chế độ tĩnh lực (không thay đổi độ dài).

Một ví dụ khác về sự truyền mômen lực có tác dụng thứ yếu làm duỗi khớp vai bởi cơ nhị đầu cánh tay (là cơ gấp khớp này) do động tác gấp khớp khuỷu. Trong ví dụ này, nhờ sự tương tác của lực cơ với trọng lực có thể xem như việc gấp khớp khuỷu có thể dẫn đến duỗi khớp vai (Hình 4.22). Hoạt động động lực (chế độ khác phục) của cơ nhị đầu cánh tay làm gấp khớp khuỷu. Lực hấp dẫn (hay trọng lực), khi không có sự kích thích cơ ở xung quanh khớp vai, sẽ làm cho trọng tâm của toàn bộ chi trên tự tìm đến vị trí dưới điểm treo (tức là khớp vai), do đó có thể gây ra chuyển động quay của cánh tay ra sau, có nghĩa là duỗi cánh tay.



Hình 4.22. Thay đổi vị trí ở khớp vai gây ra sự tương tác của cơ nhị đầu cánh tay, làm gấp khớp khuỷu với lực hấp dẫn (trọng lực). a) tay thả lỏng (treo) tự nhiên, trọng tâm của tay ở dưới điểm treo, tức là khớp vai; b) gấp khớp khuỷu do cơ cánh tay trước M_{BB} (cơ một khớp); c) mômen lực hấp dẫn làm duỗi cánh tay (cánh tay chuyển động ra sau).

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG IV

1. Phân biệt sự khác nhau giữa các dạng đòn bẩy và cho ví dụ vận dụng trên cơ thể?
2. Trình bày ảnh hưởng của góc gân - xương đến giá trị lực cơ; khi thay đổi cánh tay đòn và giá trị góc gân - xương sẽ dẫn đến sự thay đổi giá trị mômen lực-hãy giải thích?
3. Tiến hành thực nghiệm đo mômen lực của một nhóm cơ trong phòng thí nghiệm (câu hỏi thực hành).
4. Nêu những nhận xét về các phần và các đầu của một cơ lớn đối với hoạt động của chúng?
5. Trình bày sự tương tác (tác dụng lẫn nhau) giữa mômen lực cơ với mômen lực cản bên ngoài?
6. Cơ hai khớp và hoạt động của chúng?
7. Cho một ví dụ khác với các trường hợp được phân tích trong tài liệu về sự truyền động mômen lực cơ?

CHƯƠNG 5

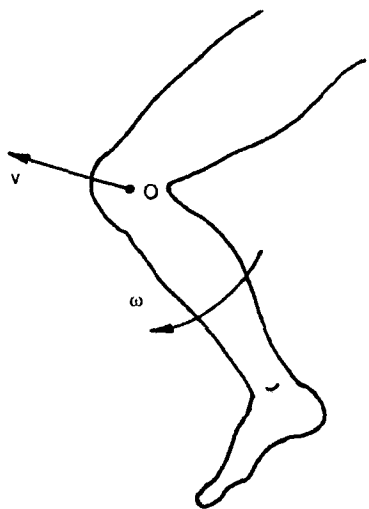
ĐẶC TÍNH QUẢN TÍNH CỦA CƠ THỂ

5.1. Chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay của các bộ phận cơ thể

Cấu trúc của hệ xương - khớp có thể chỉ giới hạn hoạt động các bộ phận cơ thể ở khớp đối với chuyển động quay. Có nghĩa là, hai bộ phận cơ thể liền kề nối với nhau bởi một khớp có thể di chuyển tương đối với nhau chỉ bằng hoạt động quay. Đồng thời trục của khớp là một yếu tố hình thành một cơ cấu phức tạp gọi là một chuỗi động học - có thể chuyển dịch trong không gian, thực hiện chuyển động tịnh tiến. Như vậy là, chúng ta cần phải hiểu rõ hai loại chuyển động: chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay. Chúng là những chuyển động độc lập vì tính chất của chúng hoàn toàn khác nhau và nguyên nhân gây ra chuyển động cũng khác nhau, giữa chúng không có thành phần chung, một trong số chúng có thể được mô tả như một sự kết hợp với thành phần thứ hai. Một vật thể bất kỳ (nằm trong vật này hoặc một bộ phận cơ thể người) trên nguyên tắc có thể chuyển dịch bằng chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay hoặc đồng thời cả hai dạng chuyển động trên. Trong trường hợp cuối, thành phần của một bộ phận cơ thể di chuyển bao gồm cả tịnh tiến và quay, là một dạng chuyển động phức hợp hay chuyển động tự do (ví dụ chuyển động của cẳng chân của vận động viên khi chạy). Quay trở lại vấn đề lý thuyết, có thể nói rằng, mỗi chuyển động tự do của vật thể (vật rắn) có thể được thể hiện như sự chuyển động của hai dạng chuyển động độc lập: tịnh tiến và quay. Theo quan điểm đã nói ở trên, hoạt động - ví dụ như cẳng chân của vận động viên chạy ngắn - (và thành phần của nó trong mặt phẳng đứng dọc) có thể được thể hiện là tổng của hai chuyển động độc lập: chuyển động quay theo trục phải - trái của khớp gối và chuyển động tịnh tiến theo cách di chuyển theo trục của chuyển động quay (Hình 5.1).

Chuyển động là một hiện tượng gồm sự di chuyển của vật thể có tính tương đối. Trong đó hàm chứa một ý rằng, cá thể A đang chuyển động dựa vào sự thay đổi vị trí tương đối của nó so với cá thể B cùng nằm trên một hệ quy chiếu. Như vậy, khi tiến hành quan sát, chúng ta có thể xác định, cá thể A mà chúng ta quan tâm có (hoặc không) chuyển động tương đối so với cá thể B. Việc mô tả tình huống trên được trình bày như một ví dụ thông thường khi quan sát, nghiên cứu và mô tả chuyển động của cơ thể, bởi vì nó thể hiện một tính chất cơ bản của chuyển động như là một hiện tượng, được gọi là thuyết tương đối của chuyển động. Chuyển động của vật rắn được xác định bởi các ngoại lực đặt vào nó. Một chuyển động phức tạp

của vật rắn có thể phân tích thành hai dạng chuyển động: chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay.



Hình 5.1. Chuyển động của cẳng chân của vận động viên chạy như một chuyển động hợp thành của chuyển động quay tương đối qua trục O với tốc độ góc ω và chuyển động tịnh tiến với tốc độ v .

Để tiến hành quan sát (hay đo lường, mô tả...) chuyển động của cơ thể, trước hết cần phải xác định hệ quy chiếu (thường không chuyển động) cho việc thực hiện quan sát và đo lường, điều đó phụ thuộc vào hình dáng bên ngoài của quá trình chuyển động. Sự thay đổi hệ quy chiếu có thể dẫn đến sự thay đổi hình ảnh hoạt động thí nghiệm, ví dụ hoạt động của cẳng chân của vận động viên chạy được quan sát có tính tương đối so với hệ quy chiếu liên quan với đùi là chuyển động quay có tính chu kỳ. Hình ảnh của chuyển động tịnh tiến của cẳng chân cũng tương tự như vậy, nhưng có tính tương đối so với hệ quy chiếu liên quan với mặt đất. Như vậy, ngoài các thành phần quay so với đùi còn có cả thành phần chuyển động tịnh tiến so với mặt đất (như trong hình 5.1).

5.1.1. Chuyển động tịnh tiến

Chuyển động tịnh tiến là chuyển động mà mọi điểm thuộc vật rắn vạch ra những quỹ đạo có thể là cong hoặc thẳng giống nhau, nghĩa là chuyển động mà vật không quay xung quanh trục đi qua nó.

Từ khái niệm này cho thấy, vật thể chuyển động tịnh tiến có thể di chuyển mà không làm thay đổi cấu trúc hình học của chúng, có nghĩa là, vật rắn cũng như tất cả các chất điểm di chuyển theo cùng một đường với tốc độ và gia tốc như nhau. Như vậy, để mô tả chuyển động tịnh tiến của cơ thể, chỉ cần mô tả sự chuyển động của một chất điểm. Trong nhiều trường hợp, người ta thường chọn điểm đó là khối tâm của vật (trọng tâm của vật). Qua đó có thể đưa ra kết luận sau: đặc điểm của cơ thể trong chuyển động tịnh tiến có thể được mô hình hóa một cách đầy đủ bằng cách sử dụng chất điểm, trong đó hội tụ tất cả các lực tác động lên vật thể. Ảnh hưởng tác

động của những lực này được mô tả bằng định luật II của Niu-ton: gia tốc \vec{a} phụ thuộc vào khối lượng m của vật thể, tỷ lệ thuận với lực tác dụng \vec{F} và tỷ lệ nghịch với khối lượng m của vật thể:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \approx m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (5.1)$$

trong đó $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$ là hợp lực của các lực tác dụng vào vật *

Ở một khía cạnh khác, định luật này cho thấy rằng, sự thay đổi các tham số chuyển động tịnh tiến của vật (nghĩa là thay đổi giá trị vận tốc, hoặc hướng của chuyển động) là do bị tác động bởi tác động của một ngoại lực trong khoảng thời gian ngắn. Do thời gian tác dụng rất ngắn nên lực tác dụng phải có độ lớn đáng kể để làm đổi hướng của vật, nghĩa là nếu lực có độ lớn đáng kể tác dụng lên một vật trong khoảng thời gian ngắn, có thể gây ra biến đổi đáng kể trạng thái chuyển động của vật. Khi một lực \vec{F} tác dụng lên một vật trong khoảng thời gian Δt thì tích $\vec{F} \cdot \Delta t$ là *xung lượng của lực* trong khoảng thời gian tác động Δt , với giả thiết là lực \vec{F} không đổi trong thời gian tác dụng (đơn vị xung lượng của lực là Niuton giây - N.s). Tác dụng xung lượng của lực có thể giải thích dựa vào định luật II Niu-ton như sau: giả sử lực \vec{F} tác dụng lên vật khối lượng m đang chuyển động với vận tốc \vec{v}_1 . Trong khoảng thời gian tác dụng Δt , vận tốc của vật biến đổi thành \vec{v}_2 , nghĩa là vật có gia tốc, từ (5.1) ta có **:

$$m \cdot \Delta \vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t \quad (5.2)$$

Vế phải chính là xung lượng của lực F trong khoảng thời gian Δt , còn vế trái là độ biến thiên của động lượng (\vec{p}) do sự tác động của lực F .

Công thức 5.2 cho thấy: *Độ biến thiên động lượng của một vật trong một khoảng thời gian nào đó bằng xung lượng của tổng các lực tác dụng lên vật trong khoảng thời gian đó.*

5.1.2. Chuyển động quay

Chuyển động quay là chuyển động trong đó tất cả các điểm trên vật thể di chuyển theo một đường tròn đồng tâm trong một khoảng thời gian như nhau với cùng một vận tốc góc.

*. Xem lại tiểu mục 3.2.2: lực hợp thành.

** . Xem lại tiểu mục 3.2.2: động lượng.

Từ định nghĩa trên cho thấy, chuyển động quay làm di chuyển vật rắn diễn ra xung quanh trục quay, các điểm trên vật rắn là cố định, chúng chuyển động với một vận tốc góc như nhau. Quỹ đạo di chuyển trong chuyển động quay được xác định qua góc được giới hạn bởi bán kính nối các điểm quan sát từ trục quay (đỉnh của góc này nằm trên trục quay). Trên phương diện hình học cho thấy rằng, để mô tả chuyển động quay của vật thể, nhất thiết phải có hai điểm quan sát, trong đó ít nhất một điểm phải nằm ngoài trục quay. Nguyên nhân gây ra chuyển động quay của cơ thể là mômen lực.

Như trên đã đề cập (mục 3.2.2):

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot r$$

Trong đó: \vec{M} – mômen lực

F – lực tác động lên vật quay

r – bán kính từ vật đến trục quay

Trong chuyển động quay của vật thể rắn, nếu không có mômen lực tác động lên vật, mômen động lượng của vật thể sẽ không thay đổi theo thời gian. Khi có mômen lực, M , mô men động lượng, L , thay đổi theo phương trình tương tự như định luật 2 Newton:

$$\vec{M} = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Nếu mô men quán tính của vật thể không thay đổi, phương trình trên trở thành:

$$\vec{M} = I \cdot \vec{\epsilon} = I \cdot \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} \quad (5.3)$$

trong đó:

\vec{M} – Kết quả mômen lực tác động lên vật rắn

I – mômen quán tính của vật rắn

$\vec{\epsilon}$ – gia tốc góc sinh ra do tác động của mômen lực M

$\Delta \vec{\omega}$ – biến đổi vận tốc góc diễn ra trong thời gian Δt

Qua phương trình trên cho thấy: mômen lực \vec{M} tác động lên vật rắn tạo ra gia tốc góc $\vec{\epsilon}$ với giá trị tỷ lệ thuận với mômen lực và tỷ lệ nghịch với mômen quán tính I . Có thể dễ dàng nhận thấy có sự tương đồng giữa các hàm số của phương trình chuyển động quay của vật rắn và định luật II Niu-ton (có hiệu lực trong chuyển động

quay). Điều tương tự này có tính giới hạn, trong những phần tiếp theo chúng ta sẽ đề cập đến những tình huống, trong đó tính tương đồng như vậy không xảy ra.

Từ phương trình (5.3) có thể suy ra định lý về mômen động lượng:

$$\Delta t \cdot \vec{M} = I \cdot \Delta \vec{\omega} = I(\vec{\omega}_k - \vec{\omega}_p) \quad (5.4)$$

Trong đó:

$\vec{\omega}_k$ - tốc độ cuối tại thời điểm Δt

$\vec{\omega}_p$ - tốc độ ban đầu xuất hiện vào lúc bắt đầu của khoảng thời gian Δt

Định lý này cho thấy: sự thay đổi mômen động lượng của vật rắn ($I \cdot \Delta \vec{\omega}$) bằng xung lượng của lực ($\Delta t \cdot \vec{M}$) tác động lên nó.

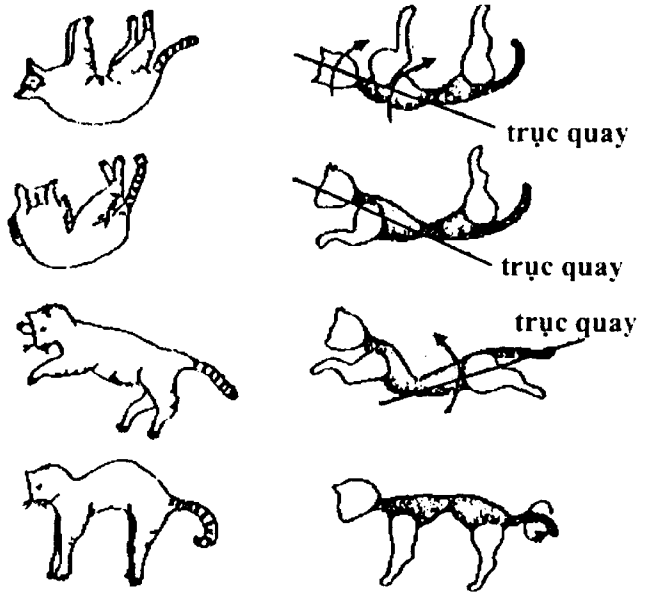
Một trường hợp đặc biệt của định lý trên được gọi là định luật bảo toàn mômen động lượng, đề cập đến tình huống mômen lực tác động lên vật rắn bị triệt tiêu (hoặc bằng 0). Định luật này phát biểu:

Nếu: $\vec{M} = 0$

Thì: $\Delta t \cdot \vec{M} = 0,$

Do đó: $0 = I \cdot \vec{\omega}_k - I \cdot \vec{\omega}_p$

Có nghĩa là mômen động lượng của vật rắn $I \cdot \vec{\omega}$ là không đổi. Cần lưu ý rằng, điều này không có nghĩa là, giá trị vận tốc góc ở đây là cố định, bởi vì nó sẽ thay đổi theo sự thay đổi của mômen quán tính I . Dưới dạng tổng quát, định luật trên được phát biểu đối với hệ thống cơ thể là: nếu trong hệ thống cơ thể chỉ có lực bên trong (kết quả của mômen lực bên ngoài với trục quay bằng không) thì tổng mômen động lượng của hệ thống vẫn không đổi. Từ định luật này chúng ta thấy rằng, nếu hệ thống cơ thể, dưới tác động của nội lực, sẽ làm thay đổi mômen quán tính của hệ thống (bằng cách thay đổi vị trí các bộ phận trong thành phần của chúng đối với trục quay), do mômen động lượng của hệ thống là cố định, nên nó phải thay đổi tốc độ góc. Từ định luật này, chúng ta có thể giải thích hiện tượng con mèo “rơi trên bốn chân” (Hình 5.2). Nếu như bắt đầu rơi từ lưng, thì sự thiết lập vô thức trong chuyển động quay phần sau cơ thể cùng với đuôi, tạo cho nó một mômen động lượng khác nhau từ số không. Tổng mômen động lượng của con vật vẫn không đổi, phần trước của cơ thể thực hiện quay theo hướng ngược lại, tạo nên sự cân bằng mômen động lượng với phần sau.

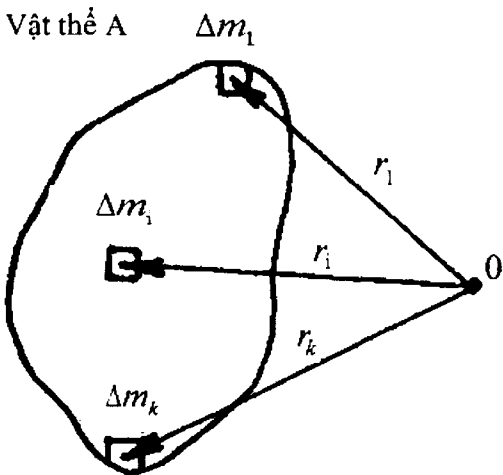


Hình 5.2. Hiện tượng con mèo rơi sử dụng định luật bảo toàn mômen động lượng

Nếu trong hệ thống cơ thể chỉ có nội lực (kết quả của mômen ngoại lực với trục quay bằng không) thì tổng mômen động lượng của hệ thống vẫn không đổi.

Mômen quán tính

Mômen quán tính là một đại lượng đặc trưng cho mức quán tính của cơ thể trong chuyển động quay. Để xác định mômen quán tính của vật thể A đối với trục quay 0, cần chia vật thể A ra k phần có kích thước nhỏ với trọng lượng Δm_i đồng thời xác định khoảng cách r_i của mỗi phần đến trục quay 0; tổng của tích các thành phần Δm_i liên tiếp với bình phương khoảng cách của nó đến trục quay r_i^2 sẽ cho ta một giá trị gần đúng của mômen quán tính (Hình 5.3).



$$I \approx \sum_{i=1}^k \Delta m_i \cdot r_i^2$$

$$I = \lim_{\Delta m_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^k \Delta m_i \cdot r_i^2$$

Hình 5.3. Giải trình về định lý mômen quán tính

Khi xác định giá trị mômen quán tính, sẽ càng chính xác nếu càng chia nhỏ số lượng thành phần Δm_i của vật thể A. Thật ra, giá trị chính xác của mômen quán tính phải được tính bằng giá trị giới hạn:

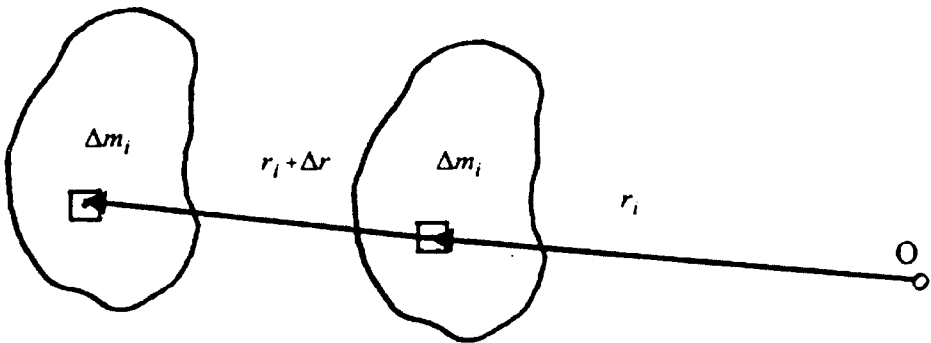
$$I = \lim_{\Delta m_i \rightarrow 0} \sum_{i=1}^k \Delta m_i \cdot r_i^2 \quad (5.5)$$

Định lý mômen quán tính

Phương trình 5.5 cho thấy giá trị mômen lực của chất rắn phụ thuộc vào vị trí tương đối của nó so với trục quay. Nếu vật thể A được thể hiện trong hình 5.4 đặt cách xa (bán kính) trục quay O, thì theo định nghĩa, mômen lực sẽ tăng, bởi vì:

$$\Delta m_i \cdot r_i^2 < \Delta m_i \cdot (r_i + \Delta r)^2 \quad (5.6)$$

Tương tự như vậy, nếu vật thể A gần trục quay hơn sẽ làm giảm mômen quán tính của nó. Sự thay đổi đó sẽ còn nhận thấy cho đến khi trọng tâm của vật thể nằm trên trục quay, khi đó mômen quán tính có giá trị nhỏ nhất. Giá trị của mômen quán tính trong trường hợp trục của nó đi qua trọng tâm của vật được gọi là *mômen quán tính trung tâm*.



$$\Delta m_i \cdot r_i^2 < \Delta m_i \cdot (r_i + \Delta r)^2$$

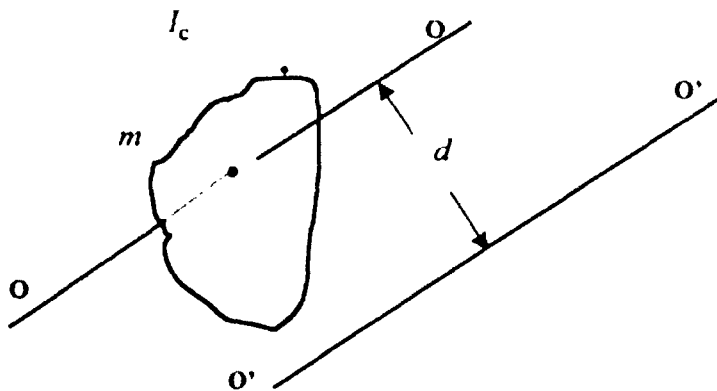
Hình 5.4. Mômen quán tính của vật thể A phụ thuộc vào khoảng cách của nó đến trục quay

Mômen quán tính trung tâm của vật thể A là mômen quán tính được xác định đối với trục đi qua trọng tâm vật thể.

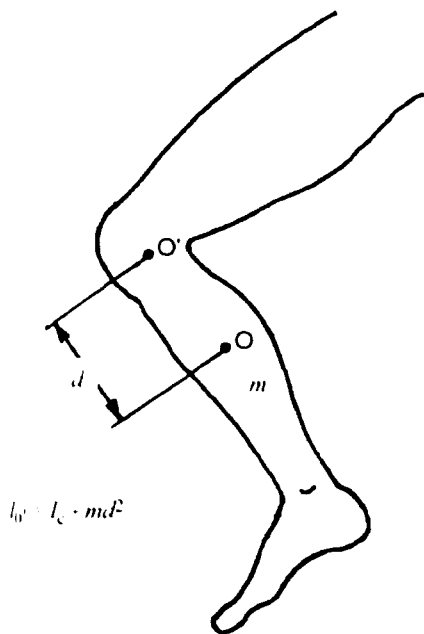
Những hiểu biết về giá trị mômen quán tính trung tâm của cơ thể được ứng dụng vào thực tế, nó cho phép xác định các dạng mômen quán tính khác (là dạng không đi qua trọng tâm). Phương pháp có thể thực hiện là giải thích định lý về mômen quán tính như thế nào (định lý Steiner): mômen quán tính của vật rắn A đối với trục O' bằng tổng mômen quán tính trung tâm I_c (đối với trục O và song song với

trục O') và tích trọng lượng m của vật với bình phương khoảng cách d giữa trục O và O' (Hình 5.5 và 5.6).

$$I_{O'} = I_c + md^2 \quad (5.7)$$



Hình 5.5. Minh họa định lý về mômen quán tính, $I_{O'} = I_c + md^2$



Hình 5.6. Áp dụng định lý Steiner để xác định mômen quán tính của cẳng chân với trục phải-trái của khớp gối: $I_{O'} = I_c + md^2$ Trong đó:

I_c – mômen quán tính trung tâm của cẳng chân được xác định đối với trục ngang.

$I_{O'}$ – mômen quán tính của cẳng chân đối với trục ngang khớp gối.

O' – trục ngang của khớp gối

O – trục ngang qua trọng tâm của cẳng chân

d – khoảng cách giữa hai trục bằng khoảng cách từ trọng tâm cẳng chân đến trục khớp gối O'

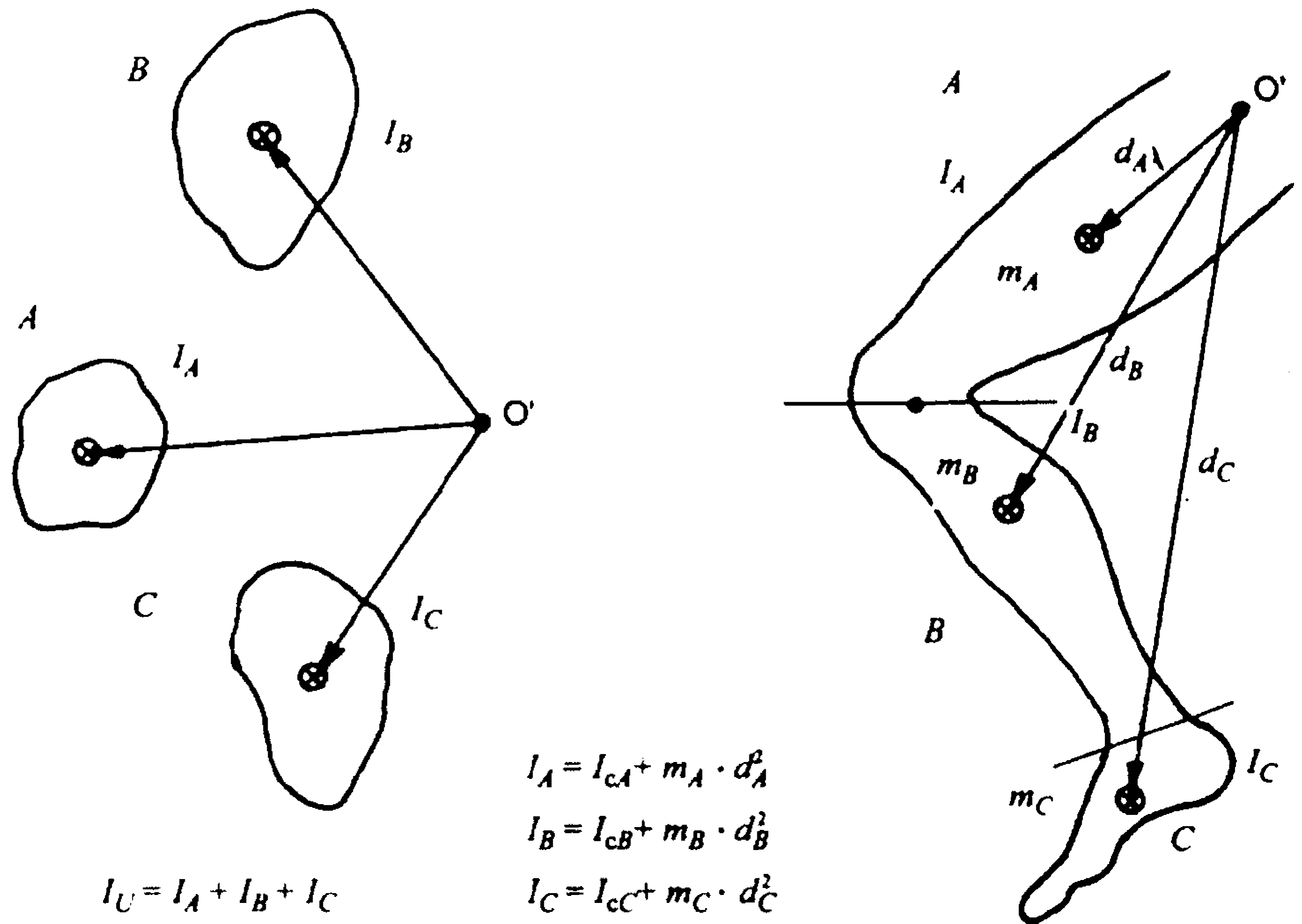
m – trọng lượng của cẳng chân

Mômen quán tính của hệ rắn

Chúng ta hãy hình dung có một hệ của một số khối rắn (Hình 5.7) di chuyển theo chuyển động quay quanh trục O với giá trị quán tính của chúng là I_A, I_B, I_C . Mômen quán tính của hệ này bằng tổng mômen quán tính từng thành phần của chúng, được thiết lập trên cùng một trục O .

Chuyển động quay trong các hoạt động thể dục thể thao

Những hoạt động quay của con người có thể được thực hiện xung quanh các trục xác định qua: các hoạt động của chi ở các khớp, động tác quay, các động tác trên xà ...; hoặc trong các động tác tự do ở các môn thể thao khác nhau như: quay trên không, san-tô, xoay và quay một chân trong trượt băng nghệ thuật v.v...



Hình 5.7. Mômen quán tính của hệ ba vật thể là tổng mômen thành phần của hệ được thiết lập qua một trục chung O'

Chuyển động quay của con người có thể diễn ra xung quanh trục quay cố định và tự do.

Trục tự do đi qua trọng tâm đồng thời đáp ứng điều kiện là mômen quán tính của vật rắn (hoặc người) đối với chúng là lớn nhất hoặc nhỏ nhất. Trục tương ứng với mômen quán tính (trung tâm) nào là lớn nhất, đó là trục cố định. Nghĩa là, nếu vật thể quay xung quanh trục này thì nó sẽ có hướng theo hướng tác động của mômen ngoại lực, thì các lực ly tâm sẽ làm cho vật thể quay trở lại vị trí ban đầu đối với trục quay. Trục tương ứng với mômen lực nhỏ nhất là trục không cố định (tự do), có nghĩa là, bất cứ sự tác động nào gây ra sự thay đổi vị trí của nó (ví dụ, chuyển hướng) sẽ chuyển cơ thể quay quanh trục cố định, tức là trục của mômen quán tính lớn nhất. Giá trị mômen quán tính đối với trục chính của cơ thể trong một số tư thế, được trình bày trong bảng 5.1.

Vấn đề của hoạt động quay quanh trục tự do mà chúng ta vừa đề cập trong các ví dụ được gọi là *quay tự do*, đó là những bài tập cơ bản của thể dục trong nhóm nhảy nhào lộn. Trong đặc tính về không gian - thời gian của các bài tập này, chúng ta có thể phân biệt hai pha chính:

- Pha bật nhảy.

- Pha trên không.

Ở pha trên không, vận động viên không có sự liên hệ với mặt đất, vì vậy kết quả mômen lực tác động lên cơ thể của anh ta bằng không (bỏ qua lực cản không khí). Tuy nhiên, anh ta vẫn có thể tác động đến quá trình chuyển động của cơ thể mình, bằng cách sử dụng định luật bảo toàn mômen động lượng (trong pha này có giá trị không đổi), nghĩa là điều khiển tốc độ góc qua sự thay đổi mômen quán tính của cơ thể (đối với trục phải - trái, đi qua trọng tâm cơ thể), hoặc bằng cách sử dụng phương pháp “đuôi mèo” - để thực hiện chuyển động quay như đối với chi trên.

Điều kiện để thực hiện hiệu quả bước giậm nhảy là thời lượng của pha bay trên không cho phép vận động viên thực hiện một vòng quay hoàn chỉnh (có góc bằng 2π) của cơ thể. Như vậy, pha này sẽ có độ ổn định ngắn hơn, bởi vận tốc góc ω lớn sẽ sinh ra chuyển động quay cho vận động viên, và đối với anh ta điều kiện trên sẽ là khó khăn nhất. Xung lượng của lực theo phương thẳng đứng sẽ quyết định thời gian ổn định của pha trên không, thời gian vận động viên có được trong pha bật nhảy là:

$$t_1 = \frac{2V_y}{g} \quad (5.8)$$

Trong đó:


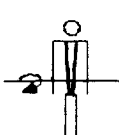


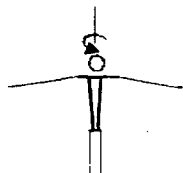
t_1 - thời lượng của pha trên không.

V_y - thành phần thẳng đứng của tốc độ trọng tâm vận động viên lúc kết thúc pha giậm nhảy (tốc độ bay).

g - gia tốc trọng trường.

Tốc độ góc $\vec{\omega}$ phụ thuộc vào mômen động lượng $I\vec{\omega}$, mà vận động viên có thể nhận được trong pha bật nhảy. Giá trị của nó càng lớn thì thời gian cho một vòng quay sẽ càng ngắn.

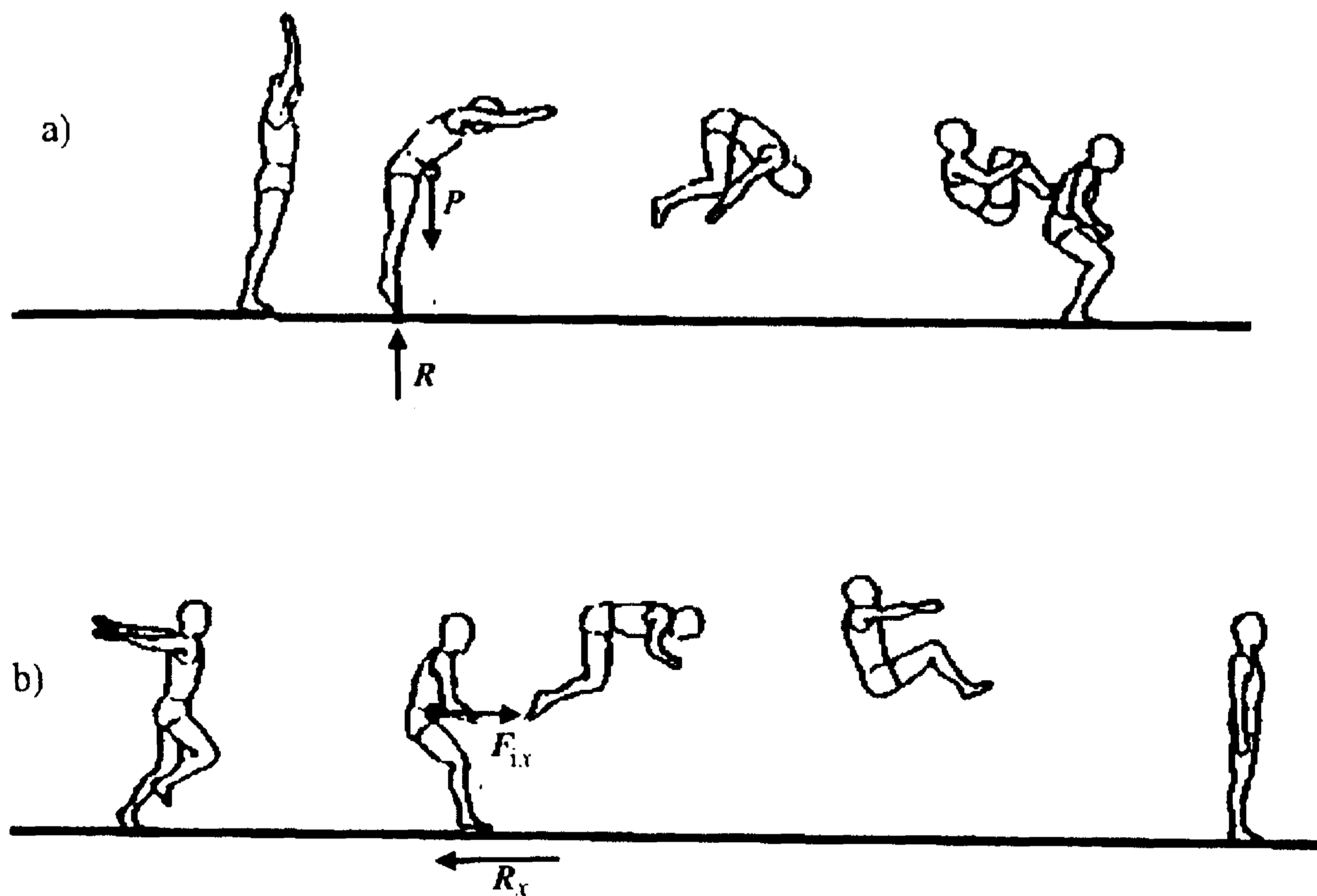
Bảng 5.1. Ví dụ về giá trị mômen quán tính của cơ thể trong môi trường quan với trục hoạt động chính trong một số tư thế (theo G. Hochmuth)

Tư thế	Trục quay	Momen quán tính [kgm ²]
	Trước-sau	12,0 - 15,0
	Phải-trái	10,5 - 13
	Phải-trái	4,0 - 5,0
	Trên-dưới	1,0 - 1,2
	Trên-dưới	2,0 - 2,5

Từ những vấn đề nêu trên, có thể thấy, việc thực hiện thành công động tác quay tự do (san-tô) là do pha bật nhảy quyết định, khi đó người vận động viên, bằng cách sử dụng sự tương tác lực cơ của mình với lực phản xạ mặt đất, cố gắng tạo ra một động lượng lớn theo phương thẳng đứng lên trên và nhận được một giá trị mômen động lượng nhất định cho phép thực hiện một vòng quay hoàn chỉnh (đầy đủ) trong tư thế “bộ cập”(có mômen quán tính I nhỏ nhất) trong thời gian ở trên không.

Mômen động lượng ban đầu và khả năng thay đổi mômen quán tính của cơ thể cho phép kiểm soát sự thay đổi vận tốc chuyển động quay sẽ quyết định sự thành công của động tác quay tự do trên không của cơ thể, nghĩa là quay với trục tự do.

Chúng ta hãy quan sát cách thực hiện hiệu quả pha này trong ví dụ cụ thể là động tác nhào lộn quay trước từ tư thế khuyu gối tại chỗ và có chạy đà (Hình 5.8). Hai cách thực hiện này có sự khác nhau đáng kể trong việc sử dụng lực, đặc biệt là cách tạo ra mômen động lượng.



Hình 5.8. Động tác nhào lộn quay trước: a) tại chỗ, b) có đà

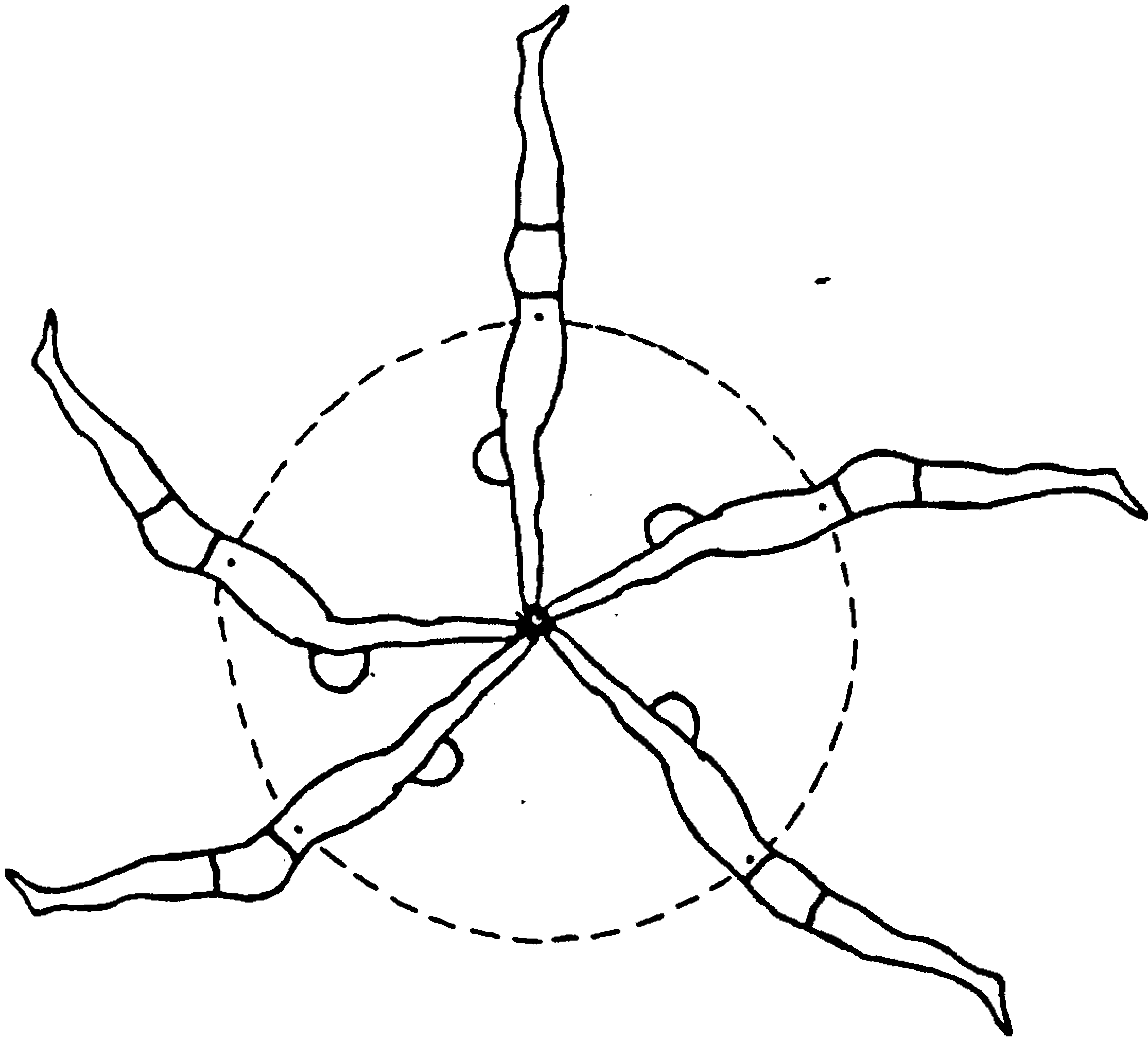
Khi nhào lộn tự do ra trước tại chỗ (Hình 5.8a) ở pha bật nhảy, ứng với hai giai đoạn nhỏ. Ở giai đoạn một là khi bắt đầu pha này, vận động viên cố gắng để có được càng nhiều động lượng hướng thẳng đứng lên trên. Lực phản xạ từ mặt đất R và tổng của hai lực thành phần là hấp dẫn $Q = mg$ và lực quán tính $F_i = ma$, tức là $P = Q + F_i$ nằm trên một đường thẳng (mômen lực bằng 0). Ở cuối pha giậm nhảy (giai đoạn hai), lực R và P có sự dịch chuyển tương đối với nhau, tạo thành một cặp mômen lực, tạo ra chuyển động quay cho vận động viên (tạo ra cho anh ta mômen động lượng). Cần lưu ý đến chuyển động quay nhanh của chi trên trong thời gian thực hiện pha bật nhảy; mômen động lượng của chi kết hợp với chuyển động trước đó, sẽ làm tăng tổng mômen động lượng của vận động viên.

Nhào lộn quay trước có đà (Hình 5.8b) là cách để có được mômen lực ngay từ đầu, và do đó khởi đầu của chuyển động quay tuân theo những quy luật khác nhau. Khi chạy đà, vận động viên nhận được vận tốc theo phương nằm ngang, ở thời điểm tiếp xúc của bàn chân với mặt sàn trong pha bật nhảy sẽ có hai thành phần nằm ngang của phản lực và lực quán tính F_{ix} tạo ra mômen quay, mà giá trị của nó phụ thuộc vào tốc độ chạy đà, và trục quay tức thời là điểm tiếp xúc của bàn chân với mặt sàn. Mômen này sẽ tác động lên vận động viên trong suốt thời gian pha giậm nhảy (dài hơn trường hợp trước đó – bật không có đà), do đó mômen động lượng mà vận động viên nhận được lớn hơn trường hợp trước. Bằng chứng là hướng chuyển động quay của chi trên ngược lại với hướng quay của toàn bộ cơ thể trong pha trên không, tức là mômen động lượng của chi trên được trừ vào mômen động lượng của các bộ phận còn lại của cơ thể; không chi phối vào hoạt động quay ở pha trên không. Trong mô tả trên, không tính đến động lượng nhận được trong pha giậm nhảy cần thiết để nâng cơ thể lên.

Một ví dụ về chuyển động quay của cơ thể xung quanh một trục cố định là quay vòng lớn. Chúng ta hãy xem xét các điều kiện cơ học của bài tập này. Trong hoạt động, biểu hiện sự tiêu hao năng lượng cơ học do ma sát (lòng bàn tay với xà) và lực cản không khí. Điều gì làm cho vận động viên có thể thực hiện quay quanh thanh xà, mà dường như những hao tổn không diễn ra? Có người cho rằng, vận động viên, bằng cách sử dụng lực ma sát giữa thanh xà và hai lòng bàn tay để tạo ra lực cơ, chẳng hạn như động tác gấp khớp cổ tay, nghĩa là mômen lực sẽ bù đắp sự thiếu hụt năng lượng này. Nếu điều này là đúng, thì bằng cách nào mà mômen lực này có thể được tạo ra trong trò chơi đu quay của trẻ em, có trục quay là vòng bi (ma sát nhỏ nhất) và ngoài ra cũng ngoài tầm với tay của trẻ? Nhưng điều đó không gắn với việc giải đáp vấn đề. Việc phân tích chi tiết quá trình chuyển động có thể cho chúng ta câu trả lời: chúng ta nhận thấy rằng, khi quay vòng lớn, vận động viên thực hiện chuyển động gấp và duỗi khớp hông. Hoạt động gấp diễn ra khi đến gần vị trí cao nhất, và hoạt động duỗi được thực hiện muộn hơn một chút ngay sau đó. Hoạt động gấp và duỗi như vậy sẽ gây nên sự tự di chuyển trọng tâm của vận động viên theo hướng ly tâm và hướng tâm trong chuyển động quay (xem đường di chuyển trọng tâm của vận động viên – hình 5.9). Có nghĩa là, ở vị trí cao nhất (phía trên thanh xà) trong tư thế gấp, năng lượng tiềm tàng của vận động viên ít hơn ở tư thế duỗi. Trong khi thực hiện quay, năng lượng này biến đổi thành động năng (toàn bộ trong tư thế khi trọng tâm của vận động viên ở vị trí thấp nhất) và rồi sau đó lại trở lại năng lượng tiềm tàng. Một phần của nó bị tiêu hao. Nghĩa là, để thực hiện trọn vẹn một vòng, cần phải giảm mức độ năng lượng tiềm tàng khi đến gần vị trí thấp nhất (lúc đó gấp các chi), và sau đó, để bù vào năng lượng đã mất, hoạt động của cơ bắp sẽ tái tạo lại (xung quanh vị trí cao nhất), “nâng” trọng tâm, bổ sung thêm năng lượng tiềm tàng, cho phép thực hiện vòng quay tiếp theo. Trong trường hợp hoạt động quay

được thực hiện xung quanh một trục tự do, quá trình hoạt động được quyết định bởi sự vận dụng một cách khéo léo định luật bảo toàn mômen động lượng. Lúc đó có thể xảy ra hai tình huống theo định luật:

- Thay đổi tốc độ góc chuyển động khi mômen quán tính bị thay đổi.
- Thực hiện chuyển động quay bằng phương pháp “đuôi mèo”.



Hình 5.9. Đường di chuyển trọng tâm của vận động viên khi thực hiện quay vòng lớn

Theo cách đầu, có thể thay đổi hình dáng các bộ phận cơ thể trong khi thực hiện nhào lộn (san-tô). Trong cách thứ hai, ví dụ như trong động tác chống đỡ khỏi bị ngã của vận động viên trượt tuyết khi tiếp đất lúc nhảy, nhờ thực hiện hoạt động của chi trên trên mặt phẳng đứng dọc (với các động tác gấp và duỗi ở các khớp của chi trên), gây ra chuyển động các bộ phận cơ thể còn lại của vận động viên khi nhảy theo hướng ngược lại, theo quy luật, sẽ làm phục hồi tư thế của vận động viên theo chiều dọc.

Mô phỏng số lượng vòng quay của cơ thể, lúc mà vận động viên thực hiện động tác xuống xà sau khi quay vòng lớn. Độ cao từ điểm rơi của cơ thể tương đối ổn định, thời gian rơi là một khoảng xác định bị hạn chế bởi gia tốc trọng trường. Những vận động viên thể dục trình độ cao thực hiện ba vòng san-tô trong khoảng thời gian 1,36s. Việc thực hiện bốn vòng là không thể, nếu như không thay đổi điều kiện kỹ thuật, chẳng hạn như độ cao, hoặc độ dẻo của xà nhằm kéo dài thời gian cần thiết khi rơi vào khoảng 2s.

Các vấn đề được thảo luận trong chương này được nghiên cứu một cách đơn giản hóa. Bỏ qua tác động cụ thể của các loại lực cản khác nhau (lực ma sát, lực cản

trung tâm, lực cản không khí...) có ảnh hưởng đến quá trình chuyển động; trên thực tế, nếu khéo biết vận dụng chúng, có thể giúp cho vận động viên có giải pháp hiệu quả khi thực hiện bài tập vận động. Đơn giản hóa chúng nhưng cũng không làm mất đi bản chất của những kết luận chủ yếu và cho phép – như đã trình bày – tránh được sự phức tạp không mong muốn trong phân tích chuyển động quay của cơ thể người.

5.2. Xác định mẫu phân tích (model) chuyển động cơ thể trong nghiên cứu chuyển động của con người

Liên tưởng tính chất những mẫu phân tích vật thể đã được giới thiệu đến giờ (chất điểm, vật rắn) cùng với các tính chất riêng của hệ vận động của con người, cần loại bỏ khả năng ứng dụng trực tiếp chúng vào việc phân tích chuyển động của con người. Đồng thời bản chất vận động của cơ thể là sự tương tác giữa các bộ phận thông qua các khớp, có nghĩa là trong quá trình thực hiện, có sự thay đổi về cấu trúc hình học của cơ thể, từ đó dần loại bỏ khả năng sử dụng vật rắn làm mẫu phân tích. Vì vậy, để xây dựng một mẫu phân tích chuyển động thích hợp của hệ vận động, người ta đã thừa nhận những giả thiết sau:

- Cơ thể con người được coi như một hệ của nhiều yếu tố nhất định (phần tử), mỗi một trong những phần tử đó được xem gần như chất rắn (nghĩa là duy trì độ rắn tương đối so với trục dọc).

- Những yếu tố này được ngăn cách (hoặc kết nối) bởi khớp, mà chỉ thực hiện hoạt động quay.

- Có thể thiết lập các tham số mô tả quán tính của các yếu tố riêng lẻ của hệ vận động.

- Các tham số trên được coi là ổn định.

Việc sử dụng những giả định trên tạo ra hoạt động của con người có thể được coi như hoạt động của n yếu tố của hệ rắn, mỗi yếu tố có thể có sự hoạt động tự do. Thành phần chủ yếu của chuyển động này có thể liên quan đến chuyển động của một trong những điểm của các bộ phận cơ thể (ví dụ như trọng tâm của nó), liên quan đến thành phần cố định với trục đi qua trọng tâm (mômen quán tính của các bộ phận cơ thể hoạt động theo cách này bằng mômen quán tính trung tâm của nó).

Sử dụng các giả định trên là phù hợp với yêu cầu phân tích chuyển động, có thể tạo ra sự khác biệt, chẳng hạn, số lượng các yếu tố, mô hình của hệ vận động. Ví dụ, để mô tả chuyển động của cơ thể vận động viên thể dục khi thực hiện bài tập trên xà, cần sử dụng mô hình bốn yếu tố, bao gồm:

- Chi trên (cả hai bên).

- Thân với đầu.

- Hai đùi được coi như một bộ phận (một thành phần).

- Hai cẳng chân với bàn chân.

Rõ ràng là, mẫu phân tích chuyển động với bốn yếu tố như vậy phù hợp với vận động viên thể dục, nhưng không được coi là hợp lý khi phân tích hoạt động của vận động viên chạy, vì nó đòi hỏi cần phải sử dụng một mẫu với số lượng các yếu tố lớn hơn. Trong sinh cơ học, mẫu thường được sử dụng để phân tích chuyển động là phân tích “toàn bộ” cơ thể con người bao gồm 14 yếu tố (phân đoạn). Cấu trúc của nó được mô tả trong bảng 5.2.

Bảng 5.2. Cấu trúc 14 phân đoạn của mẫu phân tích vận động; các điểm xác định đầu và cuối của từng phân đoạn

Phân đoạn	Điểm đầu	Điểm cuối
Đầu và cổ	Đỉnh đầu	Khuyết cảnh xương ức
Thân mình	Khuyết cảnh xương ức	Khớp mu (symphysis)
Cánh tay	Trục của khớp vai: cách 2,5cm dưới móm cùng vai	Trục khớp khuỷu; dưới 1cm đường nối hai điểm móm trên lồi cầu trong và ngoài đầu dưới xương cánh tay (xương quay)
Cẳng tay	Trục khớp khuỷu	Trục khớp quay - cổ tay; điểm giữa đoạn nối hai móm trâm trụ và trâm quay
Bàn tay	Trục khớp quay - cổ tay	Cuối ngón tay III
Đùi	Trục khớp hông (đối với hoạt động dựa trên mặt phẳng đứng dọc); điểm xê dịch khoảng 1cm ra trước từ đỉnh mấu chuyển lớn	Trục khớp gối; trên khe khớp gối 2,5cm ở phía sau, phần giữa (hố gian lồi cầu)
Cẳng chân	Trục khớp gối	Trục khớp sên - cẳng chân; trên khoảng 0,8cm từ đỉnh mắt cá ngoài
Bàn chân	Lồi củ xương gót	Cuối ngón I hoặc II

5.3. Phương pháp xác định khối lượng các bộ phận cơ thể

Thực tế đã chỉ ra rằng hoạt động sinh cơ học của cơ thể con người là một thể thống nhất - các yếu tố thành phần tạo nên một tổng thể không thể tách rời - để xác định trọng lượng hoặc khối lượng các bộ phận trong cơ thể người, nếu sử dụng theo phương pháp phổ biến, truyền thống là không thể. Tuy nhiên, những thông tin về khối lượng các phân đoạn cơ thể con người là điều cần thiết cho bất cứ một sự phân tích nào về chuyển động của con người, vấn đề đo đạc khối lượng các phần cơ thể giải quyết bằng các phương pháp suy diễn được coi là không bình thường. Cách đơn giản nhất trong việc xác định khối lượng các phần cơ thể là sử dụng phương pháp

ước tính, sử dụng sự giống nhau về cấu tạo, về kích thước, hình dạng, khối lượng, thành phần hoặc các đặc điểm riêng của con người. Việc xác định gần đúng khối lượng các phần (bộ phận) của cơ thể cũng đủ để nắm được mức độ trung bình của những bộ phận này, qua đó nắm được tỷ lệ phần trăm của khối lượng riêng từng bộ phận so với khối lượng toàn bộ cơ thể. Bảng 5.3 cho thấy giá trị khối lượng tương đối của các bộ phận cơ thể được xây dựng bởi các tác giả khác nhau.

Bảng 5.3. Khối lượng tương đối q của các bộ phận cơ thể người - tính theo % tổng khối lượng cơ thể - thu được trong các nghiên cứu trên xác (C.F. Clauser) và cơ thể sống (theo V.M Zatsiorsky)

Nguồn trích dẫn	Harles (1860)	Braune và Fischer (1889)	Clauser và (1969)	Zatsiorsky và Cs(1981)
Số mẫu	2	3	13	100
Đơn vị	q [%]	q [%]	q [%]	q [%]
Các bộ phận:				
Đầu	7,6	7,0	7,3	6,940
Thân	44,2	46,1	50,7	43,457
Cánh tay	3,1	2,9	2,6	2,707
Cẳng tay	1,7	2,1	1,6	1,625
Bàn tay	0,9	0,8	0,7	0,614
Đùi	11,8	10,7	10,3	14,165
Cẳng chân	4,6	4,8	4,3	4,330
Bàn chân	2,0	1,7	1,5	1,371

Phương pháp xác định khối lượng tương đối của các bộ phận cơ thể là một phương pháp gần đúng. Nó sử dụng hệ số mẫu trung bình, xác định tỷ lệ của mỗi phần trong toàn bộ khối lượng của cơ thể (như vậy chỉ sử dụng một biến là khối lượng). Vì vậy, nó không tính đến sự khác biệt về sự phát triển cá thể và sự phân bố khối lượng giữa các phân đoạn cơ thể được kết hợp với các cấu trúc cơ thể khác nhau. Do đó, nhược điểm của phương pháp này đã giảm bớt, tạo ra một sự cải biến của phương pháp trong đó có tính đến tương quan (là tất yếu) giữa khối lượng các bộ phận cơ thể và trọng lượng, độ dài, chu vi, chiều rộng cùng với các thông số khác có liên quan trực tiếp đến cấu trúc hình học của các bộ phận của cơ thể được xem xét. Mỗi quan hệ giữa các đại lượng này được thể hiện bằng phương trình nhiều biến và tên gọi của chúng với việc sử dụng các phương pháp phát triển chúng bằng các phương trình hồi quy. Bảng 5.4 trình bày ví dụ về các phương trình hồi quy xác định

khối lượng các bộ phận cơ thể do C.F. Clauser (A) và V.M. Zatsiorsky (B) xây dựng.

Bảng 5.4. Phương trình hồi quy xác định trọng lượng các bộ phận cơ thể người

Các bộ phận cơ thể	Phương trình hồi quy
<i>A. Theo C. F. Clauser (nghiên cứu trên xác): số lượng mẫu N= 8</i>	
Đầu	$0,104 (O \text{ đầu}) + 0,015 (Q) - 2,189$
Thân	$0,349 (Q) + 0,423 (D \text{ thân}) + 0,229 (O \text{ lồng ngực}) - 35,460$
Cánh tay	$0,007 (Q) + 0,092 (O \text{ cánh tay ở vị trí lớn nhất}) + 0,050 (D \text{ cánh tay}) - 3,101$
Cẳng tay	$0,081 (O \text{ cổ tay}) + 0,052 (O \text{ cẳng tay}) - 1,650$
Bàn tay	$0,029 (O \text{ cổ tay}) + 0,075 (S \text{ xương cổ tay}) + 0,031 (S \text{ bàn tay}) - 0,746$
Đùi	$0,074 (Q) + 0,123 (O \text{ đùi}) + 0,027 (\text{độ dày nếp gấp da phía trên mào chấu}) - 4,216$
Cẳng chân	$0,111 (O \text{ cẳng chân}) + 0,047 (W \text{ móm trên lồi cầu ngoài đầu dưới xương đùi đến mặt đất}) + 0,074 (O \text{ điểm cao nhất mắt cá ngoài}) - 4,208$
Bàn chân	$0,003 (Q) + 0,048 (O \text{ điểm cao nhất mắt cá ngoài}) + 0,027 (D \text{ bàn chân}) - 0,869$
<i>Chú thích: D – độ dài, O – chu vi, S – chiều rộng, Q – trọng lượng, W – chiều cao</i>	
<i>B. Theo V. M. Zatsiorsky (nghiên cứu trên cơ thể sống)</i>	
Đầu	$1,296 + 0,0171 x_1 + 0,0143 x_2$
Phần thân trên	$8,2144 + 0,1862 x_1 - 0,0584 x_2$
Phần giữa thân	$7,181 + 0,2234 x_1 - 0,0663 x_2$
Phần dưới thân	$-7,498 + 0,0976 x_1 + 0,04896 x_2$
Cánh tay	$0,250 + 0,03012 x_1 - 0,0027 x_2$
Cẳng tay	$0,3185 + 0,01445 x_1 - 0,00114 x_2$
Bàn tay	$-0,1165 + 0,0036 x_1 + 0,00175 x_2$
Đùi	$-2,649 + 0,1463 x_1 + 0,0137 x_2$
Cẳng chân	$-1,592 + 0,0362 x_1 + 0,0121 x_2$
Bàn chân	$-0,829 + 0,0077 x_1 + 0,0073 x_2$
<i>Chú thích: x₁- khối lượng cơ thể tính theo kg, x₂ – độ dài cơ thể theo cm.</i>	

5.4. Trọng tâm và khối tâm của các bộ phận cơ thể

Trọng lượng các bộ phận cơ thể được hiểu là trường lực hấp dẫn của trái đất tác động lên các phần cơ thể này (sức hút của trái đất tác động lên vật thể $P = m.g$; trong đó m là khối lượng và g là gia tốc rơi tự do bằng $9,8\text{m/s}^2$). Khối lượng cơ thể người được đo bằng đơn vị kilôgam (thực chất là đo trọng lượng P). Ví dụ, khi nói trọng lượng của cánh tay, có ý nói đến lực trong trường hợp thể hiện qua tổng trọng lượng của tất cả các thành phần của cánh tay và kết quả của lực này cũng như độ lớn vectơ cùng với hướng, phản lực và điểm đặt của chúng. Vì thế, hiệu quả tạo ra trước khi lực tác động lên vật rắn phụ thuộc vào từng tính chất biến đổi của lực - đó là vectơ, để có được kết quả chính xác và trung thực về dự báo và phân tích, ngoài giá trị (về trọng lượng), còn phải biết (xác định) hướng, phản lực và điểm đặt của chúng. Các phương pháp xác định trọng lượng các bộ phận cơ thể đã được thảo luận trong chương trước; việc xác định phương và chiều tác động của trọng lực không phải là vấn đề khó khăn: chúng tác động theo phương thẳng đứng và theo chiều hướng về tâm trái đất, nghĩa là hướng xuống dưới. Vấn đề còn lại cần giải quyết là điểm đặt của chúng.

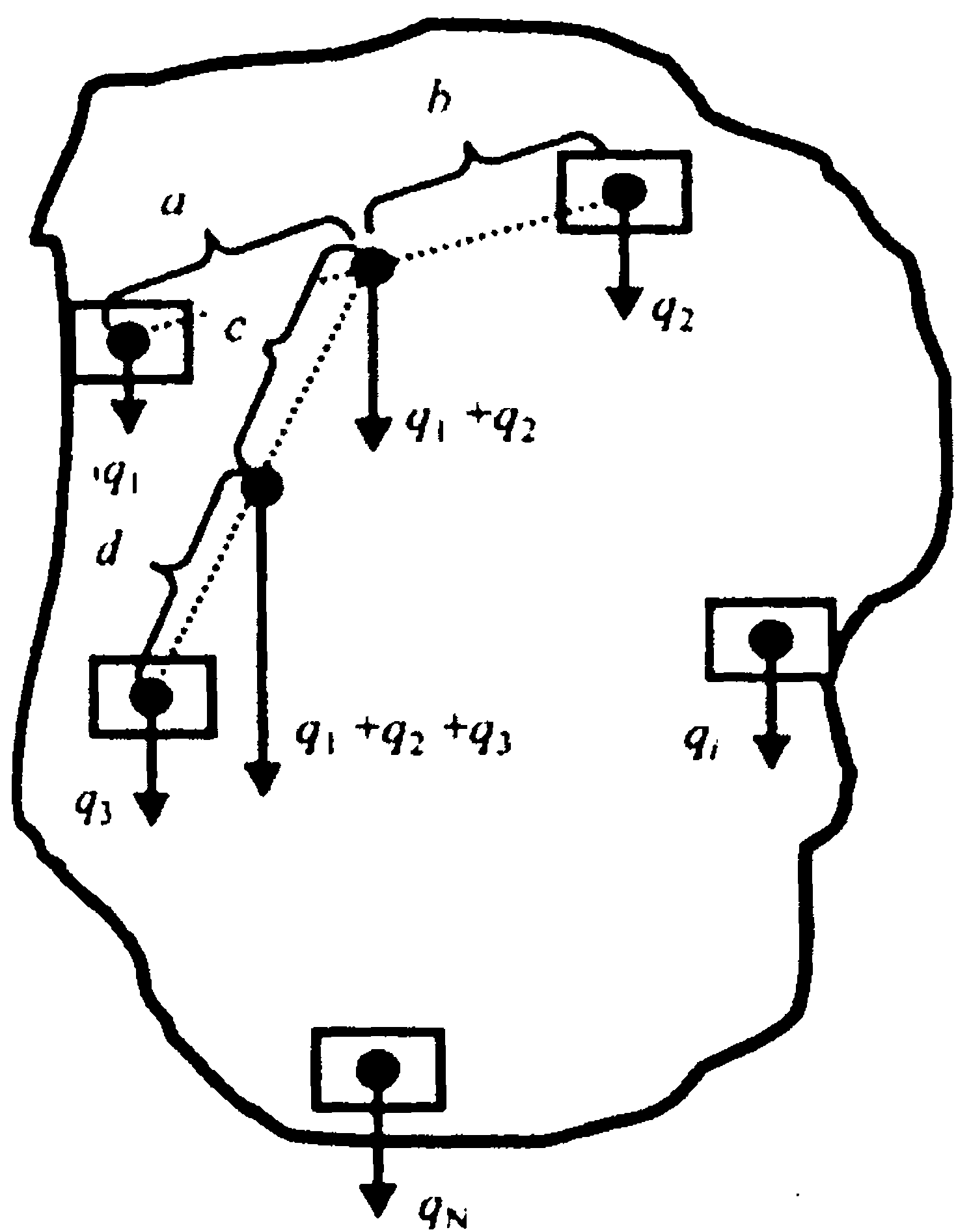
Điểm mà lực đặt vào đó đại diện cho trọng lượng cơ thể được gọi là trọng tâm cơ thể.

Bởi vì trọng lượng của toàn bộ cơ thể bao gồm tổng trọng lượng của tất cả các thành phần của chúng, do đó trọng tâm của cơ thể được hiểu là điểm mà tổng trọng lực của tất cả các thành phần cơ thể đặt (tác dụng) vào đó (Hình 5.10).

Trọng tâm của cơ thể là điểm mà tổng trọng lực (trọng lượng) của tất cả các thành phần cơ thể đặt vào đó.

Theo nội dung khái niệm trên ta thấy, để xác định trọng tâm của cơ thể trước hết phải chia cơ thể thành những thành phần có kích thước nhỏ, với khối lượng khác nhau (không nhất thiết phải bằng nhau) mỗi thành phần lại liên kết với một vectơ q , sau đó tính tổng của các vectơ thành phần (trong trường hợp này là những vectơ song song). Điểm đặt của tổng các vectơ hợp thành chính là *trọng tâm* của cơ thể. Vectơ hợp thành là tổng trọng lực \vec{q}_1 và \vec{q}_2 có giá trị bằng $\vec{q}_1 + \vec{q}_2$, và điểm đặt của nó nằm trên đường thẳng nối các điểm đặt của các vectơ thành phần (ví dụ \vec{q}_1 và \vec{q}_2); tỷ lệ khoảng cách giữa chúng tỷ lệ nghịch với giá trị vectơ của chúng cho đến thành phần cuối cùng:

$$\frac{a}{b} = \frac{q_2}{q_1} \quad \text{hoặc} \quad a \cdot q_1 = b \cdot q_2$$



Hình 5.10. Giải trình về khái niệm trọng tâm cơ thể

Tương tự như vậy, chúng ta có thể xác định tổng của các vectơ hợp thành $\vec{q}_1 + \vec{q}_2$ và vectơ thành phần \vec{q}_3 có giá trị là $q_1 + q_2 + q_3$, điểm đặt của chúng được xác định:

$$\frac{c}{d} = \frac{q_3}{q_1 + q_2} \quad \text{v.v...}$$

Cho đến vectơ cuối cùng (q_n) chúng ta sẽ xác định được điểm đặt trọng lực của vật.

Những hiểu biết về khái niệm trọng tâm có ý nghĩa không những về mặt nhận thức, trên thực tế nó được sử dụng để xác định trọng tâm của các bộ phận cơ thể.

Chúng ta cần nhắc lại một số tính chất quan trọng của trọng tâm:

- 1) Kích thước chi phối các bộ phận cơ thể là độ dài của chúng:
- 2) Xét về hình dạng, các bộ phận cơ thể cũng giống như sự quay của vật rắn, do đó cũng có trục đối xứng.
- 3) Sự phân bố các chất liệu bên trong trong mỗi bộ phận là đối xứng hình học qua trục đối xứng.
- 4) Do đó trọng tâm của các bộ phận trên nằm trên trục đối xứng.
- 5) Trọng tâm chia độ dài của các bộ phận cơ thể thành hai đoạn, nghĩa là vị trí cần xác định chỉ có một tọa độ: khoảng cách trọng tâm từ cuối của một đoạn là độ dài của nó.

Trung tâm của trọng lực (trọng tâm) và trung tâm của khối lượng có khái niệm khác nhau và có thể nằm ở vị trí khác nhau. Tuy nhiên, trung tâm của trọng lực của cơ thể trong một trường hấp dẫn đồng nhất (ở đây là trường hấp dẫn của trái đất) nằm ở điểm cũng là điểm trung tâm của khối lượng. Nói cách khác, trong trọng trường đều, trọng tâm của vật thể trùng với khối tâm của nó.

5.4.1. Phương pháp xác định trọng tâm các bộ phận cơ thể

Rõ ràng trên thực tế việc xác định trọng tâm của các bộ phận trong cơ thể là không thực hiện được, bởi vì chúng không thể tách rời nhau. Nhưng khi sử dụng các phương pháp phân tích dựa trên các thông tin về phân bố khối lượng, thành phần bên trong cùng với những hiểu biết chính xác về kích thước hình học... của chúng, thì những điều tưởng như quá phức tạp lại có thể được vận dụng một cách rộng rãi, dễ dàng. Vì thế, người ta đã xây dựng một phương pháp đơn giản, dễ sử dụng mà không đòi hỏi phải thực hiện những phép đo đặc phức tạp để xác định trọng tâm của các bộ phận cơ thể. Chúng được hình thành đồng thời với phương pháp xác định khối lượng các bộ phận cơ thể và cũng là số liệu nghiên cứu để xây dựng chúng.

Cấu trúc (thiết kế) của phương pháp này đòi hỏi phải thừa nhận các giả thiết (giả định) đã được đơn giản hóa, trong đó, quan trọng nhất là:

- 1) Kích thước chi phối các bộ phận cơ thể là độ dài của chúng.
- 2) Xét về hình dạng các bộ phận cơ thể cũng giống như sự quay của vật rắn, do đó cũng có trục đối xứng.
- 3) Sự phân bố các chất liệu bên trong trong mỗi bộ phận là đối xứng hình học qua trục đối xứng.
- 4) Do đó trọng tâm của các bộ phận trên nằm trên trục đối xứng.
- 5) Trọng tâm chia độ dài của các bộ phận cơ thể thành hai đoạn, nghĩa là vị trí cần xác định chỉ có một tọa độ: khoảng cách trọng tâm từ cuối của một đoạn là độ dài của nó.

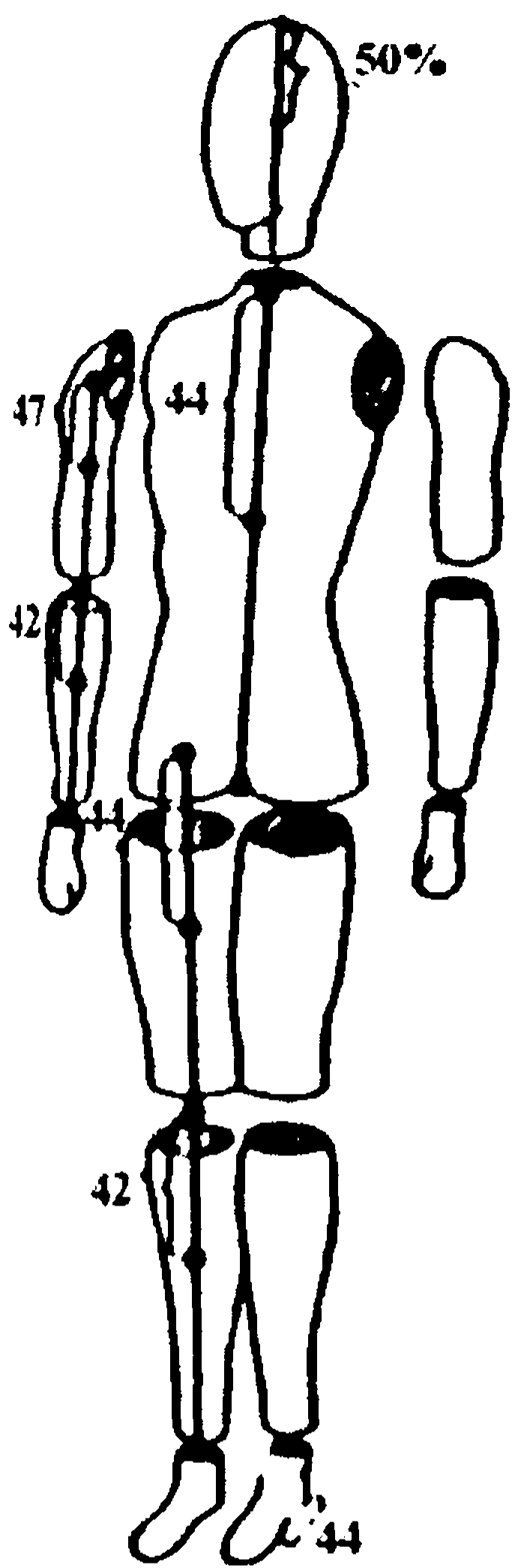
Để xác định vị trí trọng tâm của các bộ phận cơ thể, cần xác định tỷ lệ chia độ dài các bộ phận cơ thể thành hai đoạn (Hình 5.11, Bảng 5.5).

Bảng 5.5. Bán kính từ trục khớp đến trọng tâm các bộ phận cơ thể theo tỷ lệ % so với độ dài của nó (đo từ đầu gần)

Nguồn	Harles (1860)*	Braune và Fischer (1889)*	Clauser và cộng sự (1969)*	Zatsiorsky và cộng sự (1981)**	Khoảng cách
<i>n</i>	2	3	13	100	
Đơn vị	r [%]	r [%]	r [%]	r [%]	

Các bộ phận:					
Đầu	36,2	-	46,6	50,0	Từ đỉnh đến TT
Thân	44,8	44,0	38,0	44,5	Trên xương ức đến TT
Cánh tay	-	47,0	51,3	45,0	Từ trục khớp đến TT
Cẳng tay	42,0	42,1	39,0	42,7	Từ trục khớp đến TT
Bàn tay	39,7	-	48,0	37,0	Từ trục khớp đến TT
Đùi	48,9	44,0	37,2	45,5	Từ trục khớp đến TT
Cẳng chân	43,3	42,0	37,1	40,5	Từ trục khớp đến TT
Bàn chân	44,4	44,4	44,9	44,1	Từ gót đến TT
Trọng tâm chung	41,4	-	41,2	-	Từ đỉnh đầu đến TT

Chú thích: * nghiên cứu trên xác; ** nghiên cứu trên cơ thể sống; TT: trọng tâm của bộ phận

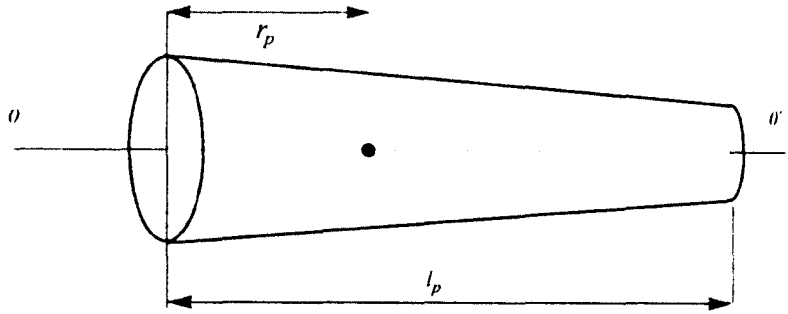


Những vị trí gần đúng của trọng tâm các bộ phận cơ thể được thể hiện trong hình 5.11 (giá trị số cho thấy khoảng cách từ trọng tâm thể hiện bằng tỷ lệ độ dài của các bộ phận cơ thể).

Phức tạp hơn đôi chút, khi sử dụng phương pháp xác định trọng tâm các bộ phận cơ thể bằng phương trình hồi quy được trình bày trong bảng 5.6.

Hình 5.11. Vị trí gần đúng của trọng tâm các bộ phận cơ thể

$$r_p = l_p \cdot \frac{42,7\%}{100\%}$$



Hình 5.12. Xác định trọng tâm của cẳng tay dựa trên dữ liệu của V.M. Zatsiorsky từ bảng 5.5: $o - o'$ trục đối xứng của cẳng tay; r_p – bán kính từ trục khớp đến trọng tâm cẳng tay; l_p – độ dài cẳng tay.

Bảng 5.6. Phương trình hồi quy tính bán kính từ trục khớp đến trọng tâm các bộ phận cơ thể r [cm] thu được trong các nghiên cứu trên cơ thể sống (theo V.M. Zatsiorsky); trong đó: x_1 – trọng lượng cơ thể tính theo kg; x_2 – chiều dài cơ thể theo cm ($n = 100$)

Các bộ phận cơ thể	Khoảng cách	Phương trình
Đầu	Đỉnh - TT	$r = 8,357 - 0,0025x_1 + 0,023x_2$
Phần thân trên	Trên xương ức - TT	$r = 3,32 + 0,0076 x_1 + 0,047 x_2$
Phần giữa thân	Mũi ức - TT	$r = 1,398 + 0,0058 x_1 + 0,045 x_2$
Phần dưới thân	Rốn - TT	$r = 1,182 + 0,0018 x_1 + 0,0434 x_2$
Cánh tay	Mỏm cùng vai - TT	$r = 1,67 + 0,03 x_1 + 0,054 x_2$
Cẳng tay	Xương quay - TT	$r = 0,192 - 0,028 x_1 + 0,093 x_2$
Bàn tay	Mỏm trâm trụ - TT	$r = 4,11 + 0,026 x_1 + 0,033 x_2$
Đùi	Mào chậu - TT	$r = -2,42 + 0,038 x_1 + 0,135 x_2$
Cẳng chân	Xương chày - TT	$r = -6,05 - 0,039 x_1 + 0,142 x_2$
Bàn chân	Xương gót - TT	$r = 3,767 + 0,065 x_1 + 0,033 x_2$

5.4.2. Xác định trọng tâm của hệ vật chất

Từ định nghĩa về trọng tâm, để xác định vị trí của nó đối với một hệ vật chất nào đó, cần phải biết trọng lượng và trọng tâm các thành phần của hệ đó. Vì trọng tâm là điểm đặt của trọng lực (trọng lượng) các thành phần của toàn bộ hệ thống, nên việc tìm trọng tâm có thể dẫn đến việc xác định vị trí của nó, như, bằng phương

pháp cộng vectơ – những trọng lượng của các thành phần kế tiếp nhau. Bằng phương pháp đó, chúng ta sẽ xác định vectơ các trọng lượng thành phần của hệ thống (tổng vectơ); giá trị của nó bằng với trọng lượng của toàn bộ hệ thống, và điểm đặt cũng là trọng tâm mà chúng ta tìm.

Ví dụ:

Hãy xem xét hệ thống ba thành phần thể hiện trong hình 5.13. Để thuận tiện khi xem xét, chúng ta đặt nó trong hệ tọa độ $x - y$.

Trước hết tiến hành xác định trọng tâm chung của vật thể A và B. Để tìm được vị trí của nó, cần phải thêm vào hai vectơ (song song) \vec{q}_1 và \vec{q}_2 . Vectơ hợp thành là tổng của hai vectơ song song (\vec{q}_1 và \vec{q}_2) và điểm đặt của chúng nằm trên đường thẳng nối giữa hai điểm đặt của hai vectơ thành phần, chia khoảng cách giữa chúng thành hai thành phần có độ dài tỷ lệ nghịch với giá trị vectơ ở điểm bình quân đến điểm kết thúc của chúng. Trong ví dụ đang xem xét, trọng tâm chung đối với vật thể A và B nằm trên đường thẳng AB chia nó thành hai phần, AD và DB, như vậy, ta có:

$$\frac{AD}{DB} = \frac{q_2}{q_1} \quad (5.9)$$

Tỷ lệ này phân chia đoạn AB cũng được bảo toàn khi chiếu trên trục $0 - x$ và $0 - y$, tức là:

$$\frac{x_A - x_D}{x_D - x_B} = \frac{y_A - y_D}{y_D - y_B} = \frac{q_2}{q_1} \quad (5.10)$$

Từ tỷ lệ này, chúng ta có thể xác định tọa độ điểm D:

$$\begin{aligned} \frac{x_A - x_D}{x_D - x_B} &= \frac{q_2}{q_1} \\ q_1(x_A - x_D) &= q_2(x_D - x_B) \\ q_1x_A - q_1x_D &= q_2x_D - q_2x_B \\ q_1x_D + q_2x_D &= q_1x_A + q_2x_B \\ x_D(q_1 + q_2) &= q_1x_A + q_2x_B \\ x_D &= \frac{q_1x_A + q_2x_B}{q_1 + q_2} \end{aligned} \quad (5.11)$$

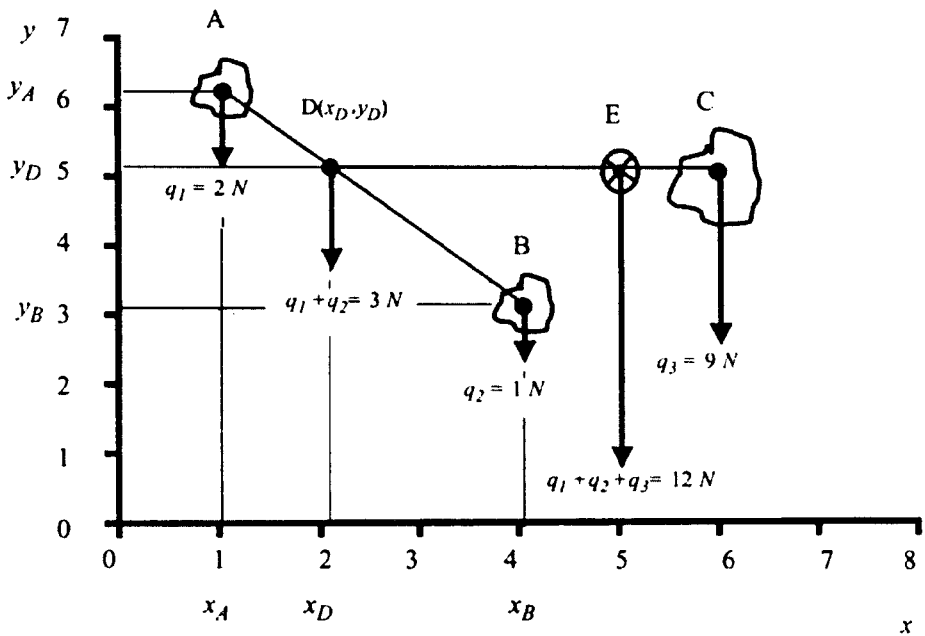
Tương tự như trên ta có kết quả theo trục tung $0 - y$:

$$y_D = \frac{q_1 y_A + q_2 y_B}{q_1 + q_2}$$

Sau đó tiến hành tương tự để xác định vectơ $\overline{q_1 + q_2}$ có điểm đặt tại D cùng với trọng lực q_3 của vật thể C, và theo cách trên, thiết lập vị trí điểm E, là trọng tâm của cả hệ thống. Dễ dàng thấy rằng, tọa độ của điểm này được thể hiện với:

$$x_E = \frac{q_1 x_A + q_2 x_B + q_3 x_C}{q_1 + q_2 + q_3}$$

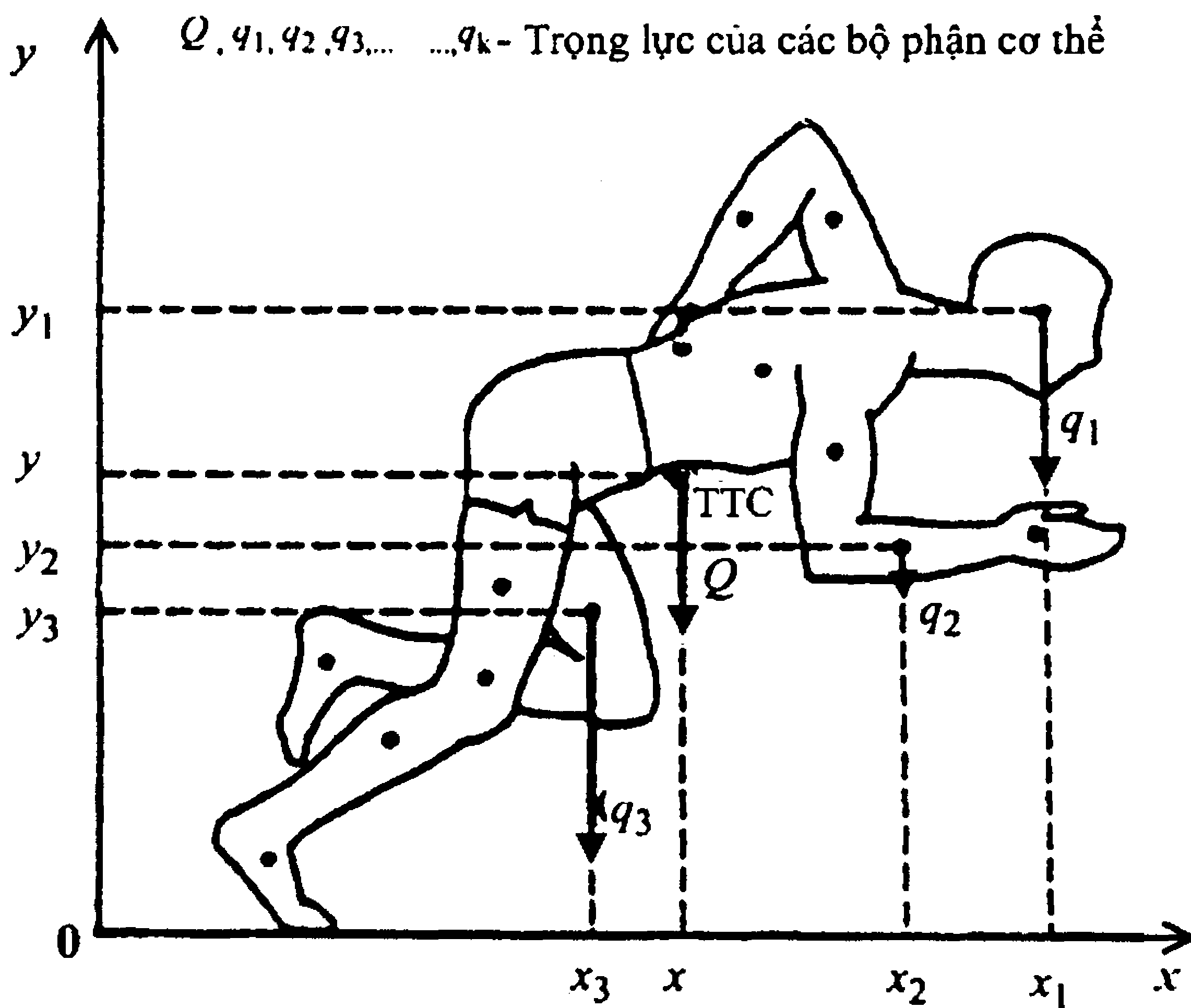
$$y_E = \frac{q_1 y_A + q_2 y_B + q_3 y_C}{q_1 + q_2 + q_3}$$



$$\frac{AD}{DB} = \frac{q_2}{q_1} ; \frac{x_A - x_D}{x_D - x_B} = \frac{q_2}{q_1} \quad \text{và} \quad \frac{y_A - y_D}{y_D - y_B} = \frac{q_1}{q_2}$$

Hình 5.13. Xác định trọng tâm của hệ bốn thành phần bằng phương pháp tổng hợp lực. x_A, x_B, x_C, x_D, x_E – tọa độ trọng tâm trên trục hoành $0 - x$ của thành phần A, B, C, D và E. y_A, y_B, y_C, y_D, y_E – tọa độ trọng tâm trên trục tung $0 - y$ của thành phần A, B, C, D và E

Với cách thực hiện tương tự như trên, có thể tiến hành xác định trọng tâm của một hệ thống rất phức tạp, như việc xác định trọng tâm chung của cơ thể người thông qua ví dụ xác định hệ mười bốn thành phần (Hình 5.14).



$$x = \frac{q_1 \cdot x_1 + q_2 \cdot x_2 + \dots + q_{14} \cdot x_{14}}{Q}, \quad y = \frac{q_1 \cdot y_1 + q_2 \cdot y_2 + \dots + q_{14} \cdot y_{14}}{Q}$$

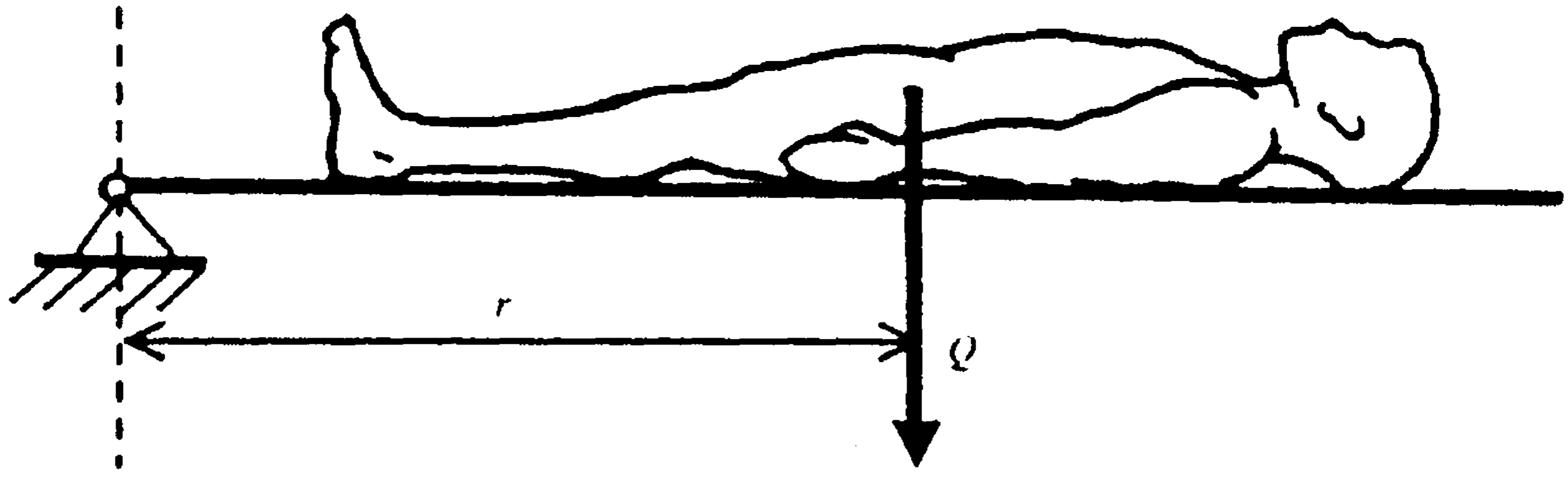
Hình 5.14. Xác định trọng tâm chung (TTC) của cơ thể người:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{14} x_i \cdot q_i}{Q}, \quad y = \frac{\sum_{i=1}^{14} y_i \cdot q_i}{Q}$$

5.4.3. Xác định trọng tâm chung của cơ thể người bằng sử dụng đòn bẩy một hướng

Đòn bẩy là một thanh ngang cứng tựa vào một điểm, đồng thời nó có thể quay được trên điểm tựa. Trong hoạt động quay, đòn bẩy sẽ bị tác động bởi một mômen lực. Nếu mômen lực này cân bằng (nghĩa là tổng lực của nó bằng không) thì đòn bẩy sẽ ở trạng thái cân bằng.

Tính chất này của đòn bẩy có thể được sử dụng để xác định vị trí trọng tâm của vật đặt lên nó. Chúng ta hãy hình dung một đòn bẩy được đặt ngang, một người được đặt trên đó (Hình 5.15).



Hình 5.15. Đòn bẩy một hướng bị tác động bởi mômen lực Q : $M_Q = Q \cdot r$

Trọng lực của cơ thể Q tác động lên đòn bẩy ở khoảng cách r so với điểm tựa, tạo ra mômen lực có độ lớn $M_Q = Q \cdot r$. Mômen này sẽ làm đòn bẩy chuyển động quay theo chiều kim đồng hồ. Để giữ cho đòn bẩy ở trạng thái cân bằng, cần tác động một mômen lực bằng M_Q , ví dụ M_R , nhưng ngược chiều (Hình 5.16).

$$M_Q - M_R = 0$$

$$M_Q = M_R \quad (5.13)$$

$$Q \cdot r = R \cdot l$$

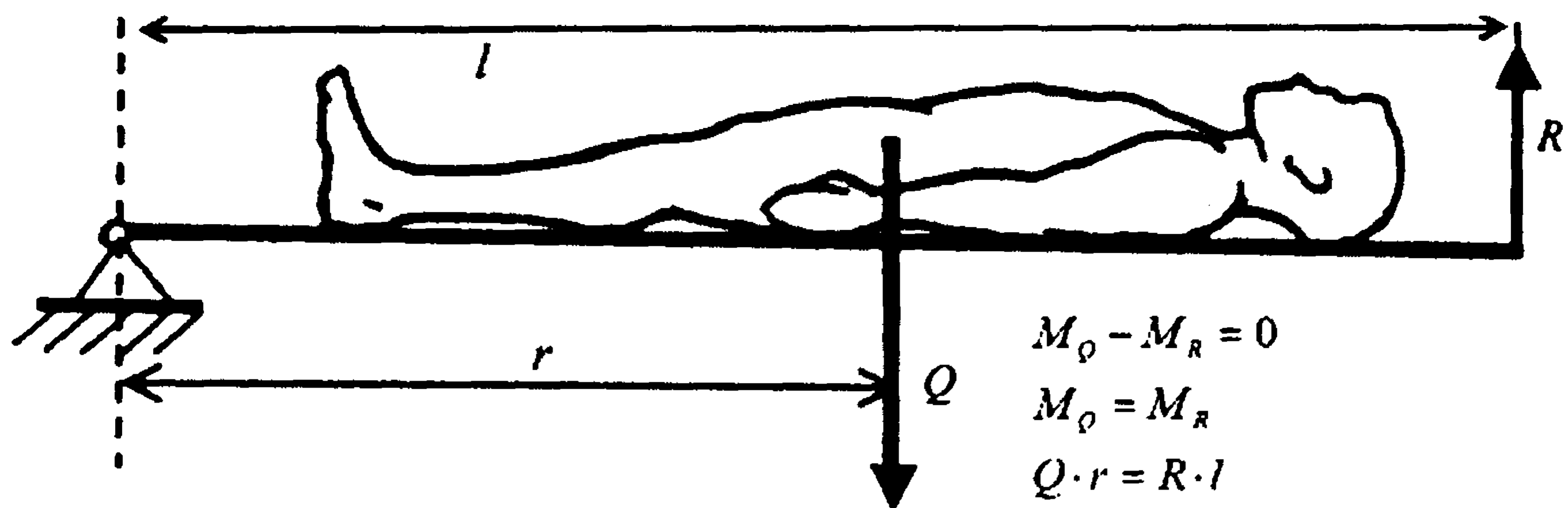
Trong đó:

r – cánh tay đòn Q

R – lực phản xạ

l – độ dài của đòn bẩy, cánh tay đòn R

Q – trọng lực của cơ thể.

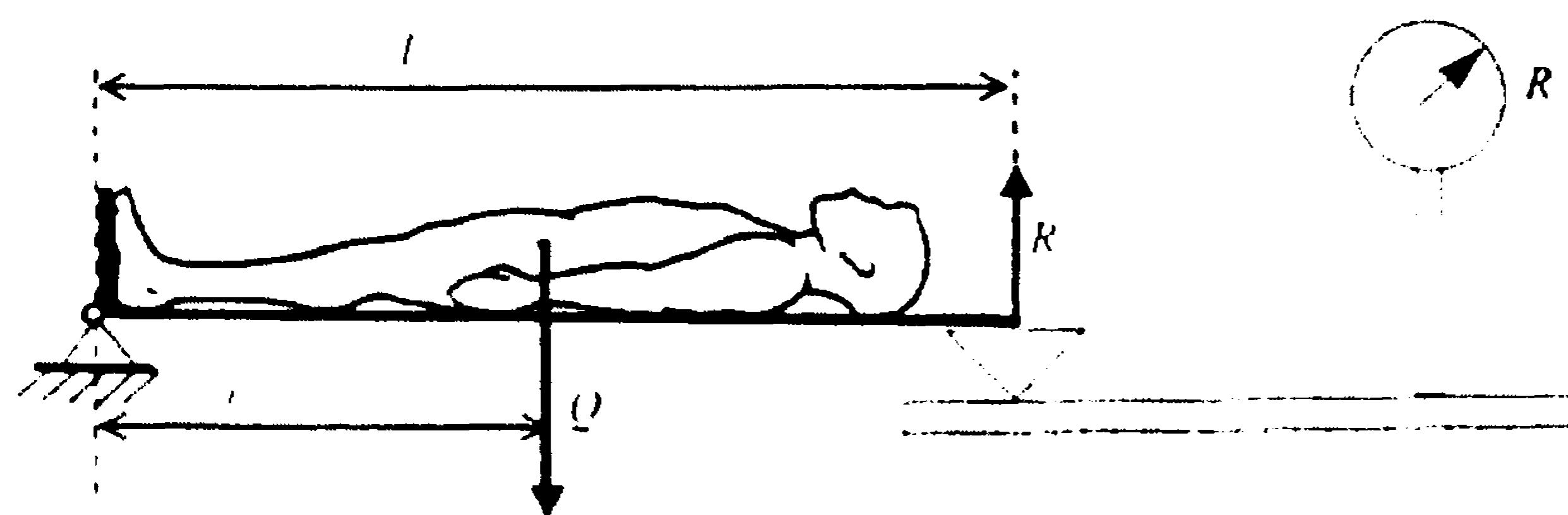


Hình 5.16. Minh họa điều kiện cân bằng của đòn bẩy

Từ hai hình 5.15 và 5.16 cho thấy, cánh tay đòn r là khoảng cách từ điểm tựa của đòn bẩy đến trọng tâm chung của cơ thể. Khoảng cách này chính là tọa độ của trọng tâm chung đo từ điểm tựa của đòn bẩy dọc theo trục dọc của cơ thể nằm trên đòn bẩy. Giá trị của tọa độ này có thể được xác định ở điều kiện cân bằng của đòn bẩy (đẳng thức 5.13):

$$r = \frac{R \cdot l}{Q} \quad (5.14)$$

Do đó, để xác định tọa độ này, cần đo mômen lực $M_R = R \cdot l$ và trọng lực của cơ thể người thử nghiệm Q . Giá trị mômen lực M_R có thể xác định một cách dễ dàng bằng cách điềm cuối đòn bẩy được đặt lên một cái cân, nó sẽ cho biết giá trị lực phản xạ R , độ dài cánh tay đòn l tương đương với chiều dài của đòn bẩy (Hình 5.17).



$$r = \frac{R \cdot l}{Q}$$

Hình 5.17. Xác định trọng tâm chung một vài tư thế của cơ thể bằng đòn bẩy một hướng

Như trong hình 5.17 có tình huống người thử nghiệm đặt lòng bàn chân đứng vào mặt phẳng trên điểm tựa của đòn bẩy, như vậy, khi xác định tọa độ của r đồng thời cũng là xác định khoảng cách trọng tâm, được đo dọc theo trục dọc của cơ thể tính từ bàn chân.

Phương pháp xác định trọng tâm chung của cơ thể mô tả nêu trên, được sử dụng lần đầu tiên bởi E. du Bois-Reymond (1918-1986). Ưu điểm chính của phương pháp này là sự đơn giản không thể phủ nhận của nó đồng thời nó có khả năng ứng dụng đối với một hoạt động sống cụ thể. Tuy nhiên nó cũng có một vài hạn chế khi áp dụng, hạn chế lớn nhất là cần phải duy trì tư thế cố định khi đo trong quá trình thử nghiệm, đối với một vài tư thế thì điều này là khó có thể đáp ứng.

Trọng tâm chung của một người đang đứng cao khoảng 53 đến 60% so với chiều cao cơ thể. Giá trị trung bình đối với nam giới trẻ tuổi vào khoảng 56,5% và nữ giới trẻ tuổi là 55,5%. Người ta cho rằng, những khác biệt này là do cấu trúc của cơ thể nam và nữ khác nhau, do ở đàn ông thì cơ bắp phát triển hơn, nhất là ở các cơ ở đai vai và đai hông ở nam giới rất phát triển. Sự khác biệt được trích dẫn ở trên theo tỷ lệ phần trăm về vị trí trọng tâm chung không có ý nghĩa thống kê (T. Bober, 1967). Ở trẻ nhỏ, trọng tâm chung nằm tương đối cao hơn ở người lớn vì tỷ lệ khối lượng đầu lớn hơn và khối lượng chân nhỏ hơn. Việc tập luyện thể thao liên quan đến sự phát triển đáng kể của khối lượng cơ bắp có thể được phản ánh trong vị trí trọng tâm chung. Ví dụ một vận động viên thể dục với vùng đai vai và chi trên phát triển có thể có trọng tâm chung nằm cao hơn (theo tỷ lệ % với chiều cao) so với cầu thủ bóng đá có nhóm cơ chi dưới phát triển.

5.5. Phương pháp xác định mômen quán tính các bộ phận cơ thể

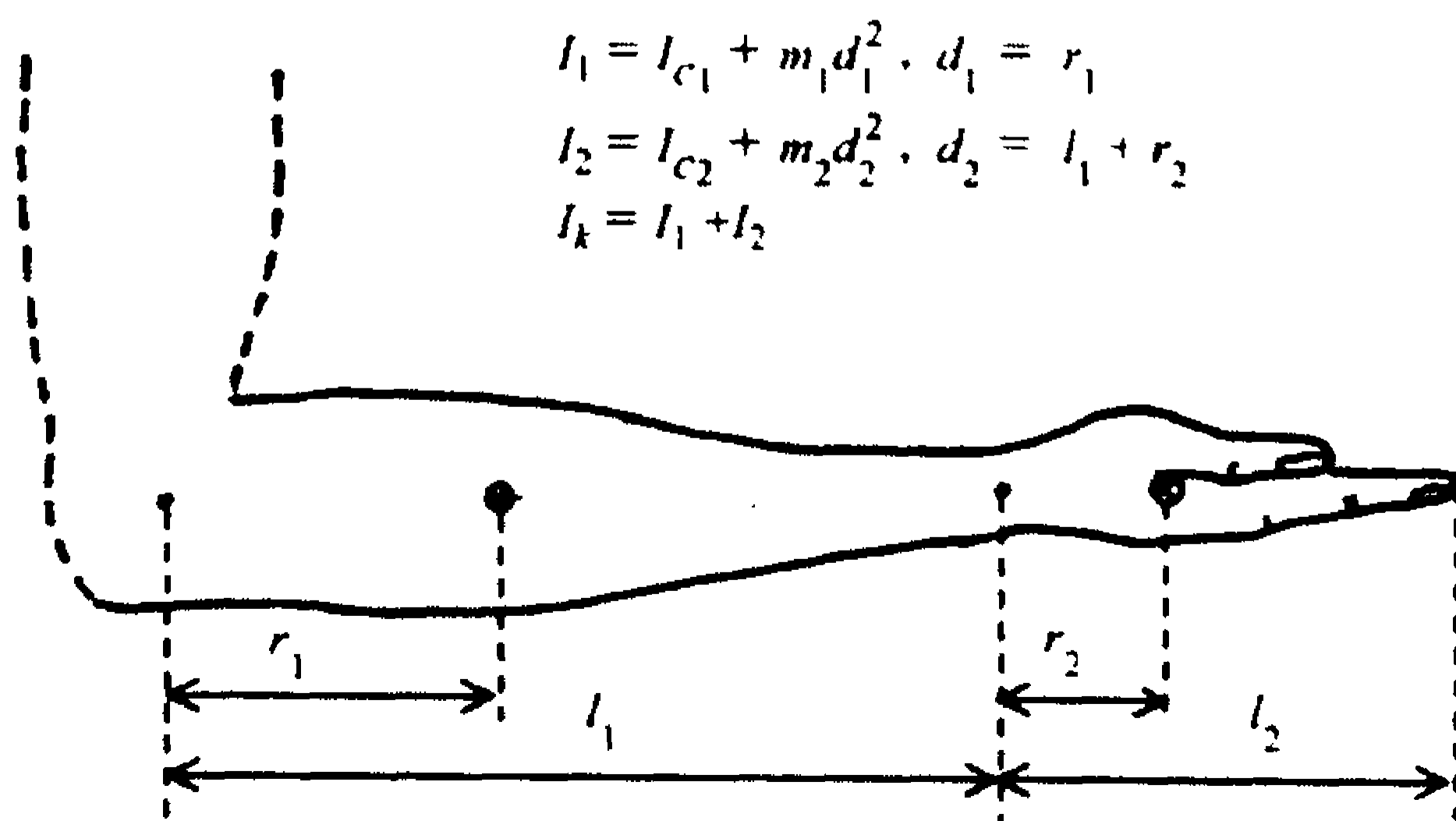
5.5.1. Phương pháp gián tiếp

Mômen quán tính của các bộ phận cơ thể người và hệ thống của nó (ví dụ như toàn bộ chi dưới) có thể được xác định bằng cách vận dụng định lý về mômen quán tính. Tất yếu phải có những hiểu biết về mômen quán tính trung tâm của các bộ phận cơ thể, khối lượng và vị trí trọng tâm (chính xác hơn là trọng tâm khối lượng) của chúng. Tương tự như vậy, đối với trọng lượng các bộ phận cơ thể và trọng tâm, các phương trình hồi quy được xây dựng cho phép xác định mômen quán tính trung tâm các bộ phận cơ thể người đối với ba trục chính: trục trên - dưới; phải - trái và trước sau (Bảng 5.7).

Bảng 5.7. Dạng phương trình hồi quy $I = B_0 + B_1m + B_2l$ xác định mômen quán tính trung tâm I [kgcm^2] các bộ phận cơ thể phụ thuộc vào độ dài cơ thể l [cm] và khối lượng m [kg] (theo Zatsiorky)

1. Mômen quán tính trung tâm đối với trục trước - sau						
Phân đoạn cơ thể	Nam			Nữ		
	B₀	B₁	B₂	B₀	B₁	B₂
Bàn chân	-100	0,48	0,626	-92,24	0,486	0,558
Cẳng chân	-1105	4,59	6,63	-963,1	-3,57	9,04
Đùi	-3557	31,7	18,61	-4033,4	44,99	17,08
Bàn tay	-19,5	0,17	0,116	-5,71	0,122	0,035
Cẳng tay	-64	0,95	0,34	-132,1	0,620	0,825
Cánh tay	-250	1,56	1,512	-151,4	0,107	1,554
Đầu	-78	1,171	1,519	217,8	-0,032	0,059
Phần thân trên	81,2	36,73	-5,97	-4038,5	28,6	20,0
Phần giữa thân	618,5	39,8	-12,87	-368,7	-6,22	8,86
Phần dưới thân	1568	12	7,741	-987,6	14,9	3,76
2. Mômen quán tính trung tâm đối với trục phải - trái						
Phân đoạn cơ thể	Nam			Nữ		
	B₀	B₁	B₂	B₀	B₁	B₂
Bàn chân	-97,09	0,414	0,614	-61,4	0,348	0,406
Cẳng chân	-11,52	4,594	6,815	-943,3	-2,51	8,47
Đùi	-3690	32,02	19,24	-2659,4	50,35	6,96
Bàn tay	-13,68	0,088	0,092	-5,97	0,087	0,034
Cẳng tay	-67,9	0,855	0,376	-138,5	0,533	0,887
Cánh tay	-232	1,525	1,343	-330,4	-0,461	2,67
Đầu	-112	1,43	1,73	66,4	-0,447	1,29
Phần thân trên	367	18,3	-5,73	-2075,0	15,6	9,4
Phần giữa thân	263	26,7	-8,0	-546,0	2,87	5,1
Phần dưới thân	-934	11,8	3,44	-633,3	10,8	2,26
3. Mômen quán tính trung tâm đối với trục trên - dưới						
Phân đoạn cơ thể	Nam			Nữ		
	B₀	B₁	B₂	B₀	B₁	B₂
Bàn chân	-15,48	0,144	0,088	23,90	0,337	0,059

Cẳng chân	-70,5	1,134	0,3	-53,2	0,248	0,489
Đùi	-13,5	11,3	-2,28	1339,8	6,30	-8,28
Bàn tay	-6,26	0,0762	0,0347	-2,138	0,053	0,0073
Cẳng tay	5,66	0,306	-0,088	7,4	0,21	-0,080
Cánh tay	-16,9	0,662	0,0435	-118,6	1,19	0,44
Đầu	61,6	36,03	0,0814	-35,48	2,43	0,237
Phần thân trên	561	36,03	-9,98	-2823,2	25,8	12,8
Phần giữa thân	1501	43,14	-19,8	-672,9	1,47	7,53
Phần dưới thân	-775	14,7	1,685	715,9	23,5	1,106



Hình 5.18. Xác định mômen quán tính của cẳng tay cùng với bàn tay đối với hoạt động gấp và duỗi khớp khuỷu. Trong đó: m_1 – khối lượng của cẳng tay; m_2 – khối lượng của bàn tay; I_{C_1} – mômen quán tính trung tâm của cẳng tay đối với trục phải - trái; I_{C_2} – mômen quán tính trung tâm của bàn tay đối với trục phải - trái; d_1 – khoảng cách trọng tâm của cẳng tay từ trục khớp khuỷu; d_2 – khoảng cách trọng tâm của bàn tay từ trục khớp khuỷu; r_1 – bán kính từ trục khớp khuỷu đến trọng tâm cẳng tay; r_2 – bán kính từ trục khớp cổ tay đến trọng tâm bàn tay; l_1 – độ dài cẳng tay; l_2 – độ dài bàn tay; I_1 – mômen quán tính của cẳng tay đối với trục phải - trái khớp khuỷu; I_2 – mômen quán tính của bàn tay đối với trục phải - trái khớp khuỷu; I_k – tổng mômen quán tính của động tác cẳng tay và bàn tay

Ví dụ:

Một người nặng $m = 70\text{kg}$; cao $l = 170\text{cm}$, chiều dài cẳng tay $l_1 = 0,25\text{m}$ và chiều dài bàn tay $l_2 = 0,17\text{m}$, thực hiện động tác gấp và duỗi ở khớp khuỷu. Những động tác này diễn ra xung quanh trục phải - trái của khớp khuỷu, nghĩa là cẳng tay và bàn tay chuyển động quay xung quanh trục khớp (Hình 5.18). Như vậy, mômen quán tính làm quay cẳng tay sẽ là tổng mômen quán tính của cẳng tay I_1 và mômen quán tính của bàn tay I_2 , được xác định đối với trục phải - trái của khớp khuỷu. Theo định lý về mômen quán tính, sẽ bằng:

$$I_1 = I_{C_1} + m_1 d_1^2 \quad \text{và} \quad I_2 = I_{C_2} + m_2 d_2^2$$

Tính mômen quán tính trung tâm của cẳng tay và bàn tay qua phương trình hồi quy từ dữ liệu trong bảng 5.7 ta có:

$$\begin{aligned} I_{C_1} &= -67,9 + 0,855m + 0,376l = -67,9 + 0,855 \cdot 70[\text{kg}] + 0,376 \cdot 170[\text{cm}] = \\ &= 55,9[\text{kgcm}^2] = 0,00559[\text{kgm}^2]. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{C_2} &= -13,68 + 0,088m + 0,092l = -13,68 + 0,088 \cdot 70[\text{kg}] + 0,092 \cdot 170[\text{cm}] = \\ &= 8,12[\text{kgcm}^2] = 0,000812[\text{kgm}^2]. \end{aligned}$$

Khối lượng của cẳng tay và bàn tay được xác định bằng phương pháp tính trọng lượng tương đối của các bộ phận cơ thể theo Zatsiorsky (Bảng 5.3):

$$m_1 = \frac{1,625\% \cdot m}{100\%} = \frac{1,625 \cdot 70\text{kg}}{100\%} = 1,14\text{kg}.$$

$$m_2 = \frac{0,614\% \cdot m}{100\%} = \frac{0,614 \cdot 70\text{kg}}{100\%} = 0,429\text{kg}.$$

Bán kính qua tiêu của trọng tâm phân đoạn cẳng tay và bàn tay được xác định bằng phương pháp tương tự (bảng 5.5):

$$r_1 = \frac{42,7\% l_1}{100\%} = \frac{42,7\% \cdot 0,25\text{m}}{100\%} = 0,107\text{m}$$

$$r_2 = \frac{37\% l_2}{100\%} = \frac{37\% \cdot 0,17\text{m}}{100\%} = 0,063\text{m}$$

Mômen quán tính của cẳng tay đối với trục phải - trái khớp khuỷu sẽ là:

$$I_1 = I_{C_1} + m_1 \cdot d_1^2 = I_{C_1} + m_1 \cdot r_1^2 = 0,00559\text{kgm}^2 + 1,14\text{kg} \cdot (0,107\text{m})^2 = 0,0186\text{kgm}^2$$

Mômen quán tính của bàn tay đối với trục phải - trái của khớp khuỷu sẽ có giá trị:

$$\begin{aligned} I_2 &= I_{C_2} + m_2 \cdot d_2^2 = I_{C_2} + m_2 \cdot (l_1 + r_2)^2 = 0,000812\text{kgm}^2 + 0,429\text{kg} \cdot (0,25\text{m} + 0,063\text{m})^2 = \\ &= 0,000812\text{kgm}^2 + 0,429\text{kg} \cdot 0,098\text{m}^2 = 0,04285\text{kgm}^2 \end{aligned}$$

Và cuối cùng, mômen quán tính của cẳng tay cùng với bàn tay là:

$$I_K = I_1 + I_2 = 0,0186\text{kgm}^2 + 0,04285\text{kgm}^2 = 0,06145\text{kgm}^2$$

5.5.2. Các phương pháp thực nghiệm xác định mômen quán tính các bộ phận cơ thể

Phương pháp thay thế.

Nếu đối với một bộ phận cơ thể (hoặc một phần của hệ rắn, như chi trên), có thể thực hiện chuyển động quay quanh một trục khớp nhất định, khi tác động thay thế một mômen lực tăng dần có giá trị ΔM , thì sẽ tạo cho bộ phận cơ thể đó một chuyển động quay với một gia tốc góc có giá trị ban đầu là $\Delta \varepsilon$ với phương trình đầy đủ:

$$\Delta M = I \cdot \Delta \varepsilon.$$

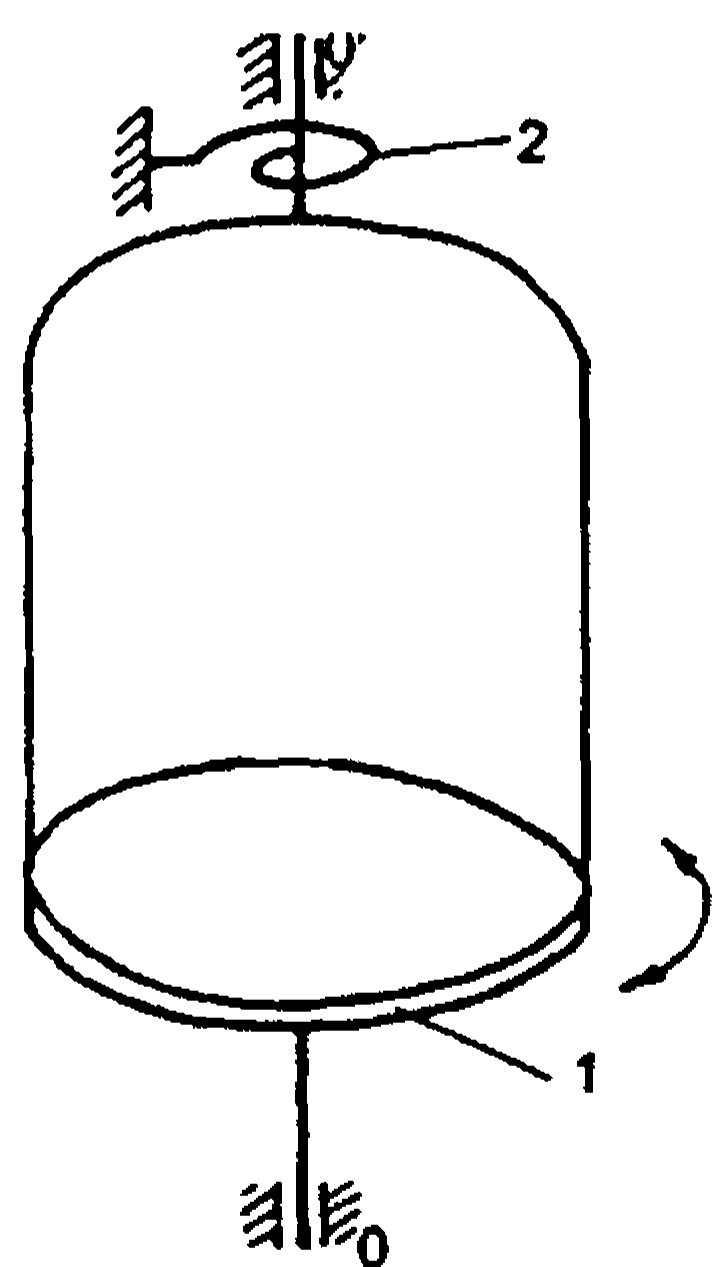
Như vậy bằng cách đo giá trị ban đầu của gia tốc góc $\Delta \varepsilon$ chúng ta có thể xác định được mômen quán tính:

$$I = \frac{\Delta M}{\Delta \varepsilon}$$

Phương pháp này rất đơn giản và tương đối chính xác dù còn có một vài nhược điểm nhất định. Nó thường được sử dụng cho các bộ phận cơ thể mà chuyển động của chúng có liên quan đến hoạt động của khớp mà ta đang quan tâm. Có nghĩa là, nó có thể được sử dụng để xác định mômen quán tính (cố định ở khớp gối và khớp cổ chân) chi dưới đối với trục của khớp hông, nhưng không thể sử dụng trực tiếp để xác định mômen quán tính của đùi

Phương pháp con lắc.

Phương pháp này sử dụng tính chất vật lý của con lắc (thường gọi là xoắn lực hay quay chậm) mà thời gian dao động phụ thuộc vào mômen quán tính của nó. Con lắc (Hình 5.19) được cấu tạo là một tấm đĩa xoay (1) treo trên trục $0-0'$, và có thể quay quanh trục này. Khi xoay tấm xoay này sẽ gây xoắn vặn lò xo (2), tạo ra một mômen lực có xu hướng quay ngược trở lại, phụ thuộc vào độ cứng của lò xo (được gọi là *mômen lực điều hòa*). Khi biết giá trị của mômen lực điều chỉnh D và đo thời gian dao động của con lắc, chúng ta có thể xác định được mômen quán tính I của nó.



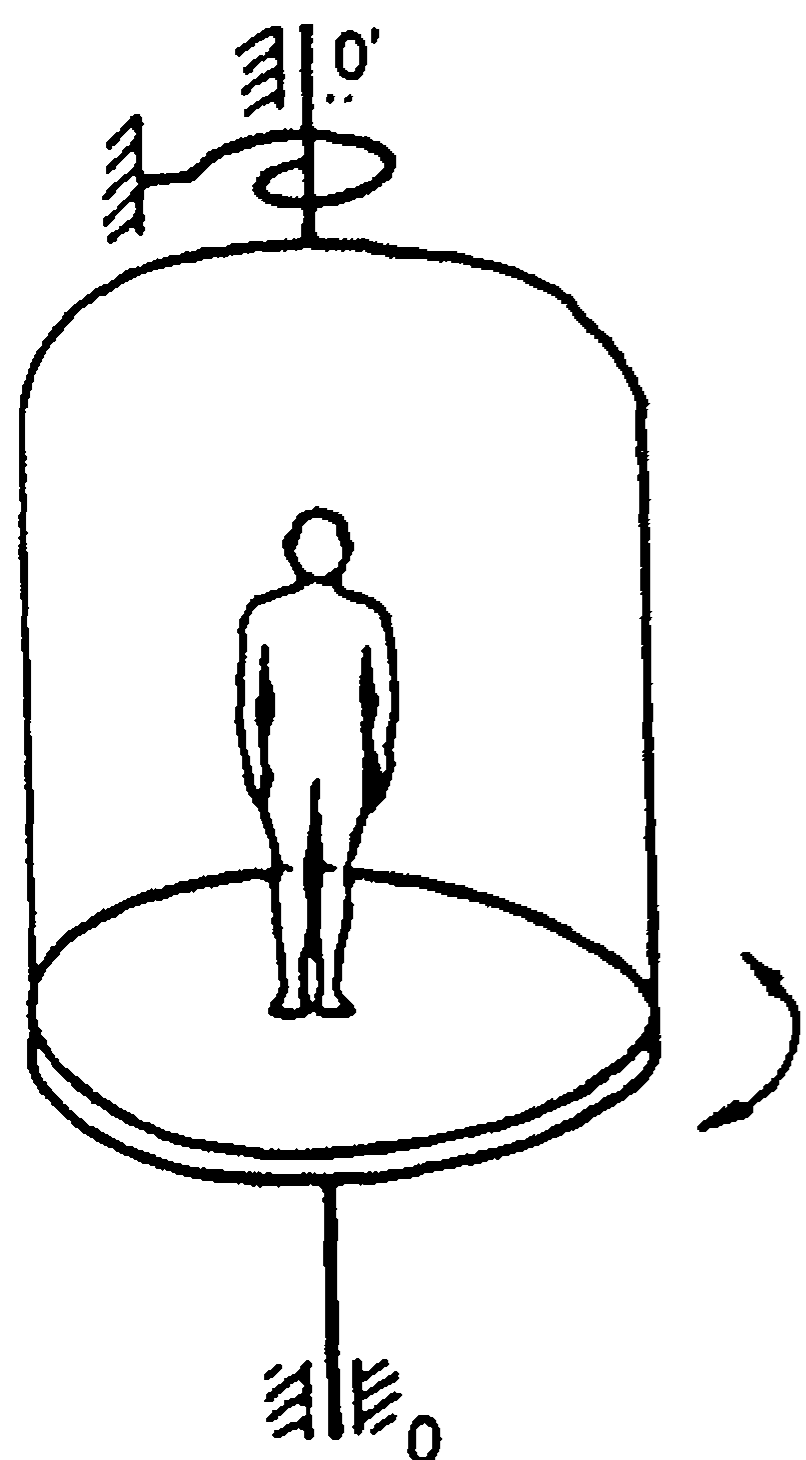
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{D}} \Rightarrow I_1 = \frac{T_1^2 \cdot D}{4\pi^2}$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{D}}$$

T_1 – thời gian dao động của con lắc, I_1 – mômen quán tính của con lắc; D – độ cứng của lò xo xoắn (mômen lực điều hòa của con lắc)

Hình 5.19. Con lắc xoay: 1 – tấm xoay, 2 – lò xo xoắn.

Nếu trên tâm quay có một người, khi chúng ta làm thay đổi mômen quán tính của con lắc, đồng thời cũng sẽ làm tăng giá trị mômen quán tính của cơ thể.



$$I = I_1 + I_2$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + I_2}{D}}$$

$$I_2 = \frac{D}{4\pi^2} (T^2 - T_1^2)$$

Hình 5.20. Xác định mômen quán tính I_2 của cơ thể theo trục trên - dưới

Thời gian dao động của con lắc cùng với người được đặt lên (T) là:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_1 + I_2}{D}}$$

Nghĩa là mômen quán tính I bằng tổng mômen quán tính của con lắc I_1 và mômen quán tính của người được đặt lên nó I_2 .

$$I = I_1 + I_2$$

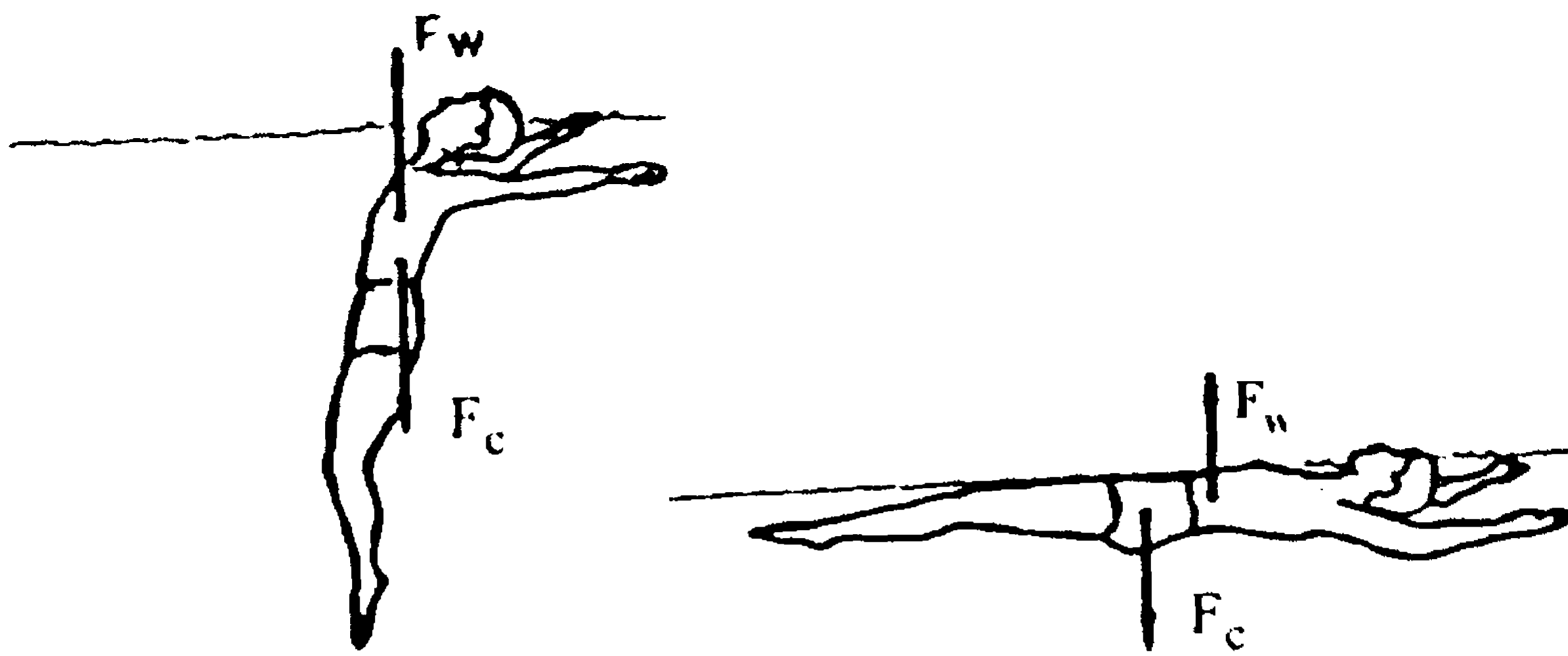
Do đó:

$$I_2 = I - I_1 = \frac{D}{4\pi^2} (T^2 - T_1^2)$$

Phương pháp này có thể được sử dụng để xác định thử nghiệm mômen quán tính của toàn bộ cơ thể ở những tư thế cố định khác nhau.

5.6. Khối lượng riêng của cơ thể và các tổ chức

Trong sinh cơ học các môn thể thao dưới nước thường xuất hiện khái niệm *tâm nổi*. Tâm nổi là điểm đặt của lực đẩy của nước lên cơ thể. Giá trị của lực này bằng và ngược chiều với trọng lực của cơ thể, bằng trọng lượng riêng của phần nước mà nó chiếm chỗ. Tính chất này là kết quả của định luật Ác-si-mét (Archimedes). Vật rắn được ngâm trong chất lỏng có thể ở trạng thái cân bằng chỉ khi: (1) trọng lực và lực đẩy bằng nhau và (2) hướng tác động của lực này phải nằm trên một đường thẳng và ngược chiều. Trong trường hợp cơ thể ngập hoàn toàn trong nước, chỉ với điều kiện đầu tiên và khi khối lượng riêng của cơ thể bằng trọng lượng riêng của nước (Hình 5.21).



Hình 5.21. Sự cân bằng của cơ thể trong nước; F_w – lực đẩy; F_c – trọng lực

Trọng lượng riêng của nước là 1g/cm^3 , tỷ trọng của cơ thể người cũng xấp xỉ như vậy, nhưng nếu hít vào hết sức có thể nhỏ hơn khoảng $0,05\text{g/cm}^3$

Tâm nổi là điểm đặt của lực đẩy của nước lên cơ thể. Giá trị của lực này bằng và ngược chiều với trọng lực của cơ thể, cũng bằng trọng lượng riêng của phần nước mà nó chiếm chỗ.

Nếu một người ngấp trong nước ở tư thế thẳng đứng, thì sự cân bằng của cơ thể được xác định chỉ khi một bộ phận nổi lên trên. Trạng thái cân bằng này của vật thể được gọi là *sự nổi*, lúc đó lực đẩy lớn hơn trọng lực của vật. Khi nằm trên mặt nước, ví dụ như nằm ngửa, thì điều kiện thứ hai liên quan đến đường thẳng đối với hướng tác động của lực đẩy của nước và trọng lực của cơ thể thông qua trục dọc, tức là không xuất hiện mômen lực gây ra chuyển động quay sang phải hoặc sang trái.

Khối lượng riêng của một vật đồng chất là tỷ lệ giữa trọng lượng Q với khối lượng V . Đối với vật thể không đồng chất, như cơ thể được gọi là khối lượng trung bình. Khối lượng riêng đồng chất được đo bằng g/cm^3 hoặc kg/cm^3 .

Ngược lại, khi nhìn từ mặt bên, tức là trên mặt phẳng đứng dọc (Hình 5.21), trọng lực và lực đẩy nằm cách nhau một khoảng cách nhất định, tạo ra một cặp lực quay quanh trục ngang khiến cho chân rơi xuống dưới. Khoảng cách này là 1,3 đến 3,1cm đối với nam và 0,6 đến 2,3cm đối với nữ. Di chuyển chi trên ra sau đầu gây nên sự di chuyển trọng tâm chung theo cùng hướng để đạt được sự thăng bằng đối với trục ngang (phải – trái) và duy trì cơ thể trong tư thế nằm ngang. Ở một số người, đặc biệt là trẻ em, có trọng lực và lực đẩy nằm trên một đường thẳng, tạo ra sự thăng bằng ổn định trong tư thế nằm ngang, giúp ích thuận lợi trong môn bơi, đặc biệt là trong giai đoạn học kỹ thuật động tác. Các vấn đề về tỷ trọng của cơ thể cần thảo luận một cách chi tiết hơn dưới đây.

Tỷ trọng γ là tỷ số giữa trọng lượng Q với thể tích V của nó:

$$\gamma = Q / V \quad [\text{kg/m}^3 \text{ hoặc } \text{N/m}^3]$$

Đó là đối với vật đồng chất. Tỷ trọng của cơ thể cùng với khí thở lớn hơn trọng lượng riêng của nước một chút - từ 1,03 đến 1,1g/cm³ so với 1g/cm³ của nước. Các mô khác nhau cũng có sự khác biệt về khối lượng riêng. Khối lượng riêng lớn nhất của xương khoảng 1,08g/cm³, của mô cơ trên 1g/cm³ một chút, mô mỡ dưới giá trị này, phổi có chứa khí làm tỷ trọng chung của toàn bộ cơ thể giảm xuống. Tỷ trọng của cơ thể có thể được tính bằng công thức:

$$\gamma \text{ (g/cm}^3\text{)} = 0,69 + 0,9c,$$

trong đó: $c = \frac{h}{\sqrt[3]{m}}$; h : chiều cao cơ thể (tính theo mét) và m : trọng lượng cơ thể (tính theo kg).

Tỷ lệ khác nhau của các mô đã đề cập ở trên trong các bộ phận cơ thể riêng lẻ cũng có sự khác biệt về khối lượng riêng. Ví dụ, chi trên có khối lượng riêng lớn hơn chi dưới, phần xa của các chi lớn hơn phần gần.

5.7. Lực cản không khí

Trong các hoạt động của con người khi di chuyển, cần tính đến công để khắc phục lực cản không khí. Đối với di chuyển tốc độ không lớn, lực cản không khí được thể hiện bởi mối quan hệ:

$$F = 1/2\rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C$$

Trong đó:

F – lực cản không khí (N)

ρ – tỷ trọng không khí (kg/m³)

v – tốc độ không khí (m/s)

S – diện tích bề mặt phía trước của cơ thể (m²)

C – hệ số hình dáng phụ thuộc vào ngoại hình của cơ thể và được gọi là số *Reynolds*, đó là một hàm về kích thước của vật, vận tốc của dòng khí và tính chất động lực học của nó.

Tỷ trọng của không khí ρ là tỷ số giữa khối lượng (m) và thể tích (V), tức là $\rho = m/V$, phụ thuộc vào độ cao so với mực nước biển. Trong điều kiện bình thường nó có giá trị:

$$\rho = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3 = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

Diện tích bề mặt phía trước là kích thước của một biến số, chẳng hạn như dữ liệu của Pugh (1976) đối với đi bộ ở một số cá nhân được trình bày trong bảng 5.6.

Bảng 5.6. Diện tích toàn bộ cơ thể và diện tích bề mặt phía trước đối với người và dạng hoạt động khác nhau

Dạng hoạt động	Khối lượng cơ thể	Chiều cao	Diện tích toàn bộ cơ thể	Diện tích bề mặt phía trước	
Đơn vị	m (kg)	h (cm)	S_{tp} (m ²)	S (m ²)	(%) (diện tích cơ thể)
Đi bộ*	80,4	181,4	2,01	0,631	31,4
Chạy*	67,8	179,7	1,86	0,468	25,2
Xe đạp*	75,9	185,8	2	0,42	21
Trượt tuyết M**	60	160	1,615	0,225	13,8
Trượt tuyết K	70	167,5	1,785	0,265	14,8

* Pugh (1976), ** Remizów (1971).

Diện tích cơ thể được tính dựa trên khối lượng, chiều cao cơ thể hoặc sự kết hợp cả hai yếu tố cùng một lúc.

Ví dụ:

Một người có khối lượng $m = 64\text{kg}$ và chiều cao $h = 170\text{cm}$. Theo Takey (1929) có thể chỉ cần dựa vào khối lượng m để tính:

Diện tích toàn bộ cơ thể S_{tp} (theo m²):

$$S_{tp} = 11,2 \cdot m^{0,667} = 11,2 \cdot 16,02 = 1,797\text{m}^2$$

Takashur (1925) sử dụng cả hai chỉ số cân nặng m và chiều cao h để tính:

$$S_{tp} = 74,49 \cdot m^{0,427} \cdot h^{0,718} = 1,75\text{m}^2$$

Năm 1976 C.Vaughan và I. Sterwarda cùng đưa ra một công thức khác để tính diện tích cơ thể dựa trên hai chỉ số cân nặng m và chiều cao h :

$$S_{tp} = 0,217 \cdot m^{0,425} \cdot h^{0,725} = 1,866\text{m}^2.$$

Đương nhiên giữa diện tích bề mặt phía trước và diện tích toàn bộ cơ thể có một tỷ lệ tương xứng nhất định, chúng ta có thể tính được diện tích bề mặt phía trước trong các môn thể thao như đi bộ, chạy hay trượt tuyết, dựa vào hệ số tương xứng trong bảng 5.6.

Trong môn đi bộ, hệ số này là 31,4%, do đó diện tích bề mặt phía trước S là:

$$S = 1,866\text{m}^2 \cdot 0,314 = 0,586\text{m}^2.$$

Tương tự như vậy, trong môn chạy ta có:

$$S = 1,866\text{m}^2 \cdot 0,252 = 0,47\text{m}^2$$

Và trong trượt tuyết là:

$$S = 1,866\text{m}^2 \cdot 0,148 = 0,276\text{m}^2$$

Hệ số hình dáng cơ thể (C) theo Pugh (1971) đối với đi bộ là 0,81; đối với môn chạy trong khoảng từ 0,7 đến 1. Dựa vào những hệ số này, chúng ta có thể tính được giá trị lực cản không khí đối với tốc độ vận động được lựa chọn.

Lực cản không khí là:

a) Ví dụ khi đi bộ trong điều kiện không có gió với: $v = 5\text{km/h} \approx 1,4\text{m/s}$; $\rho = 1,29\text{kg/m}^3$; $S = 0,586\text{m}^2$; $C = 0,81$. Ta có:

$$F = 1/2 \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C = 1/2 \cdot 1,29 \cdot 1,4^2 \cdot 0,586 \cdot 0,81 = 0,6(\text{N})$$

b) Ví dụ trong chạy với tốc độ 8m/s không có gió: $v = 8\text{m/s}$; $\rho = 1,29\text{kg/m}^3$; $S = 0,47\text{m}^2$; $C = 1$. Ta có:

$$F = 1/2 \rho \cdot v^2 \cdot S \cdot C = 1/2 \cdot 1,29 \cdot 8^2 \cdot 0,47 = 19,4(\text{N})$$

Đối với chạy tốc độ 10m/s, lực cản không khí F có giá trị trong khoảng từ 24,7 đến 41,5 Niuton.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG V

1. Ứng dụng các chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay trong phân tích chuyển động của con người và trong hoạt động thể dục thể thao?
2. Xác định các bộ phận cơ thể qua phương trình hồi quy theo C.F Clauser và V.M Zatsiorsky?
3. Trọng tâm của cơ thể là gì? Hãy xác định trọng tâm các bộ phận cơ thể, của hệ vật chất theo các phương pháp khác nhau?
4. Trình bày các phương pháp xác định mômen quán tính các bộ phận cơ thể?
5. Trình bày phương pháp định khối lượng riêng của cơ thể và xác định lực cản không khí?

CHƯƠNG 6

SỰ LIÊN KẾT ĐỘNG HỌC CỦA KHỚP

6.1. Tầm hoạt động của khớp

Tầm hoạt động là một thuật ngữ dùng để mô tả phạm vi hoạt động của một khớp, đó là một trong những tính năng của sự liên kết một khớp động. Giới hạn hoạt động của khớp được coi là độ dẻo của nó. Khả năng hoạt động của khớp phụ thuộc chủ yếu vào cấu trúc chủ động của khớp, đó là cơ bắp, đồng thời cũng phụ thuộc vào cấu trúc liên kết thụ động, đó là diện khớp, bao khớp và dây chằng. Cơ bắp bao quanh khớp gây nên sự hoạt động cho chúng, quyết định thành phần cấu trúc của hệ vận động và cũng có thể là nguyên nhân làm hạn chế phạm vi biên độ hoạt động của khớp.

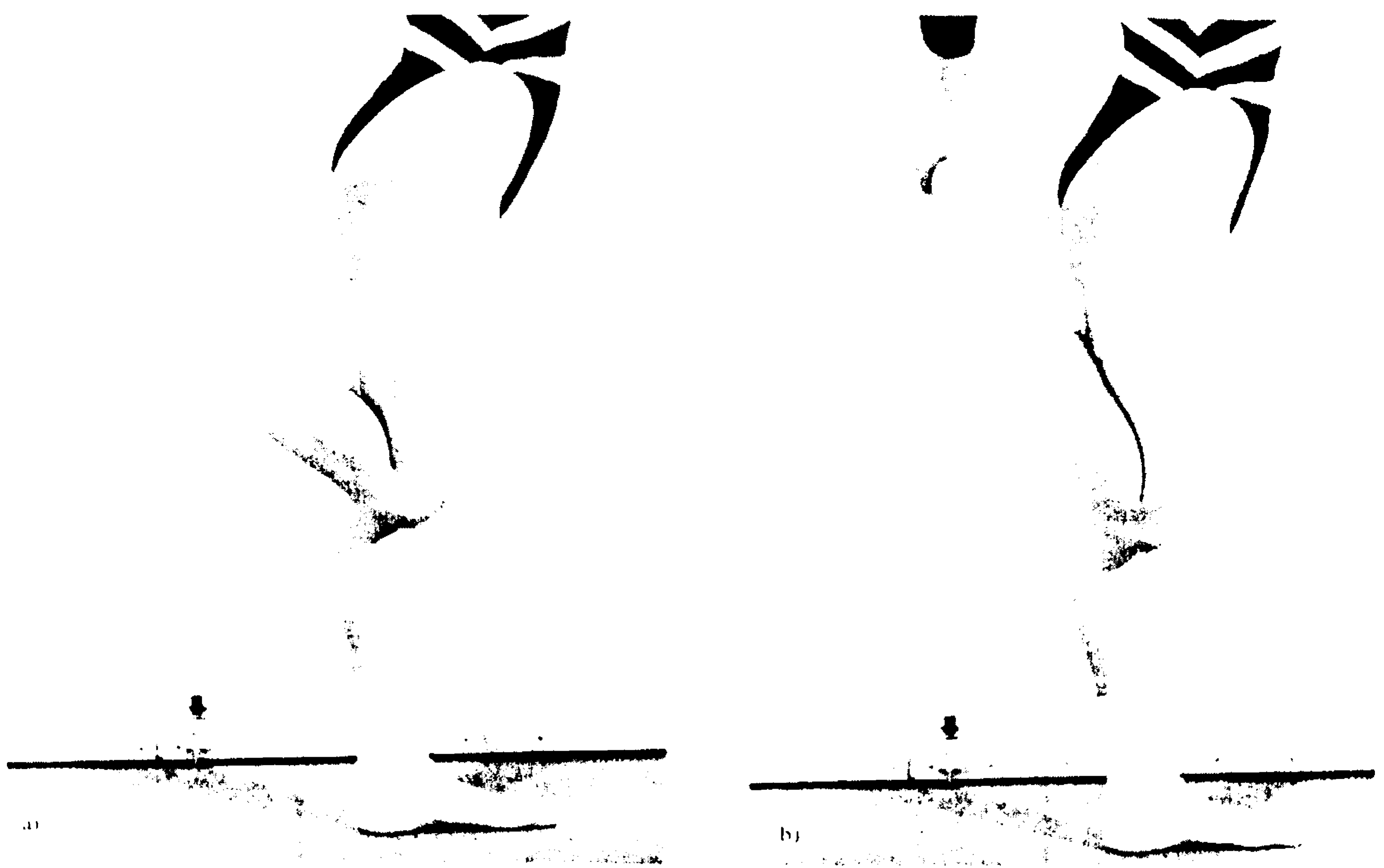
Chúng ta cần nắm rõ về hoạt động của xương, hoạt động chủ động và bị động ở khớp. Tuy nhiên, trước khi tiếp tục thảo luận về các dạng hoạt động đó, cần phải làm rõ khái niệm về phạm vi biên độ hoạt động, vì sự thiếu chính xác trong vấn đề này sẽ phản ánh tiêu cực đến phương pháp đo đạc. Đo phạm vi biên độ hoạt động của khớp được tiến hành dựa trên mặt phẳng mà khớp đó có thể thực hiện, góc tối đa và tối thiểu giữa hai phân đoạn để tạo nên một khớp tính theo độ được gọi là phạm vi biên độ hay tầm hoạt động của khớp đó.

6.1.1. Khái niệm về biên độ hoạt động, hoạt động chủ động và bị động của khớp

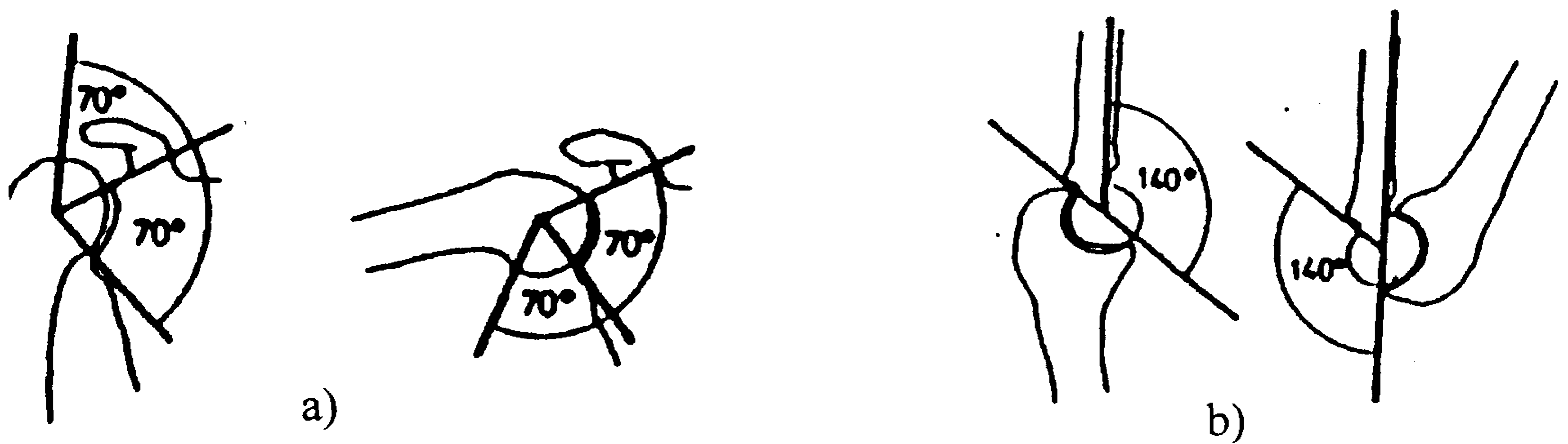
Biên độ **chủ động** của khớp là tầm hoạt động thu được do sự huy động tối đa mômen lực cơ tác động đến khớp. Biên độ **thụ động** thu được bằng cách sử dụng mômen lực tác động từ bên ngoài, khi đó cơ chỉ giữ vai trò bị động. Các bài tập với việc sử dụng mômen lực bên ngoài, ví dụ đứng co một chân, giúp cho tầm hoạt động đạt được lớn hơn so với hoạt động chỉ có sự tham gia chủ động của cơ (Hình 6.1). Tất nhiên với mục đích của bài tập là không đòi hỏi sự tham gia tích cực của cơ mà chỉ yêu cầu làm tăng phạm vi biên độ hoạt động, nghĩa là chỉ với mục đích làm tăng độ dẻo của khớp.

Biên độ chủ động trong hoạt động của khớp đạt được do sự tham gia tích cực của cơ tác động thông qua khớp. Biên độ thụ động đạt được bằng việc sử dụng mômen lực tác động từ bên ngoài, cơ chỉ giữ vai trò bị động.

Khái niệm về biên độ hoạt động của xương liên quan đến khả năng hoạt động là do hình dạng bề mặt tiếp xúc giữa hai xương (diện khớp) giữ vai trò quyết định (Hình 6.2). Đó là về mặt lý thuyết, trên thực tế ở từng khớp, nó còn phụ thuộc vào bao khớp, dây chằng và các cơ xung quanh. Những thành phần này củng cố thêm toàn bộ cấu trúc của khớp, nhưng đồng thời cũng làm hạn chế phạm vi hoạt động của nó. Do đó, biên độ hoạt động của xương có thể được coi như hoạt động của khớp sau khi loại bỏ các mô mềm xung quanh. Biên độ hoạt động phụ thuộc vào sự khác biệt về kích thước bề mặt tiếp xúc giữa hai xương. Ví dụ, ở khớp khuỷu, khuyết rỗng rọc của xương trụ, cung của khuyết có độ lớn khoảng 180° (tính từ mỏm vẹt đến mỏm khuỷu), bề mặt của diện rỗng rọc đầu dưới xương cánh tay có cung là 320° , do đó sự khác biệt $320 - 180 = 140^{\circ}$ là biên độ hoạt động của xương ở khớp này.



Hình 6.1. Gấp gối chủ động (a) và thụ động (b)



Hình 6.2. Hoạt động của xương ở khớp vai (a) và khớp khuỷu (b)

6.1.2. Biên độ hoạt động và giới hạn của nó

Trong mục này sẽ giới thiệu một số ví dụ về biên độ hoạt động của những khớp chủ yếu được A. Zębaty (1989) lựa chọn, đã được thừa nhận như một tiêu chuẩn trong vật lý trị liệu (Bảng 6.1).

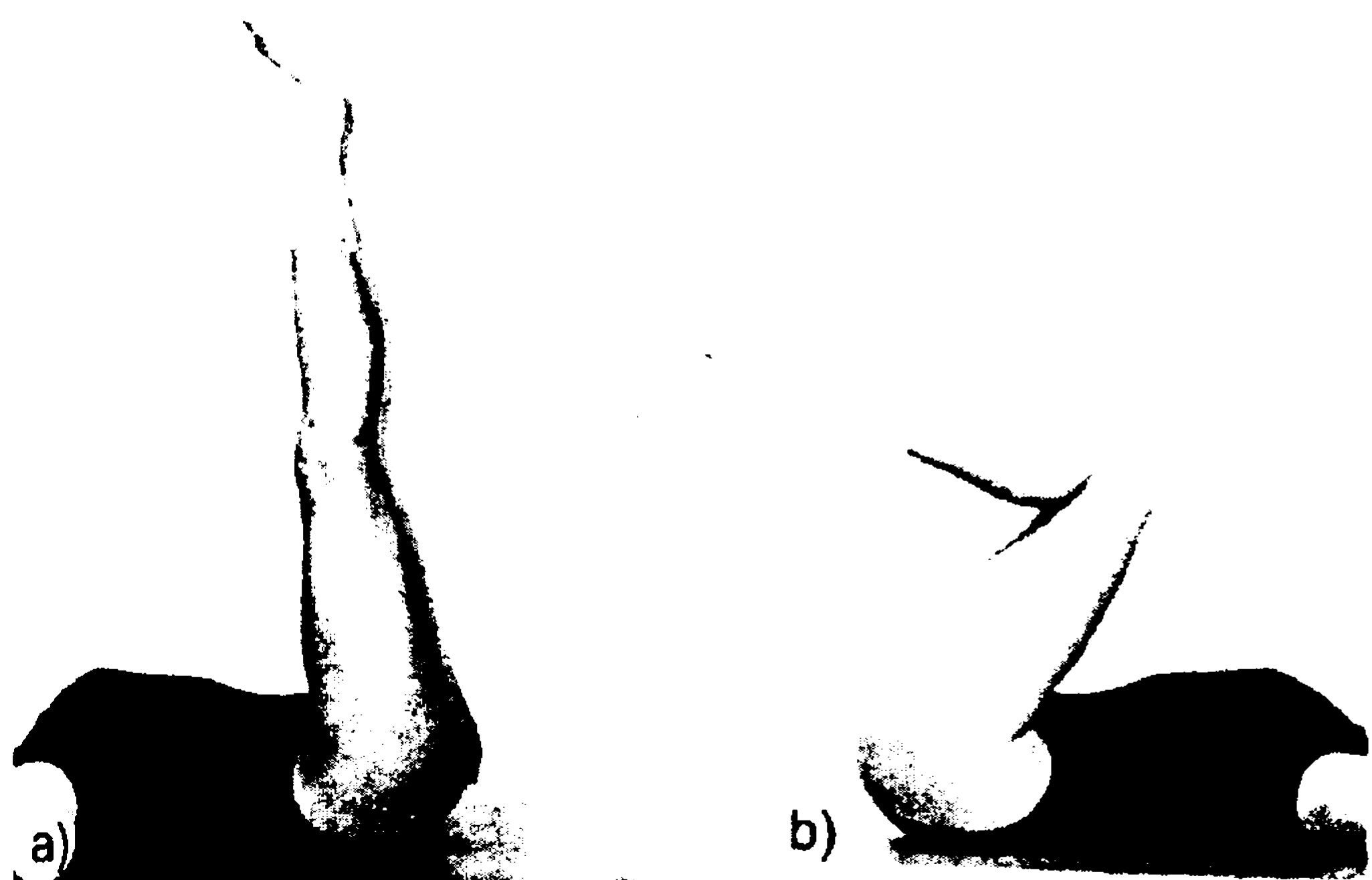
Bảng 6.1. Biên độ chủ động trung bình của khớp trên ba mặt phẳng đối với người bình thường độ tuổi từ 18 đến 40 (A. Zębaty, 1989)
 Những con số, trong bảng là biên độ hoạt động, được đọc là: $90^{\circ}-0^{\circ}-50^{\circ}$, nghĩa là, gấp trong biên độ từ 0° đến 90° và duỗi từ 0° đến 50°

Khớp	Mặt phẳng		
	Đứng dọc	Đứng ngang	Nằm ngang
	Gấp/duỗi	Dạng/khép	Sấp/ngửa
Xương cánh tay cùng với các khớp của đai vai ^a	α_z [độ]		
	90-0-50	20-0-90	75-0-90
Khớp khuỷu cùng với xương quay, xương trụ	150-0-10		90-0-85
Khớp quay cổ tay	80-0-70	40-0-20	
Khớp hông	125*-0-15**	30-0-20	35-0-35
Khớp gối	135***-0-5		
Khớp cẳng chân-sên và sên-gót-ghe	45-0-20		20-0-30

a: gồm khớp ức-dòn và khớp cùng vai-dòn; * khi gấp gối; ** khi duỗi gối; *** khi duỗi đùi.

Các yếu tố làm hạn chế biên độ hoạt động của khớp gồm: sụn viên, bao khớp, dây chằng và cơ.

Những hạn chế về biên độ hoạt động của khớp do nhiều nguyên nhân khác nhau, nhưng phần lớn là do giảm độ đàn hồi của các cơ (sợi cơ và gân). Sự hạn chế biên độ hoạt động cũng bởi do thành phần liên kết đàn hồi của khớp, đó là dây chằng, chúng vừa giữ vai trò củng cố bao khớp và vừa là phương tiện nối khớp. Ví dụ với dây chằng chậu - đùi rất chắc khỏe, chức năng chính là cố định chỏm xương đùi với ổ khớp xương chậu (ổ cối), nhưng nó cũng là nguyên nhân chính làm hạn chế động tác di chuyển đùi ra phía sau (đuỗi đùi). Ngoài ra, tuổi tác cũng làm giảm đáng kể tính linh hoạt của khớp. Ví dụ, trong động tác gấp đùi (khi gấp gối), ở độ tuổi từ 18 đến 40 đạt được 125° , ở tuổi từ 41 - 60 chỉ còn 110° ; đến tuổi 85 hoạt động chủ động giảm xuống 17,4% và hoạt động thụ động giảm 20,1%. Với động tác gấp gối (khi đuỗi đùi) trong nhóm tuổi như trên, tương ứng là 135° và 125° , và ở độ tuổi 85 mất tới 23% trong hoạt động chủ động và thụ động. Hạn chế biên độ hoạt động của khớp cũng có thể do nguyên nhân ít vận động trong một thời gian dài hoặc coi nhẹ hoạt động thể lực. Ngược lại, biên độ hoạt động của khớp được tăng lên đáng kể với các bài tập nhằm mục đích làm tăng biên độ hoạt động của khớp, đặc biệt trong các môn thể dục dụng cụ và nhào lộn. Thông thường người ta hay nói tới độ dẻo cao hay thấp, sự hạn chế về biên độ hoạt động của khớp là do bị giảm tính đàn hồi của mô cơ là điều rất dễ nhận thấy. Đó là sự hạn chế hoạt động của khớp gây ra do giảm tính đàn hồi và biên độ kéo giãn của cơ đi qua hai khớp, ví dụ trong động tác gấp đùi có thể thực hiện với biên độ khác nhau khi đuỗi hoặc gấp gối (Hình 6.3). Trong trường hợp sau, biên độ hoạt động sẽ lớn hơn. Sự hạn chế gấp đùi khi đuỗi gối là do sự căng các cơ đi qua hai khớp của nhóm sau đùi (gồm cơ bán gân, bán mạc và cơ nhị đầu đùi), khi gấp khớp hông, các cơ sau đùi đã bị kéo căng, nếu đuỗi gối, khoảng cách giữa hai đầu gần và đầu xa của cơ tăng lên, những cơ này càng bị kéo giãn, ngược lại, nếu gối gấp sẽ thu hẹp khoảng cách này, giúp cho biên độ của khớp hông lớn hơn.



Hình 6.3. Vai trò các cơ phía sau đùi trong động tác gấp đùi. Hãy quan sát biên độ gấp đùi trong hai tư thế a và b.

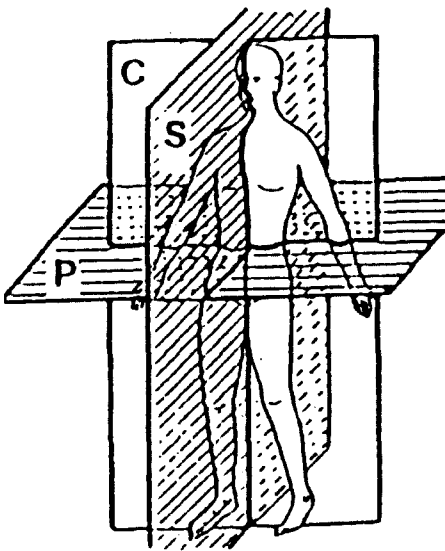
Tương tự như vậy, khi gấp các ngón tay, chúng ta dễ dàng gấp cổ tay, vì thực hiện chúng là những cơ đi qua khớp cổ tay và nhiều khớp ở bàn tay, ngón tay (các cơ ở cả lớp nông và sâu) với chức năng chung là gấp bàn và gấp các ngón, nhưng khi cố gắng gấp cổ tay, thì các ngón lại có xu hướng mở ra, hoặc khi đã gấp cổ tay, sẽ thực hiện gấp các ngón khó khăn hơn, do sự kéo giãn của cơ đối kháng phía mu tay.

Những yếu tố sinh lý hạn chế biên độ hoạt động của khớp:

- *Hạn chế (về mặt sinh lý) biên độ co rút hoặc kéo giãn của cơ.*
- *Suy giảm độ đàn hồi của cơ.*
- *Suy giảm độ đàn hồi của hệ thống dây chằng.*
- *Phi đại cơ.*

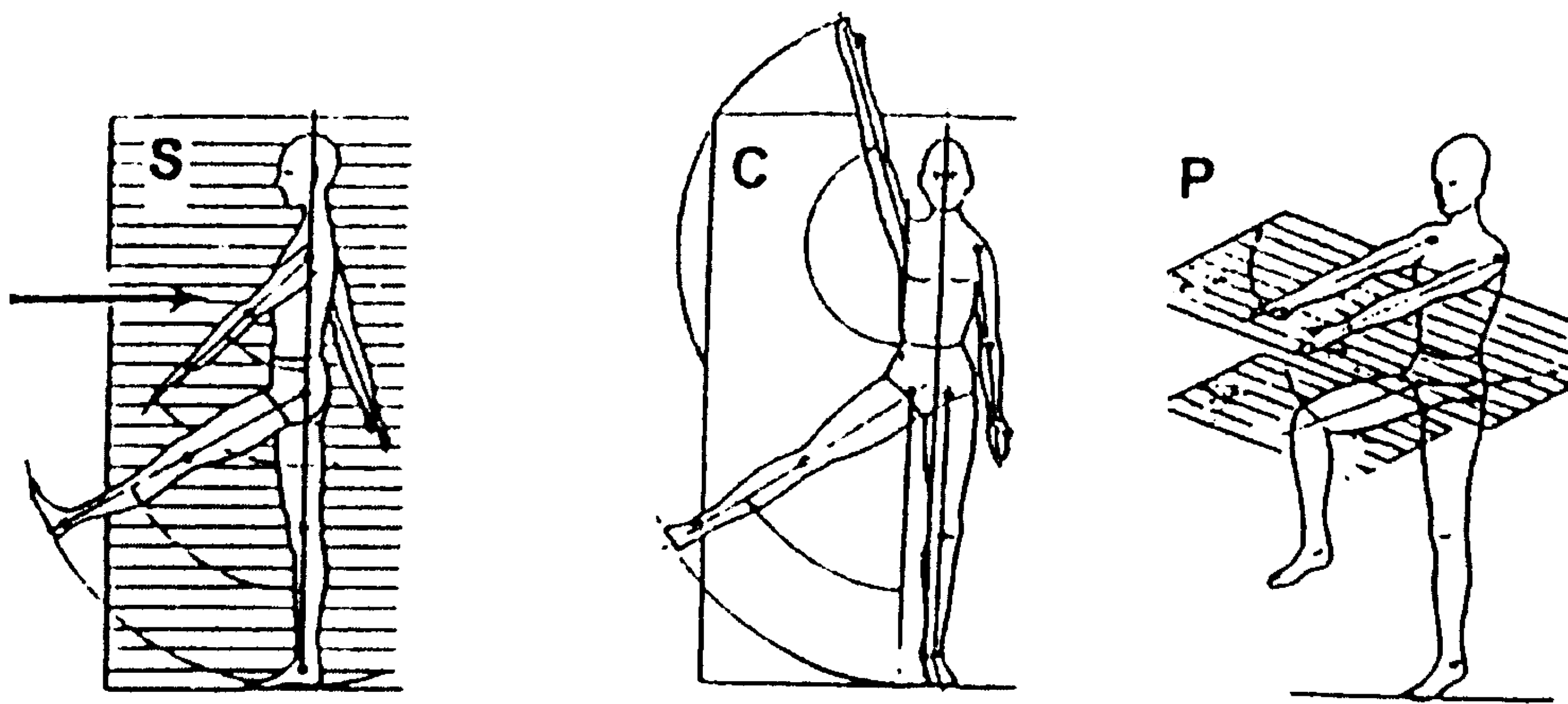
6.2. Những mặt phẳng và trục cơ bản như một hệ tham chiếu cho hoạt động của cơ thể và các bộ phận cơ thể

Để đo biên độ hoạt động của khớp, trước tiên cần phải xác định hướng của chuyển động. Chúng ta cần sử dụng một hệ tham chiếu đối với cơ thể, được tiến hành dựa trên tư thế giải phẫu học. Đó là tư thế đứng tự nhiên, cân đối, với hai tay xuôi dọc theo thân, lòng bàn tay hướng ra trước (Hình 6.4).



Hình 6.4. Các mặt phẳng cơ bản: đứng dọc (S), đứng ngang (C) và nằm ngang (P) như một hệ tham chiếu đối với hoạt động của con người

Hệ tham chiếu đó gồm ba mặt phẳng vuông góc tương đối với nhau làm cơ sở cho chuyển động tịnh tiến và ba trục là các đường giao cắt giữa các mặt phẳng trên, hoạt động xoay quanh các trục này tạo ra chuyển động quay của các bộ phận cơ thể.



Hình 6.5. Các ví dụ về hoạt động của các bộ phận cơ thể dựa trên các mặt phẳng và trục cơ bản

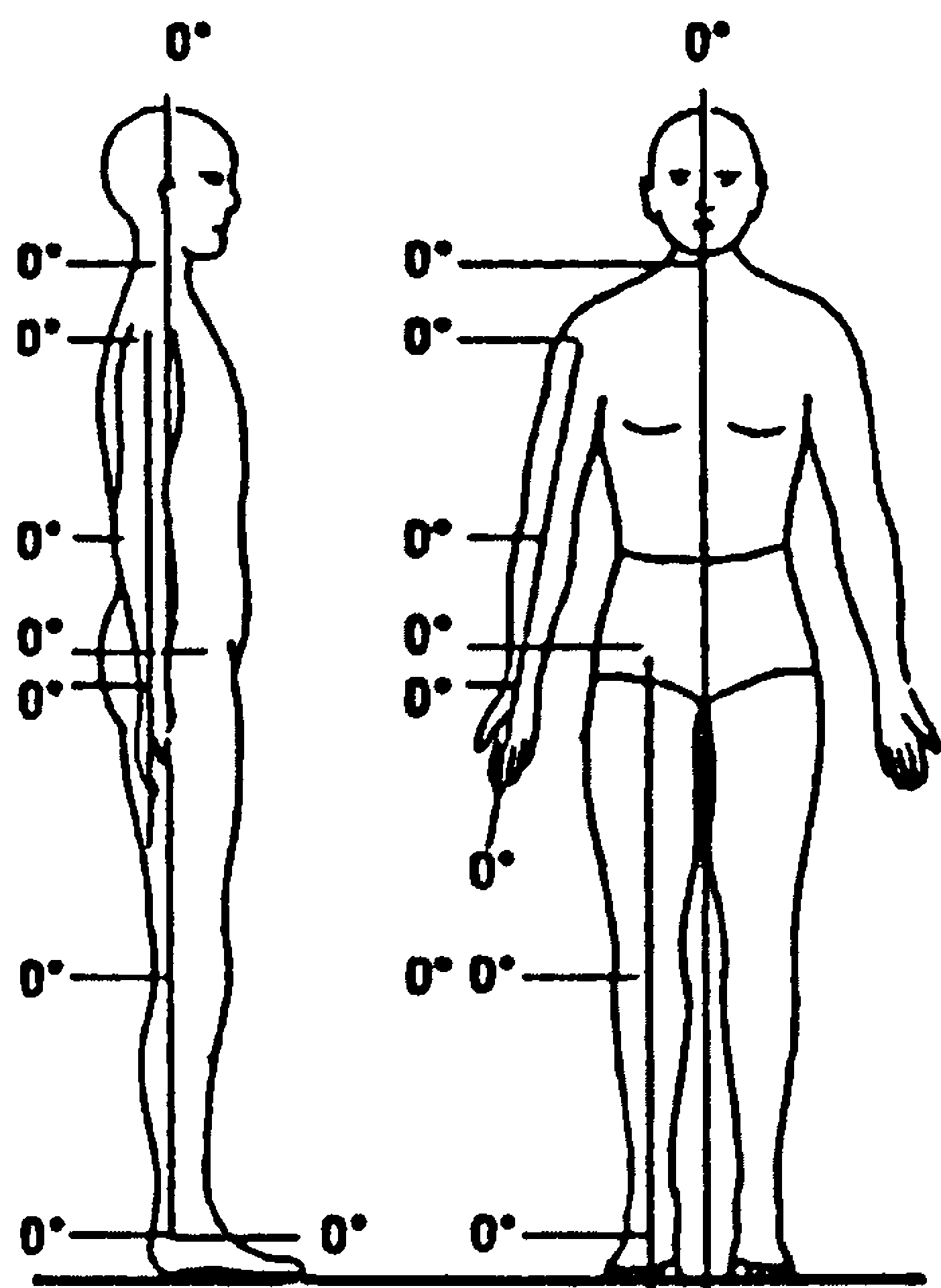
Các mặt phẳng đó là: mặt phẳng đứng ngang (còn gọi là mặt phẳng trán) chia cơ thể thành phần trước và sau; mặt phẳng đứng dọc chia cơ thể thành phần phải và trái; mặt phẳng nằm ngang chia cơ thể ra phần trên và dưới. Mỗi mặt phẳng này có thể là kim chỉ nam đối với các hoạt động của mỗi bộ phận của cơ thể, hay nói cách khác, có thể mô tả hướng chuyển động của mỗi phân đoạn cơ thể dựa trên nền mặt phẳng song song với mặt phẳng chính (Hình 6.5). Chuyển động quay ở các khớp được thực hiện xung quanh các trục. Các trục cơ bản trung tâm cũng được đặt tên và giao cắt vuông góc với nhau như các mặt phẳng trên. Đó là các trục: *trên - dưới* (trục dọc) vuông góc với mặt phẳng nằm ngang, trục *trước - sau* vuông góc với mặt phẳng đứng ngang và trục *phải - trái* (trục ngang) vuông góc với mặt phẳng đứng dọc (Bảng 6.2).

Bảng 6.2. Mặt phẳng và các trục cơ bản

Mặt phẳng		Trục vuông góc với mặt phẳng
Tên gọi	Chia cơ thể thành các phần	
Đứng ngang	Trước và sau	Trước-sau
Đứng dọc	Phải và trái	Phải-trái
Nằm ngang	Trên và dưới	Trên-dưới

6.3. Đặt tên hướng chuyển động của các phân đoạn cơ thể

Vị trí các bộ phận cơ thể đối với các khớp trong tư thế giải phẫu được xem như có giá trị trung gian và góc khớp giữa các bộ phận đó được tính là 0^0 (Hình 6.6).



Khi thừa nhận những nguyên tắc này, thì các động tác như gấp, dạng và ngửa sẽ làm giá trị góc khớp tăng (\uparrow), ngược lại động tác duỗi, khép và sấp sẽ làm giảm (\downarrow) giá trị góc khớp (xem bảng 6.3). Nguyên tắc này được áp dụng trong suốt thời gian hoạt động đến khi động tác trở về trạng thái ban đầu, nghĩa là giá trị các góc bằng không. Tiếp theo, cần phải có những quy ước về biên độ hoạt động, được trình bày trong các phần dưới đây, liên quan đến nguyên tắc đo lường.

Hình 6.6. Vị trí các góc (trung gian) ban đầu trong tư thế giải phẫu

Bảng 6.3. Bảng tóm tắt hướng chuyển động ở những khớp lớn trên mặt phẳng cơ bản, được công nhận như tiêu chuẩn đo lường trong khoa học chỉnh hình. Tư thế ban đầu là tư thế giải phẫu; ký hiệu (\uparrow) biểu thị giá trị góc khớp tăng và (\downarrow) là giá trị góc khớp giảm

Khớp	Mặt phẳng	Tư thế ban đầu	Gấp	Duỗi	Khép	Dạng	Xoay vào	Xoay ra
Hông	Đứng dọc ^a	0°	\uparrow	\downarrow				
	Đứng ngang	0°			\downarrow	\uparrow		
	Nằm ngang	0°					\downarrow	\uparrow
Gối	Đứng dọc ^a	0°	\uparrow	\downarrow				
	Nằm ngang	0°					\downarrow	\uparrow
Cánh tay-trụ	Đứng dọc ^a	0°	\uparrow	\downarrow				
Quay-trụ xa	Nằm ngang	0°					\downarrow	\uparrow
Vai	Đứng dọc	0°	\uparrow	\downarrow				
	Đứng ngang	0°			\downarrow	\uparrow		
	Nằm ngang	0°					\downarrow	\uparrow
Quay-cổ tay	Đứng dọc ^b	0°	\uparrow	\downarrow				
	Đứng ngang ^c	0°			\downarrow	\uparrow		
Sên-cẳng chân	Đứng dọc ^d	0°	\uparrow	\downarrow				
	Đứng ngang ^e	0°			\downarrow	\uparrow		

	Nằm ngang ^e	0°					↓	↑
Các đốt sọ cổ	Đứng dọc ^f	0°	↑	↓				
	Đứng ngang ^g	0°			↓	↑(sang trái)		
	Nằm ngang ^h	0°					↓	↑(sang trái)
Các đốt sọ lưng	Đứng dọc ^f	0°	↑	↓				
	Đứng ngang ^g	0°			↓	↑(sang trái)		
	Nằm ngang ^h	0°					↓	↑(sang trái)

^a gập và duỗi đùi.

^b gập gan tay và gập mu tay.

^c khép và dạng cánh tay.

^d gập gan chân, gập mu chân, tư thế ban đầu là bàn chân vuông góc với cẳng chân.

^e hoạt động trung gian giữa khép với ngửa và giữa dạng với sấp bàn chân.

^f gập là cúi ra trước, duỗi là ngửa ra sau.

^g nghiêng đầu hoặc thân sang phải và trái.

^h quay đầu hoặc thân sang phải và trái.

6.4. Phép đo góc, nguyên tắc đo biên độ hoạt động của khớp

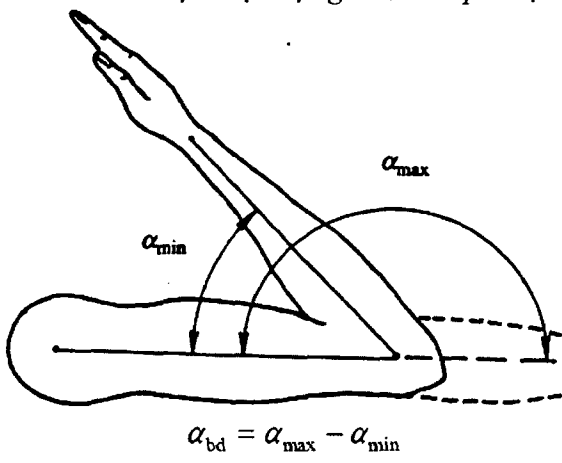
Để đo biên độ hoạt động của khớp cần phải sử dụng một hệ tham chiếu, những quy ước về tên hướng chuyển động và cuối cùng là một quy trình đo riêng. Hoạt động của khớp là sự chuyển động tương đối giữa hai hay nhiều xương - một thành phần của hệ vận động. Cấu tạo chung của một khớp động thường được mô tả gồm bề mặt tiếp xúc giữa hai hay nhiều xương (diện khớp), bao khớp và dây chằng. Sử dụng phép đo biên độ hoạt động của khớp chỉ tiến hành đối với khớp có thể hoạt động lớn hơn 5°. Với những khớp có phạm vi hoạt động từ 5° được gọi là khớp bán động, như khớp cùng-chậu, sẽ không phù hợp với những quy ước trên.

Biên độ hoạt động của khớp (tính di động) được xác định bởi góc giới hạn giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất ở điểm tiếp xúc của một phân đoạn này với phân đoạn khác khi dừng hoạt động. Vì vậy việc đo biên độ hoạt động của khớp trên một mặt

phẳng cơ bản là dựa vào xác định góc có đỉnh nằm ở trục khớp và cạnh gồm hai phân đoạn hoạt động nối với trục quay tính đến điểm xa nhất của những phân đoạn này.

Với hoạt động gấp và duỗi, góc đo là góc giữa hai cánh tay đòn hay trục dọc các phân đoạn hoạt động ở khớp đó (Hình 6.7).

Biên độ hoạt động của khớp được xác định bằng khoảng tăng thêm giữa giá trị tối đa và tối thiểu của góc khớp liên kết giữa hai phân đoạn trên một mặt phẳng cơ bản.

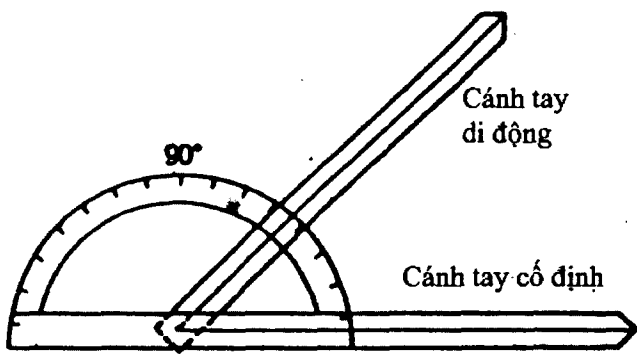


Hình 6.7 Hình minh họa xác định biên độ hoạt động của khớp

Từ định nghĩa trên cho thấy, để đo biên độ hoạt động ở một khớp và trong một mặt phẳng cụ thể, cần phải xác định phạm vi thay đổi góc khớp trên mặt phẳng này. Cần phải đo hai giá trị biên của góc khớp: α_{max} và α_{min} trên mặt phẳng mà khớp đó hoạt động với kết quả là: $\alpha_{bd} = \alpha_{max} - \alpha_{min}$.

6.4.1. Phương pháp đo biên độ hay tính di động của khớp

Các phép đo tính di động của khớp được tiến hành bằng thước đo góc (goniometer) (Hình 6.8).



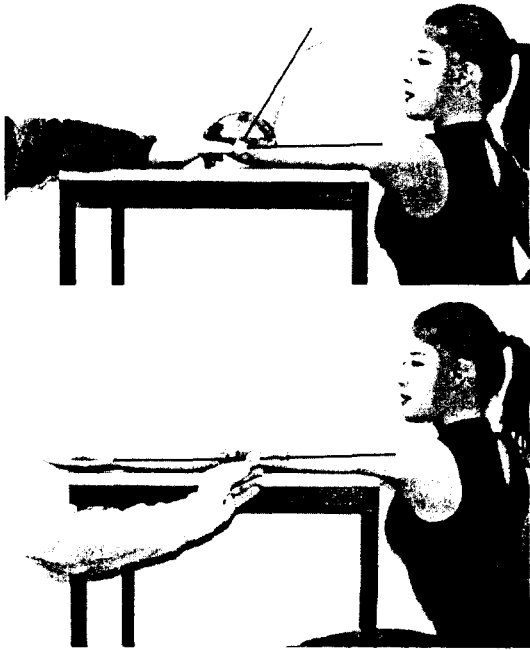
Hình 6.8 Thước đo góc (goniometer)

Thước có gồm hai cánh tay: cánh tay chuyển động và cánh tay cố định. Một số khớp có cấu trúc không bình thường như khớp cổ tay, người ta sử dụng thước đo riêng nhưng không thay đổi nguyên tắc đo; thông thường, thước đo góc có thể đo trực tiếp sự thay đổi giá trị góc của khớp (Hình 6.9).

Sử dụng thước đo góc để đo sự thay đổi góc độ của khớp một cách chính xác, có thể xác định biên độ hoạt động của khớp. Để kết quả đo đáng tin cậy, trong quá trình thực hiện cần chú ý những nguyên tắc sau:

• Nhận biết đặc điểm của khớp, các thành phần liên quan, dạng khớp cùng với số trục hoạt động của khớp.

• Xác định phạm vi hoạt động sẽ đo (chủ động hoặc bị động).



Hình 6.9 Đo biên độ hoạt động khớp khuỷu bằng thước đo góc

• Thiết lập và cố định giá trị góc khớp lân cận, điều này có ý nghĩa quan trọng đối với việc tiến hành đo tính di động của các khớp mà bị chi phối bởi các cơ đi qua nhiều khớp.

• Xác định vị trí của trục khớp.

• Chọn các phân đoạn và cách cố định khi tiến hành đo.

• Xác định các điểm trên cơ thể và vị trí đặt cánh tay của thước đo.

• Thực hiện đo giá trị biên của góc khớp trên mặt phẳng mà khớp hoạt động, nghĩa là xác định α_{\max} và α_{\min} (hãy đảm bảo rằng, trục của thước trùng với trục của khớp).

• Xác định biên độ hoạt động, chính là sự chênh lệch giữa hai giá trị:

$$\alpha_{bd} = \alpha_{\max} - \alpha_{\min} \quad (\alpha_{bd} - \text{góc biểu thị biên độ của khớp}).$$

• Lặp lại phép đo đối với các trục hoạt động khác.

Khó khăn phổ biến nhất (và cũng là những lỗi thường gặp) là xác định chính xác vị trí trục quay của khớp và trùng với trục của thước. Có thể xác định tương đối chính xác vị trí trục phải - trái của các khớp ở các chi. Vị trí đó như sau:

• Ở khớp vai, trục ở nằm thẳng dưới mỏm cùng xương vai 2,5cm.

• Ở khớp khuỷu, trục được xác định bởi đường song song dịch xuống dưới 1cm với đường nối mỏm trên lồi cầu trong và mỏm trên lồi cầu ngoài đầu dưới xương cánh tay.

• Trục khớp hông cách đỉnh mấu chuyên lớn 1cm về phía trước.

• Trục khớp gối nằm cao hơn khe khớp 2,5cm (xương chày) trên ranh giới chính giữa phía sau của kích thước trước sau của khớp.

- Ở khớp sên - cẳng chân, trục ở khoảng 0,8cm phía trên đỉnh mắt cá ngoài.

- Xác định trục khớp quay - cổ tay hoạt động trên mặt phẳng đứng dọc (theo trục trước - sau) tương đối phức tạp, để đơn giản hóa, người ta thường coi trục của khớp là điểm giữa của đường nối hai mắt cá xương trụ và xương quay.

Qua việc xác định trục khớp đối trong hoạt động, chúng ta nhận thấy rằng, trục hoạt động của khớp không phải luôn cố định. Ví dụ với khớp gối, trong khi gấp gối, trước tiên là hai lồi cầu trong và ngoài đầu dưới xương đùi lăn trên đĩa sụn chêm, sau đó trượt ra trước trên bề mặt khớp của xương chày, trục quay thay đổi vị trí theo hướng trước - sau và theo chiều thẳng đứng khoảng 2,5cm.

6.4.2. Quy ước ghi kết quả đo biên độ hoạt động của khớp

Một vấn đề hết sức quan trọng đó là việc chuẩn hóa trong việc ghi các kết quả đo lường. Trong thực tế, thường gặp vấn đề, ví như góc (biên độ) giải phẫu hoặc góc trong. Một bổ sung quan trọng đối với thông tin về đo lường là nắm được hoạt động đó được thực hiện chủ động (cđ) hay buộc phải thụ động (tđ). Nó cũng để xác định vị trí các khớp lân cận.

Các quy ước ghi số đo được đề xuất như sau:

- Ghi kết quả đo phù hợp với quy ước đã được nêu trong bảng 6.1: gấp ở khớp khuỷu (Hình 6.10):

$$S120^0 - 0^0 \text{ (cđ)}$$

Điều này phù hợp với hoạt động chủ động (cđ) của biên độ hoạt động gấp - duỗi trên mặt phẳng đứng dọc (S) không duỗi quá mức (hoặc uốn).

Khi uốn ở khớp này, ví dụ 10^0 , thì sẽ ghi là:

$$S120^0 - 0^0 - 10^0 \text{ (cđ)}$$

Có nghĩa là biên độ hoạt động chủ động trên mặt phẳng đứng dọc của cẳng chân (động tác gấp và duỗi) là 130^0 , trong đó duỗi quá mức (uốn) là 10^0 .

- Hoạt động của đầu sang hai bên:

$$C30^0 - 0^0 - 40^0 \text{ (cđ)}$$

Hoạt động nghiêng đầu trên mặt phẳng đứng ngang (mặt phẳng trán) (C), sang phải $30 - 0^0$ và sang trái $0 - 40^0$. Biên độ hoạt động kết hợp là 70^0 .

- Hoạt động xoay cẳng chân ở khớp gối, như ta đã biết chỉ thực hiện được khi gấp gối (tới mức để hai dây chằng bên đủ chùng lỏng) như sau:

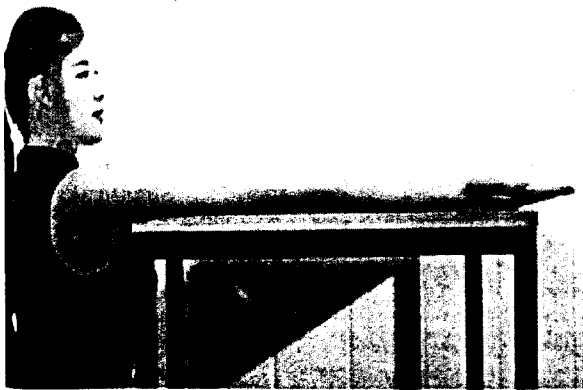
P $10^0 - 0^0 - 20^0$ (cđ)

Đó là hoạt động chủ động trên mặt phẳng nằm ngang (P), sắp thẳng chân 10^0 và ngửa thẳng chân 20^0 ; biên độ kết hợp là 30^0 .

• Hoạt động chủ động của bàn chân trên mặt phẳng đứng dọc (Hình 6.11).

S $60^0 - 0^0 - 10^0$ (cđ).

Biên độ hoạt động chủ động của bàn chân trên mặt phẳng đứng dọc (gấp gan và gấp mu chân) là 70^0 , trong đó gấp gan chân là 60^0 và gấp mu chân là 10^0 .



Hình 6.10. Gấp và duỗi ở khớp khuỷu khi cố định cánh tay

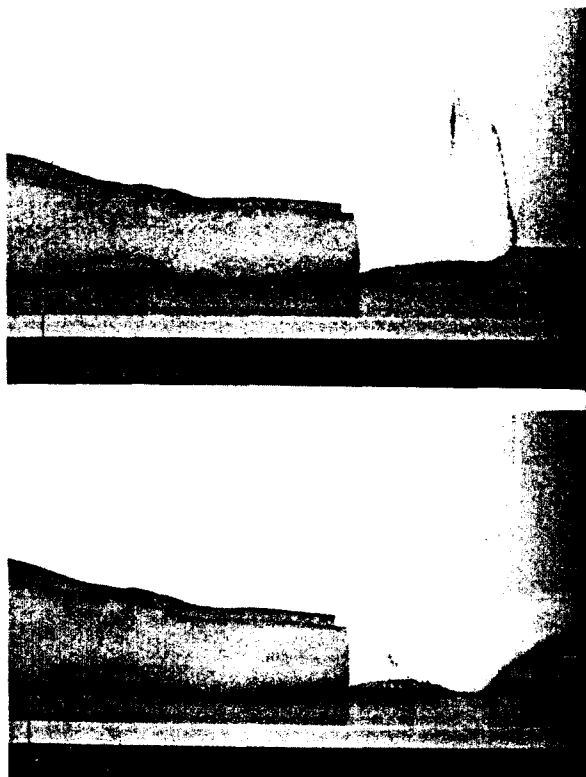
6.5. Các thiết bị cơ học và hoạt động của chúng; hệ vận động của cơ thể như một cấu trúc sinh cơ

Thiết bị cơ học được hiểu là toàn bộ cấu trúc được xây dựng từ những phân đoạn cứng mà giữa chúng có mối liên kết động. Một trong những thiết bị đơn giản nhất là dụng cụ kẹp hạt dẻ, phức tạp hơn là đồng hồ quả lắc hay máy khâu. Tính chất hoạt động của những thiết bị trên sẽ xác định cả cấu trúc cũng như tính chất hoạt động của mối liên kết giữa các thành phần riêng lẻ của chúng.

Hệ vận động của cơ thể gồm thành phần rắn (xương) và sự liên kết hoạt động diễn ra giữa chúng (khớp), đó cũng có thể được coi như một dạng thiết bị cơ học đặc biệt.

6.5.1. Đặc điểm sinh cơ học của hệ xương

Hoạt động vận động của con người đòi hỏi sự hoạt động thống nhất của toàn bộ hệ thống các cơ quan trong cơ thể, nhưng vai trò chính thuộc về bộ máy vận động. Theo quan điểm cơ học, bộ máy vận động của con người bao gồm một hệ thống đòn bẩy được tác động bởi các cơ. Song, khi nghiên cứu các chuyển động của con người và những nguyên nhân gây nên chuyển động sẽ mắc phải sai lầm nếu chỉ



Hình 6.11. Biên độ hoạt động của bàn chân trên mặt phẳng đứng dọc (khớp sên - cẳng chân)

hạn chế ở những khái niệm cơ học. Muốn hiểu rõ cấu tạo của bộ máy vận động và những nguyên tắc hoạt động của nó, cần lưu ý đến bản chất sinh học của chúng. Việc phân tích hoạt động của bộ máy vận động theo quan điểm sinh học cho phép tìm ra tính đặc thù về cấu trúc và nguyên tắc hoạt động của “bộ máy sinh vật”. Do vậy, khi nghiên cứu các chuyển động của cơ thể, cần hiểu rõ cấu trúc của bộ máy vận động trên quan điểm cơ học. Có nghĩa là cần nắm vững những nguyên lý cấu trúc của các bộ phận hoạt động thụ động (như xương, khớp) các bộ phận chủ động (cơ bắp). Khác với giải phẫu học, chuyên nghiên cứu chi tiết về cấu tạo các bộ phận cơ thể, đối với sinh cơ học, điều quan trọng là phải xác định rõ chính những đặc điểm cấu tạo sẽ chi phối thuộc tính của bộ máy vận động và hoạt động của chúng.

Trong các nghiên cứu về sinh cơ, không thể đề cập tới tất cả các đặc tính về cấu trúc và chức năng của cơ thể. Người ta xây dựng mô hình cơ thể cho việc nghiên cứu chuyển động – đó là một hệ thống sinh cơ học. Nó bao gồm những thuộc tính cơ bản đặc trưng cho việc thực hiện chức năng vận động, và không phải là tập hợp của các thành phần riêng lẻ. *Vì thế, hệ thống sinh cơ học là một bản sao chép đơn thuần mô hình cơ thể con người mà qua đó có thể nghiên cứu định luật của chuyển động.*

Thành phần vận động của con người gồm hệ thống xương và cơ bắp.

Thuộc tính chủ yếu của hệ xương là tính đàn hồi. *Tính đàn hồi của xương là khả năng đề kháng lại lượng vận động, đó là những lực tác động lên cơ thể gây nên sự biến dạng về tổng thể của xương.*

Người ta phân biệt những lượng vận động tạo ra lực kéo căng, lực nén, lực uốn và lực xoay.

Những lượng vận động tạo ra lực kéo căng như động tác treo người hay giữ vật nặng xuôi tay theo thân mình.

Những lượng vận động tạo ra lực nén của xương thường gặp ở tư thế đứng hoặc chống trên điểm tựa. Trong trường hợp này, xương một mặt chịu tác động của trọng lực và của các lực từ bên ngoài, mặt khác chịu lực phản điểm chống tựa.

Các lực gây nên sự biến dạng uốn cong khi xương giữ vai trò như một đòn bẩy. Trong trường hợp này, lực của cơ và lực cản có hướng cắt vuông góc qua thiết diện của xương.

Những lượng vận động tạo nên lực xoay thường xuất hiện khi có các chuyển động quay của một mắt xích xung quanh một trục.

Sự liên kết giữa các mắt xích – Những liên kết giữa các mắt xích của xương đảm bảo cho sự đa dạng về khả năng có thể của chuyển động. Hướng chuyển động và sự tạo đà (yếu tố không gian của động tác) đều phụ thuộc vào hình thức liên kết giữa các mắt xích và nhóm cơ tham gia vào chuyển động.

Trong mục này chúng ta sẽ chỉ nghiên cứu cấu trúc và chức năng hoạt động của hệ vận động của cơ thể từ quan điểm về mặt lý thuyết giống như một bộ máy hay một thiết bị cơ học.

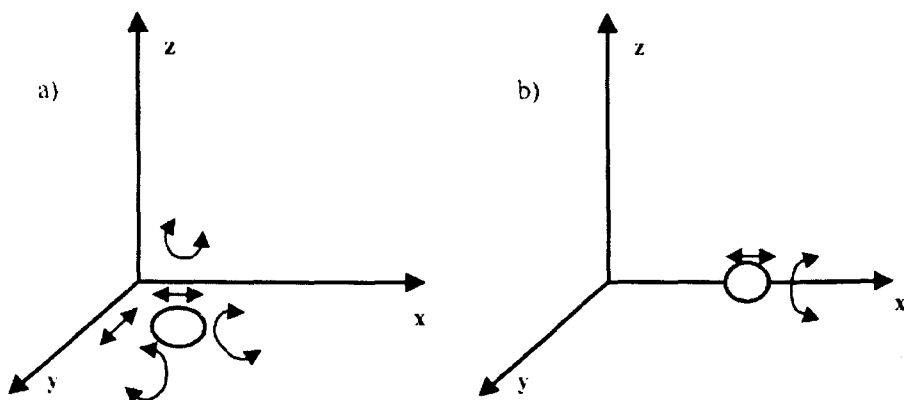
6.5.2. Vật thể tự do và số bậc tự do

Các khớp liên kết các bộ phận cơ thể thành một khối thống nhất, duy trì khả năng cho mọi hoạt động của chúng. Nếu mỗi bộ phận của cơ thể có thể chỉ di chuyển theo một quỹ đạo duy nhất, hoặc nếu như khả năng chuyển động theo mọi quỹ đạo còn lại bị giới hạn do các mối liên kết, trong cơ học người ta nói về một bậc tự do, hoặc về một mức độ di động.

Nghiên cứu chuyển động của một vật tức là phải xác định hoàn toàn vị trí của vật đó tại mọi thời điểm, nói cách khác cần phải xác định được quy luật biến thiên theo thời gian của các tham số độc lập. Để xác định vị trí của vật ta cần phải xác định vị trí của ba điểm bất kỳ không thẳng hàng của nó, nghĩa là cần và chỉ cần xác định vị trí của một tam giác bất kỳ gắn liền với vật rắn. Để xác định vị trí của một điểm trong không gian, cần phải xác định ba tọa độ, do đó vị trí của ba điểm bất kỳ được xác định bởi chín tọa độ, ba điểm đó chính là ba đỉnh của một tam giác xác định nên chín tọa độ đó không độc lập đối với nhau mà liên hệ với nhau bằng ba phương trình xác định độ dài không đổi của ba cạnh tam giác, thành thử chỉ còn có sáu tọa độ là độc lập. Do đó để xác định vị trí của vật rắn chỉ cần 6 tọa độ hay 6 tham số độc lập. Số tham số độc lập cần biết để xác định hoàn toàn vị trí của vật là số bậc tự do của nó.

Một vật được coi là tự do có thể di chuyển trong không gian quanh một chuyển động bất kỳ, nghĩa là tạo ra tổng của hai dạng chuyển động độc lập: chuyển động

tịnh tiến và chuyển động quay. Mỗi dạng trong đó được coi là một chuyển động có thể chia ra ba thành phần, gồm ba hướng vuông góc với nhau với ba chiều trong không gian (Hình 6.14). Nếu một vật được coi là tự do, thì nó có thể chuyển động tịnh tiến không chỉ theo trục thẳng x , y , z , mà còn có thể chuyển động quay xung quanh các trục này. Mỗi một chuyển động trong sáu dạng chuyển động này đều độc lập với nhau, có nghĩa là, mỗi một thành phần không gây ra chuyển động từ năm thành phần còn lại, nghĩa là không thể mô tả nó như một sự phối hợp với các chuyển động của năm thành phần khác.



Hình 6.14. Một vật cầu lăn trên mặt phẳng x, y có 5 bậc tự do (a).
Mỗi hạt trong chuỗi hạt trên trục z có 2 bậc tự do (b)

Khả năng thực hiện một trong sáu dạng hoạt động độc lập trên được tính như nhau, mỗi dạng đó được coi là 1^0 tự do (hay bậc hoạt động tự do - gọi tắt là “bậc tự do”). Như vậy, một vật rắn độc lập, nếu không bị hạn chế bởi những mối quan hệ ràng buộc, sẽ có 6 bậc tự do, nói cách khác, sự hoạt động của nó gồm 6 bậc tự do.

Số tham số độc lập cần biết để xác định hoàn toàn vị trí của vật rắn gọi là số bậc tự do của nó.

Trong không gian ba chiều, vật rắn có sáu “khả năng” chuyển động, được gọi là sáu bậc tự do. Với hệ tọa độ Đề-Các (Descartes), sáu bậc tự do này gồm có: chuyển động tịnh tiến theo ba phương x , y , z và chuyển động quay quanh ba trục Ox , Oy , Oz .

Như vậy, nếu vật không hoàn toàn tự do thì bậc tự do của nó giảm xuống. Ví dụ vật có một điểm hoàn toàn cố định thì ba tọa độ của điểm đó là hoàn toàn xác định và chỉ còn ba bậc tự do, có hai điểm hoàn toàn cố định chỉ có một bậc tự do: nó chỉ có thể quay quanh trục đi qua hai điểm trên và bậc tự do còn lại của nó sẽ xác định vị trí của vật quanh trục đó. Nếu cố định thêm một điểm thứ ba không nằm trên

một đường thẳng với hai điểm trên thì nó sẽ mất nốt bậc tự do cuối cùng: vật thể ở tư thế bất động.

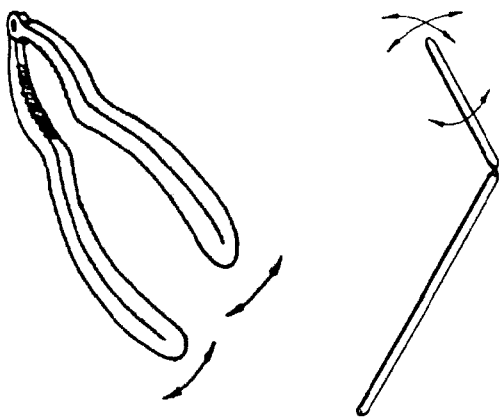
Tương tự như chuyển động của vật rắn, cơ thể ở trạng thái tự do cũng có sáu bậc. Nghĩa là có thể tự xoay quanh ba trục vuông góc với nhau và chuyển động dọc theo 3 trục đó.

Khả năng chuyển động của các điểm riêng lẻ khi cố định cơ thể có sự khác biệt đôi chút. Khi một điểm bất kỳ trên cơ thể bị cố định, những điểm còn lại chỉ còn hai bậc tự do, nghĩa là nó có thể chỉ chuyển động theo hai hướng trong không gian. Khi hai điểm bất kỳ nào đó của cơ thể bị cố định, các điểm còn lại chỉ còn một bậc tự do, nghĩa là chỉ có một quỹ đạo chuyển động. Cố định ba điểm của cơ thể, nghĩa là cơ thể không còn một bậc tự do nào. Đối với một cơ thể tự do, bất kỳ điểm nào cũng có ba bậc tự do, nghĩa là có thể chuyển động theo bất kỳ hướng nào trong ba hướng của không gian ba chiều.

Khái niệm về các bậc tự do giúp cho việc phân tích sâu vấn đề về tính linh hoạt của các bộ phận cơ thể. Một số các mắt xích được liên kết với nhau tạo nên các cặp và các chuỗi động học.

6.5.3. Cặp động học

Trở lại ví dụ về thiết bị kẹp hạt dẻ, gồm hai đòn bẩy (hai đoạn hay tay nắm) kết nối với nhau sao cho đoạn này có thể chuyển động tương đối so với đoạn kia, đó là dạng chuyển động quay, nhưng chỉ trên một mặt phẳng. Có thể thấy, đây là dạng thiết bị đơn giản nhất. Có một thiết bị tương tự cũng gồm hai đoạn, đó là cái đòn đập lúa. Tuy nhiên, chuyển động của chúng có sự khác nhau đáng kể: trong khi kẹp hạt



dẻ chỉ có thể hoạt động trên một mặt phẳng thì một đoạn của đòn đập lúa có thể chuyển động trong hai và đôi khi trong ba mặt phẳng (Hình 6.15).

Trong hai ví dụ về những thiết bị giống nhau có hai đoạn được nối với nhau bởi một khớp, nhưng cần chú ý rằng, đặc tính chuyển động của chúng lại hoàn toàn khác nhau. Sự khác biệt về đặc tính cơ động này là do hình dạng kết nối giữa hai đoạn. Đặc tính này như một nội dung chính thức để mô tả sự hoạt động của một cặp động học.

Hình 6.15. Kẹp hạt dẻ và đòn đập lúa như hai ví dụ về thiết bị đơn giản nhất về số bậc tự do

Cặp động - sinh học là sự liên kết động (động học) của hai mắt xích xương, trong đó khả năng chuyển động được xác định bởi cấu trúc liên kết và sự tác động có kiểm soát của các cơ.

6.5.4. Tính linh hoạt của cặp động học

Hoạt động của cặp động học là số bậc tự do của một trong các thành phần của cặp đối với thành phần kia (là thành phần cố định).

Do cặp động học được hình thành dựa trên sự hoạt động của hai thành phần liên kết với nhau, chính vì sự tồn tại của mỗi liên kết này làm cho các thành phần liên kết không còn hoạt động một cách tự do. Điều này có nghĩa là sự hoạt động tương đối với nhau (tính bằng số bậc tự do) đã bị giới hạn do kết nối, tức là ít hơn 6 bậc tự do. Trở lại với ví dụ về thiết bị kẹp hạt dẻ, chúng ta nhận thấy rằng, khi một tay nắm này hoạt động (như một đòn bẩy) tương đối với tay nắm kia (cố định) sẽ gây ra một chuyển động quay trên một mặt phẳng duy nhất, không có chuyển động tịnh tiến. Nói cách khác, nó chỉ có thể tạo ra duy nhất một chuyển động quay, do đó hoạt động của khớp này chỉ là một bậc tự do. Hình thức kết nối giữa hai tay nắm của kẹp hạt dẻ đã hạn chế năm bậc còn lại, mà được cho là những hoạt động độc lập. Loại cặp động học như vậy được gọi là sự kết nối loại (dạng) chữ V.

Loại cặp động học là số bậc tự do (trong số sáu bậc) đã bị "mất" - bởi một thành phần (trong số hai thành phần) trong một cặp - do đặt lên nó các mối liên kết tương ứng tạo nên cặp động học.

Ví dụ: khớp gối là sự liên kết loại IV; có bốn mối liên kết đặt lên nó, được quy định bởi hình dạng diện khớp và các dây chằng xung quanh.

Ví dụ với cặp động học có ba bậc tự do là khớp loại III (có ba mối liên kết), cặp có hai bậc tự do là loại IV- có bốn mối liên kết. Tổng của số bậc thể hiện tính linh hoạt động của cặp và loại cặp trong sáu loại. Tính chất của cặp động học có thể được mô tả theo quy ước, bằng cách sử dụng các biểu tượng đồ họa thích hợp được thể hiện trong bảng 6.4.

Bảng 6.4. Biểu tượng đồ họa của cặp động học

Biểu tượng đồ họa	Loại cặp động học
	III (có 3 bậc tự do)
	IV (có 2 bậc tự do)
	V (có 1 bậc tự do)

6.5.5. Chuỗi động học và tính linh hoạt của nó

Chuỗi động học là sự liên kết kế tiếp nhau hoặc theo nhánh của một loạt các cặp động học. Chuỗi động học có mắt xích cuối tự do được gọi là chuỗi động học hở, còn khi không có mắt xích tự do ở cuối được gọi là chuỗi kín.

Trong mỗi mối liên kết của chuỗi hở có thể có những chuyển động biệt lập, chúng không phụ thuộc vào những chuyển động ở những mối liên kết khác về mặt hình học (nếu không tính đến sự tác động của các cơ). Ví dụ, tay và chân, khi những mắt xích cuối cùng được tự do (không tiếp xúc với dụng cụ hay đứng trên điểm chống tựa), chính là hình ảnh của một chuỗi hở. Những chuỗi khép kín có thể thấy ở lồng ngực (xương ức - xương sườn - cột sống - xương sườn rồi lại đến xương ức).

Những chuỗi khép kín như thế không thể tách rời ra. Các chuỗi hở có thể đóng lại được và thường phải thông qua một điểm tựa.

Trong một chuỗi kín, không có chuyển động biệt lập, nghĩa là chuyển động trong một khớp duy nhất. Ví dụ như gập và duỗi chân trong bước khụy, có thể thấy rõ ràng, chuyển động ở một khớp bất kỳ nào cũng gây nên chuyển động ngay lập tức ở những khớp khác.

Do vậy, các chuyển động trong các chuỗi hở có đặc trưng là tính độc lập tương đối của các mắt xích. Trong các chuỗi kín và những chuỗi hở đã được đóng lại, những chuyển động ở một mắt xích đều ảnh hưởng đến chuyển động thậm trí ở những mắt xích rất xa (hỗ trợ hoặc cản trở).

Trong các chuỗi kín, khả năng chuyển động ít hơn nhưng sự điều khiển chúng chính xác hơn chuỗi hở.

Ở chuỗi động học hở, độ linh hoạt của mỗi mắt xích kế tiếp bằng độ linh hoạt của bản thân nó cộng với độ linh hoạt của các mắt xích trước nó. Cụ thể, ở đùi có ba bậc tự do, còn ở cẳng chân so với đùi có hai bậc tự do, như vậy cẳng chân so với hông có năm bậc tự do. Khả năng chuyển động lớn nhất là ở những mắt xích cuối chuỗi. Nhưng mắt xích cuối không thể có hơn sáu bậc tự do. Nếu tổng cộng các bậc tự do thu được đến mắt xích cuối có hơn sáu bậc tự do, thì khi cố định mắt xích này, những mắt xích trung gian vẫn có ít hơn sáu bậc tự do. Cụ thể, bàn tay so với vai có bảy bậc tự do (khớp vai 3 bậc, cộng với khớp khuỷu 2 bậc, cộng với khớp cổ tay 2 bậc). Nếu bàn tay đặt trên bàn, thì vai và cẳng tay chỉ có $7 - 6 = 1$ bậc tự do. Chúng sẽ chỉ có thể chuyển động theo một quỹ đạo xung quanh một trục nối liền khớp vai và khớp cổ tay.

Những xương có mối liên kết động tạo nên cơ sở của các chuỗi động - sinh học. Những lực tác động lên các chuỗi này (lực cơ và nhiều lực khác) giống như tác động lên những đòn bẩy. Điều đó cho phép truyền các lực tác động đến các chuỗi và đồng thời làm thay đổi hiệu quả điểm đặt của lực. Do đó, đòn bẩy như một bộ máy đơn giản có nhiệm vụ truyền chuyển động và lực tới một khoảng cách nào đó.

Trong những ví dụ ở phần trên, chúng ta chỉ nói đến những thuộc tính của những thiết bị đơn giản nhất được cấu tạo chỉ gồm hai phân đoạn. Những thiết bị cơ học được xây dựng có chức năng phức tạp gồm nhiều phân đoạn, hình thành nên một hoặc nhiều cặp động học được gọi là chuỗi động học.

Chuỗi động học là một cấu trúc chặt chẽ được xây dựng từ những phân đoạn liên kết bởi những cặp động học.

Chuỗi động học như vậy có thể như một xích xe đạp, hay thước sao đồ (*pantograph*) để xác định trọng tâm các bộ phận của cơ thể người. Vì một chuỗi bao gồm một số lượng nhất định các cặp động học, do đó tính chất hoạt động của nó sẽ được quyết định bởi số lượng cặp và tác dụng của chúng. Tính chất hoạt động của chuỗi động học được mô tả bởi tính linh hoạt của chuỗi, thể hiện ở số bậc tự do.

Tính linh hoạt của chuỗi động học là số bậc tự do của các phân đoạn hoạt động của chuỗi đối với một nền (khung) cố định, được xem như một phân đoạn tự do.

Dễ dàng nhận thấy rằng, tính linh hoạt của chuỗi có thể lớn hơn 6 bậc tự do, có nghĩa là, tính linh hoạt của nó khác với hoạt động của cặp động học. Số bậc tự do của chuỗi động học có thể xác định bằng cách sử dụng mối liên hệ sau:

$$W = 6n - \sum_{i=3}^5 P_i \cdot i \quad (6.1)$$

Trong đó:

W – Tính linh hoạt của chuỗi động học

n – Số lượng các phân đoạn hoạt động (không có phân đoạn cố định)

i – Loại cặp động học

P_i – Số lượng khớp i

Mối liên hệ (6.1) có thể được hiểu như sau: nếu tất cả các phân đoạn n trong cơ thể hoạt động tự do, thì nó sẽ có tổng cộng $6n$ bậc tự do; bởi vì chúng được kết nối theo cặp, cho nên mỗi phần trong số bậc tự do này sẽ bị loại khỏi mối quan hệ phụ thuộc và số lượng của nó bằng tổng: $\sum_{i=3}^5 P_i \cdot i$

Mặt khác, hoạt động tự do của các phân đoạn độc lập thể hiện tính linh hoạt tổng thể của các phân đoạn trong chuỗi động học.

Trong các mẫu trích dẫn về mối liên hệ này nhằm phục vụ cho việc xác định tính linh hoạt của toàn bộ chuỗi được xây dựng từ một dạng cặp động học, chẳng hạn như hoạt động quay. Xuất hiện những hạn chế liên quan đến loại khớp từ 3 đến 5. Ý nghĩa của những hạn chế này sẽ được giải thích ở phần tiếp theo của chương này.

Ví dụ:

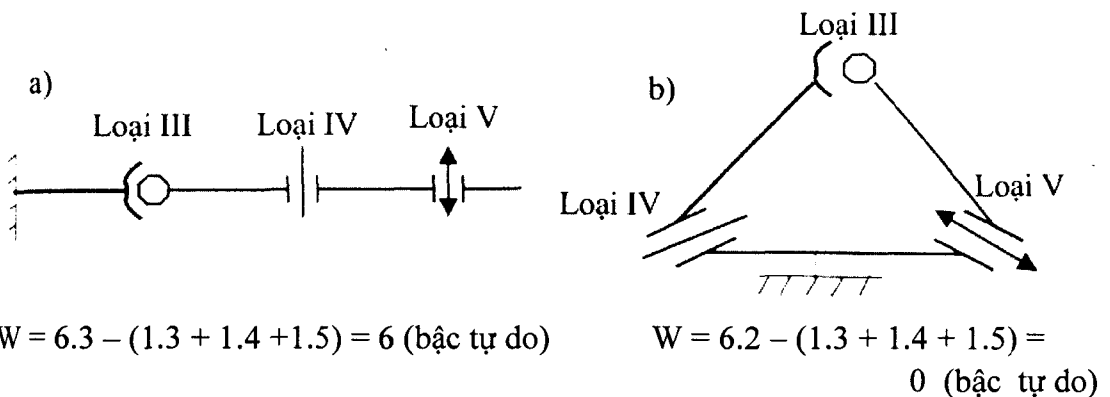
Xác định tính linh hoạt của chuỗi được thể hiện trong hình 6.16a:

Chuỗi gồm 4 phân đoạn, trong đó có một phân đoạn là nền cố định, như vậy số phân đoạn hoạt động $n = 3$. Toàn bộ chuỗi gồm có một cặp loại III, nghĩa là $P_3 = 1$, một cặp loại IV, tức là $P_4 = 1$, và một cặp loại V, tức là $P_5 = 1$. Thay thế vào phương trình (6.1) ta có:

$$W = 6n - \sum_{i=3}^5 P_i \cdot i = 6 \cdot 3 - (1 \cdot 3 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 5) = 18 - 12 = 6$$

Tính linh hoạt của chuỗi là 6 bậc tự do.

Trong ví dụ được giới thiệu, các cặp động học nằm trong chuỗi tạo thành một cấu trúc nối tiếp, nghĩa là các phân đoạn đầu và cuối không được nối với nhau – chuỗi động học hở.



Hình 6.16. Cấu trúc thành phần tương tự một chuỗi động học:
a) chuỗi hở; b) chuỗi kín

Trong thực tế, hoạt động của chuỗi động học phụ thuộc vào cấu trúc của nó, có thể dễ dàng nhận thấy, việc xác định hoạt động của chuỗi động học được thể hiện trong hình 6.16.

Ví dụ: hoạt động của chuỗi kín trong hình 6.16 b:

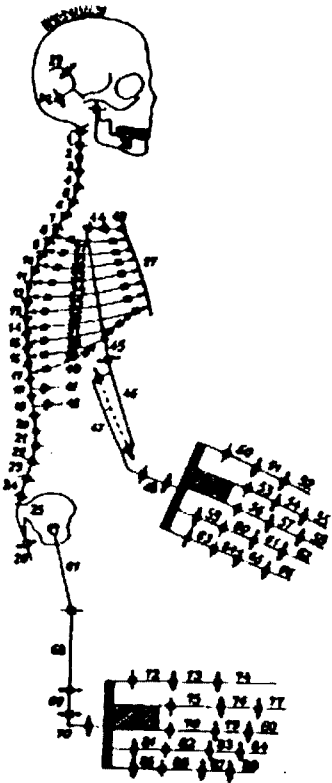
$$W = \sum_{i=3}^5 P_i \cdot i = 6.2 - (1.3 + 1.4 + 1.5) = 0 \quad (\text{bậc tự do})$$

6.5.6. Hệ vận động của con người như một bộ máy sinh học

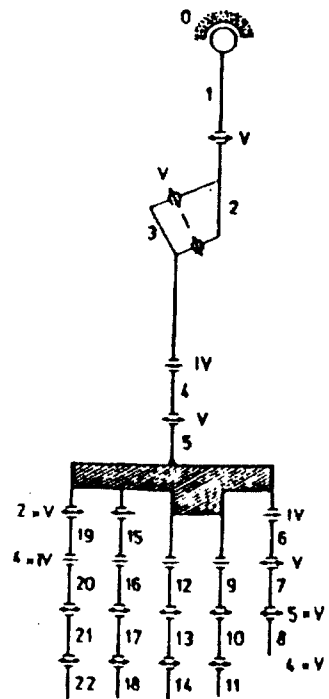
Thành phần thụ động của hệ vận động gồm có phần rắn là xương, được liên kết với nhau bởi các khớp tạo ra một chuỗi động học phức tạp, gọi là bộ máy sinh học. Thành phần của bộ máy sinh cơ gồm các phân đoạn, hay là các xương, sự liên kết các xương ở các khớp được coi như những *cặp động sinh học*.

Hệ vận động của con người, bao gồm xương - là thành phần rắn, và khớp cùng với những hoạt động của chúng được coi như một bộ máy sinh học.

Hình 6.17 giới thiệu sơ đồ cấu trúc của hệ vận động thụ động của con người, như một chuỗi động sinh học. Chúng bao gồm 144 phân đoạn chuyên động (liên quan đến vật chuẩn là hộp sọ), kết nối trong 143 khớp động trong các hoạt động: 3 bậc tự do, nghĩa là loại III (29 khớp), 2 bậc tự do hay loại IV (33 khớp) và 1 bậc tự do, hay loại V (81 khớp).



Hình 6.17. Sơ đồ kết cấu bộ xương người
(A. Moresky và cộng sự năm 1971)



Hình 6.18. Sơ đồ cấu trúc chi trên
(A. Moresky và cộng sự 1971)

Cấu trúc này được áp dụng ở tất cả các khớp trong hệ vận động của con người khi đáp ứng các điều kiện sau đây:

1) Mỗi liên kết các phân đoạn, được cho rằng giữa chúng tồn tại ít nhất một điểm tiếp xúc.

2) Phạm vi hoạt động giữa các phân đoạn với nhau ít nhất (tạo thành một góc) là 5° .

3) Phạm vi của chuyển động tịnh tiến giữa các phân đoạn với nhau không ít hơn 3mm.

Việc phân tích tính chất hoạt động của các khớp được tiến hành theo tiêu chí đã nêu trên, có thể đi đến kết luận rằng: trong hệ vận động của con người, không có những khớp đáp ứng điều kiện thứ 3, có nghĩa là, hoạt động của các bộ phận cơ thể ở các khớp không chứa các thành phần chuyển động tịnh tiến, mà chỉ có chuyển động quay, do đó không thể lớn hơn 3 bậc tự do.

Các khớp trong hệ vận động của con người được hình thành bởi những khớp động hoạt động theo chuyển động quay, do đó hoạt động của chúng chỉ có tối đa là ba bậc tự do.

Ngoài ra, cũng cần lưu ý rằng, không phải sự liên kết của tất cả các xương là những khớp động, đó là những liên kết giữa các xương ở các dạng bất động (bất động xương, bất động sợi và bất động sụn) cũng như liên kết dạng bán động (như khớp phẳng). Sự hoạt động của các khớp được quyết định do sự kết hợp bởi cấu trúc và hình dạng mặt khớp (diện khớp). Ví dụ, dạng khớp hình cầu và hõm khớp (như ở cổ) tạo thành khớp có ba bậc tự do.

Đối với những khớp dạng hình trứng (ellip) (khớp cẳng tay-cổ tay) và khớp hình yên (khớp giữa xương thang - đốt bàn I) là những khớp chỉ có 2 bậc tự do. Những khớp một bậc tự do có khớp bản lề (khớp giữa các đốt ngón) và khớp ròng rọc (khớp sên - cẳng chân). Trên sơ đồ cấu trúc chi trên trong hình 6.18 ta thấy có 22 phân đoạn chuyển động (so với vai), hình thành 22 khớp có thể di chuyển theo 3 bậc tự do (một khớp loại III), 2 bậc tự do (sáu khớp loại IV) và 1 bậc tự do (mười lăm khớp loại V). Sự di chuyển của chi trên có thể đạt được là: $W_K = 6.22 - (3.1 + 4.6 + 5.15) = 132 - (3 + 24 + 75) = 132 - 102 = 30$ bậc tự do. Với cách tính tương tự như trên, chúng ta có thể xác định tính linh hoạt của toàn bộ hệ vận động đối với hộp sọ, được coi như điểm mốc là:

$W = 6.144 - (3.29 + 4.33 + 5.81) = 864 - (87 + 132 + 405) = 864 - 624 = 240$ bậc tự do. Trong bảng 6.5 là sự so sánh số bậc tự do của chi trên và chi dưới giữa người và một số loài vật.

**Bảng 6.5. Một vài thông số giữa người và động vật
(A. Morecky và cộng sự 1971)**

Chi	Sinh vật	Số phân đoạn	Số lượng các khớp trong từng loại	Tính di động (số bậc tự do)
Chi trên (trước)	Người	22	P ₃ = 1 P ₄ = 6 P ₅ = 15	30
	Ngựa	7	P ₃ = 1 P ₅ = 6 P ₃ = 1	9
	Bò	10	P ₅ = 19	12
	Gà (cánh)	7	P ₃ = 1 P ₄ = 5 P ₅ = 1	14
	Lợn	16	P ₃ = 1 P ₅ = 15 P ₃ = 1 P ₄ = 2	18
	Chó hoặc thỏ	23	P ₅ = 20	28
Chi dưới (sau)	Người	22	P ₃ = 1 P ₄ = 6 P ₅ = 15	30
	Ngựa	6	P ₃ = 1 P ₅ = 1	8
	Bò	9	P ₃ = 1 P ₅ = 8	11
	Gà	17	P ₃ = 1 P ₄ = 4 P ₅ = 12	23
	Lợn	15	P ₃ = 1 P ₅ = 14	17
	Chó hoặc thỏ	20	P ₃ = 1 P ₅ = 19	22

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VI

1. Trình bày khái niệm biên độ hoạt động của khớp, biên độ chủ động và bị động của khớp là gì?
2. Giải thích những yếu tố sinh lý làm hạn chế biên độ hoạt động của khớp?
3. Nguyên tắc và phương pháp đo biên độ hoạt động của khớp?
4. Trình bày đặc điểm sinh cơ học của hệ xương?
5. Khái niệm về vật thể tự do và số bậc tự do trong hoạt động của các bộ phận cơ thể?
6. Trình bày các khái niệm về cặp động học và chuỗi động học và tính linh hoạt của chúng?
7. Giải thích nội dung khái niệm về hệ vận động của con người như một bộ máy sinh học?

PHẦN II

SINH CƠ HỌC THỂ DỤC THỂ THAO

CHƯƠNG 7

SINH CƠ HỌC MỘT SỐ MÔN THỂ THAO

Các kiến thức hiện đại về sinh cơ học các môn thể thao dựa trên những kiến thức sinh học, cơ học, sinh lý học, sư phạm học, lý luận giáo dục thể chất và các lĩnh vực khác của tri thức. Sinh cơ học các bài tập thể chất nghiên cứu hệ vận động của con người và các động tác (các bài tập) trong thể dục thể thao. Sinh cơ học phân tích kỹ thuật thể thao như một hệ thống động lực phức tạp của chuyển động, trên cơ sở sử dụng hợp lý khả năng vận động của con người và định hướng việc giải quyết một vấn đề cụ thể trong khả năng vận động đó hoặc trong một môn thể thao nhất định dựa trên sự tác động của lực bên trong và bên ngoài (nội và ngoại lực).

Việc phân tích kỹ thuật thực hiện các bài tập thể chất trên cơ sở sinh cơ học là tiền đề cần thiết cho luận chứng khoa học và sự hợp lý hóa về phương pháp giáo dục thể chất, cải thiện hoạt động vận động, quản lý quá trình đào tạo - huấn luyện đồng thời ứng dụng các bài tập thể lực vào việc củng cố, tăng cường sức khỏe cũng như phòng ngừa và điều trị bệnh tật.

Phân tích sinh cơ học gồm các phép đo cho phép chúng ta thiết lập các đặc tính sinh cơ của các bài tập, bao gồm:

- Xác định mục tiêu cụ thể của việc phân tích sinh cơ học.
- Xác định chính xác tên của bài tập tương ứng với các thuật ngữ về sư phạm thể thao và giải phẫu chức năng đã được thừa nhận.
- Xác định đặc điểm sinh lý giải phẫu cơ bản của hệ vận động và các hệ thống quan trọng khác của cơ thể tham gia thực hiện một bài tập thể lực nhất định.
- Xác định đặc tính cơ học của chuyển động.

• Phân tích mối liên hệ bên trong giữa các đặc điểm giải phẫu - sinh lý của chuyển động, một mặt thông qua toán - cơ, mặt khác bằng việc sử dụng phương pháp thống kê toán học.

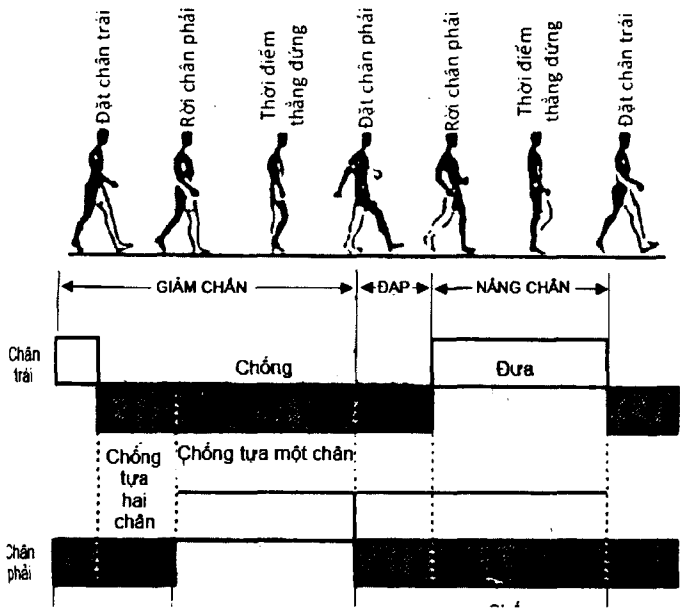
Sự phân tích sinh cơ học kỹ thuật thực hiện các bài tập ở các môn thể thao có chu kỳ và không có chu kỳ được giới thiệu sẽ giúp cho việc nghiên cứu chuyển động và cung cấp khả năng ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học hiện đại và kinh nghiệm giảng dạy tiên tiến.

Trong sinh cơ học, các bài tập thể lực được chia ra các hoạt động có chu kỳ và không có chu kỳ. Ở các bài tập có chu kỳ có sự lặp đi lặp lại các động tác đã được định trước trong một trình tự liên tục. Khi kết thúc bài tập, người thực hiện ở tư thế giống như tư thế ban đầu. Toàn bộ hoạt động được tiến hành giữa hai tư thế tương tự như nhau tạo thành một chu kỳ chuyển động. Các chuyển động đó bao gồm: đi bộ, chạy, bơi, đua xe đạp, trượt tuyết v.v...

7.1. Đi bộ

Đi bộ được thực hiện với tốc độ khoảng 1,7m/s. Chu kỳ hoạt động gồm hai bước đơn (độ dài mỗi bước khoảng 85cm) thực hiện trong vòng 1giây. Đi bộ được đặc trưng bởi các hoạt động luân phiên giống nhau của hai chân, bởi sự thay đổi luân phiên của chân chống (giai đoạn chống) và lạng chân kia (giai đoạn lạng). Giai đoạn chống gồm có các pha giảm chân, đẩy (đạp) và nâng chân (nhấc chân). Thời gian của

giai đoạn chống so với giai đoạn lạng chân chiếm khoảng 10%. Trong giai đoạn lạng (chuyển chân) có các pha: lấy đà, hãm (dừng) và hạ chân xuống điểm chống.



Hình 7.1. Kỹ thuật đi bộ ứng với các pha trong hai giai đoạn chống tựa và lạng chân (chữ in hoa chỉ các pha của hai chân).

Pha **giảm chân** làm ngăn cản sự chuyển động của cơ thể theo hướng chống. Nó được bắt đầu từ lúc đặt chân (bằng gót) và kết thúc vào thời điểm sau khi cơ thể dừng chuyển động xuống dưới, lúc đó các cơ được kéo giãn, sinh ra một công thụ động. Sự giảm chân của chân chống được tiến hành bởi: a) các cơ duỗi bàn chân

làm tri hoãn đặt chân; b) các cơ duỗi căng chân làm chậm chuyển động của chân ở khớp gối; c) các cơ gấp bàn chân làm giảm độ dốc của căng chân.

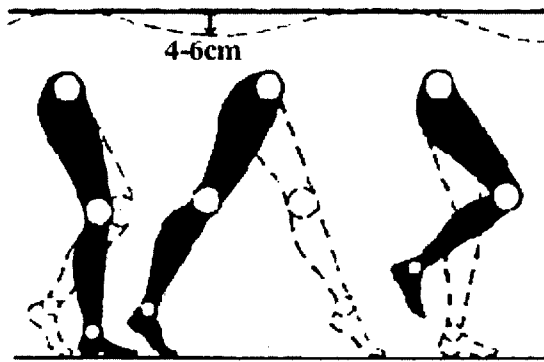
Pha đẩy (đạp) được bắt đầu từ lúc duỗi chân chống ở khớp gối và kết thúc vào lúc rời khỏi điểm chống. Trong đi bộ bình thường, góc đặt chân chống trung bình là 83° , đi nhanh là 79° . Chân ở tư thế thẳng là do hoạt động của các cơ làm gấp bàn chân, các cơ duỗi căng chân ở khớp gối, duỗi đùi ở khớp hông và tăng độ nghiêng của khung chậu.

Hoạt động ở các khớp của chân diễn ra chủ yếu xung quanh trục phải - trái (gấp, duỗi). Các hoạt động phức tạp hơn ở khớp hông (do chuyển động quay của khung chậu quanh trục chính của khớp hông chân trụ). Các hoạt động ở khớp hông theo hướng trước - sau diễn ra theo một trục trung gian thay đổi liên tục, tức là hoạt động gấp và duỗi phối hợp với dạng và khép. Bên cạnh những hoạt động chính của chân còn kèm theo động tác xoay cả hai khớp hông về hướng quay đối diện của khung chậu: chân lạng - hướng ra ngoài, chân trụ - hướng vào trong.

Sự di chuyển trọng tâm chung của cơ thể trong đi bộ diễn ra không thẳng hàng và không đều. Trọng tâm chung di chuyển lúc nhanh, lúc chậm và luôn về phía trước tạo nên những dao động dọc (thẳng đứng) và ngang. Những dao động dọc của trọng tâm chung ở mỗi bước trong khi đi bộ vào khoảng 4 - 6cm (Hình 7.2).

Chuyển động quay của khung chậu là do sự hoạt động của các cơ ở khớp hông của chân trụ (nhóm cơ khép đùi, bó ngoài của cơ mông nhỏ và mông bé, các cơ chéo bụng và một số cơ khác). Như vậy, trong đi bộ, tất cả các nhóm cơ chính của khớp hông tham gia vào hoạt động theo một trình tự nhất định. Sự luân chuyển hoạt động các nhóm cơ diễn ra trước khi bắt đầu mỗi pha hoạt động của chân.

Cơ thẳng đùi thể hiện yếu qua hoạt động điện. Sự tăng không đáng kể của dòng điện sinh học trong chuyển động được nhận thấy vào lúc kết thúc *pha đẩy* và sau khi thực hiện chúng - lúc bắt đầu *pha lạng chân*



Hình 7.2. Quỹ đạo trọng tâm chung của cơ thể khi đi bộ

Hoạt động điện của cơ nhị đầu đùi ở pha lạng chân ngay sau thời điểm thẳng đứng. Điện thế hoạt động của cơ có phần giảm sau khi đặt chân trụ. Hoạt động điện của các cơ bụng chân được duy trì trong tất cả các pha chống chân với mức tăng mạnh, nhưng khi bắt đầu lạng chân thì sự tham gia của cơ này không được thể hiện rõ. Cơ chày trước hoạt động tích cực ở hai

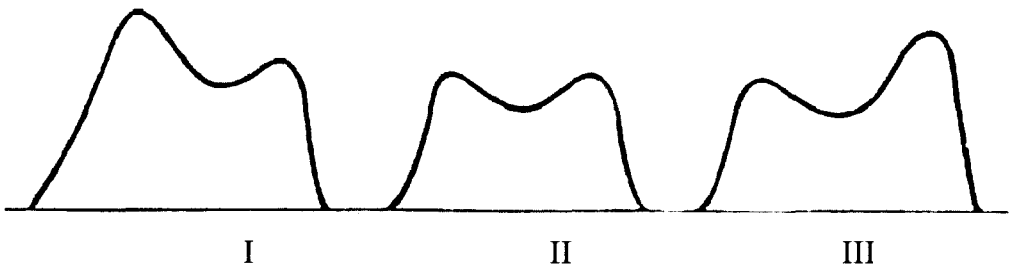
thời điểm – vào lúc bắt đầu và giữa của pha chống tựa. Chúng cũng tham gia ở hai thời điểm của pha lãng chân – lúc bắt đầu và kết thúc của pha này.

Biên độ dao động lớn nhất trong giai đoạn chống tựa được quan sát thấy ở các cơ bụng chân. Hoạt động điện của nó tăng dần sau khi đặt chân chống và đạt tới đa khi kết thúc pha đẩy (đạp). Dao động của cơ chày trước tương tự như độ lớn của cơ bụng chân vào đầu phản lực điểm tựa. Cơ chày trước có hoạt động điện cao nhất ở pha lãng chân. Dòng điện sinh vật hầu như không giảm khi đẩy chân sau và trước khi đặt chân chống. Tuy nhiên, người ta nhận thấy có hai điểm hoạt động điện tích cực vào một phần tư đầu và cuối của pha lãng chân.

Hoạt động điện của cơ nhị đầu đùi có đặc điểm là một khu vực hoạt động liên tục bao gồm những xung nhịp ngắn và chỉ số biên độ thấp. Cơ thẳng đùi có xung điện kéo dài với đặc điểm tắt dần vào một phần ba đầu pha lãng chân. Xung nhịp có cường độ cao nhưng ngắn của cơ này được ghi nhận vào thời điểm trước lúc đặt chân tựa. Nếu tăng tốc độ đi bộ sẽ làm tăng đáng kể hoạt động điện của các cơ ở chi dưới. Như vậy, biên độ dao động trung bình của cơ thẳng đùi trong đi bộ thường là $2,2\mu\text{V}$, trong đi bộ nhanh – khoảng $6,5\mu\text{V}$. Biên độ dao động trung bình của cơ nhị đầu đùi tăng từ $6,1\mu\text{V}$ đến $14,3\mu\text{V}$, của cơ bụng chân – từ 15 đến $30\mu\text{V}$, cơ chày trước – từ 25 đến $60\mu\text{V}$. Cần lưu ý rằng, trong đi bộ bình thường và đi bộ thể thao trình tự tham gia hoạt động của các cơ là như nhau trong tất cả các pha của động tác. Khi đi bộ, cùng với hoạt động của chân cũng có sự tham gia của các cơ ở phần trên của lưng, các cơ đai vai và tay. Cùng với hoạt động quay của khung chậu về hướng chân trước, thì phần trên của lưng và đai vai lại xoay về hướng chân sau. Trục phải - trái của vai và khung chậu hoạt động ngược hướng nhau. Do đó hoạt động của chân và tay đối diện cùng hướng với nhau. Hoạt động của khớp vai cũng tương tự như ở khớp hông. Tham gia chủ yếu vào động tác là các cơ: cơ ngực to, cơ đen - ta và cơ lưng rộng.

Phản lực điểm chống tựa khi đi bộ có đặc điểm với sự biến đổi đáng kể. Tuy nhiên, mặc dù có các dạng khác nhau của biểu đồ lực kế, chúng ta vẫn có thể chia ra ba dạng phản lực điểm chống tựa với sự khác nhau cơ bản về đặc điểm phát triển lực (Hình 7.3).

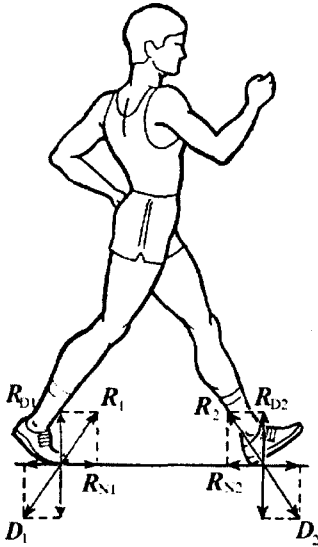
Với dạng đường cong thứ nhất được đặc trưng bởi đỉnh đầu tiên tăng cao (I) đối với một điểm tăng của đỉnh thứ hai. Loại thứ hai của lực đẩy (III) khác về ưu thế thể hiện giá trị của đỉnh thứ hai so với đỉnh thứ nhất. Phản lực từ điểm tựa dạng thứ ba (II) hầu như không có sự khác biệt giữa hai đỉnh. Biểu đồ lực kế của lực theo chiều thẳng đứng của lực đẩy trong đi bộ nhanh ở các dạng nêu trên không khác nhau so với đi bộ thường. Tuy nhiên có một sự khác biệt đáng kể về tính chất tăng và giảm lực cũng như trong toàn bộ thời gian của sự gia tăng đó.



Hình 7.3. Các dạng lực phản xạ điểm chống tựa

Những điểm đặc trưng của đường cong phản lực từ điểm chống tựa hạn chế một hoặc nhiều mômen lực ở các pha khác trong đi bộ thường cũng như đi bộ thể thao. Đoạn vắng giữa hai đỉnh tương ứng với pha lạng chân của chân sau. Sóng động lực thứ hai thể hiện lực của lực đẩy tích cực.

Pha nâng chuyển chân được bắt đầu từ thời điểm nhấc khỏi điểm tựa và kết thúc vào thời điểm trọng tâm của chân ở vị trí cao nhất (đứng thẳng) và bắt đầu chuyển động ra trước. Phản lực từ điểm chống tựa của chân hướng ra trước và lên trên (Hình 7.4).



Hình 7.4. Phản lực từ mặt đất ở hai điểm chống tựa

Lực nén ở chân sau D_1 có độ lớn bằng phản lực R_1 nhưng ngược chiều, thành phần thẳng đứng R_{D1} chống lại khối lượng cơ thể, còn thành phần ngang R_{N1} đảm bảo sự di chuyển của cơ thể về phía trước. Tương tự, lực chống trước của chân trước D_2 bằng phản lực R_2 có hướng ra sau và lên trên. Thành phần thẳng đứng của nó R_{D2} chống lại khối lượng cơ thể và thành phần nằm ngang R_{N2} kìm hãm chuyển động của cơ thể về trước. Tính trung bình, trong một bước kép ở đi bộ với tốc độ không đổi sẽ có $R_{N1} = R_{N2}$, trong đi bộ nhanh dần thì $R_{N1} > R_{N2}$ và đi chậm dần thì ngược lại $R_{N1} < R_{N2}$.

Đi bộ gồm một loạt các chuyển động dao động, thay đổi hướng diễn ra ở thời điểm ở vị trí cao nhất của trọng tâm của chân ở phía sau và phía trước khung chậu. **Pha tạo đà** được bắt đầu bằng gấp đùi ở khớp hông và kết thúc vào lúc lạng chân, hãm và hạ chân chống – ở vào vị trí cao nhất của khung chậu.

Ở pha **giảm chân** và pha **hãm**, năng lượng động lực bị phân tán, một phần được chuyển hóa thành năng lượng tiềm tàng của biến dạng đàn hồi trong cơ. Nhờ

lực đẩy của chân chống (chân trụ) và sự tạo đà của chân lăng, năng lượng tiềm tàng lại được chuyển thành năng lượng động lực. Tăng lực đẩy sẽ làm tăng tần số bước, tăng tốc độ và độ dài của bước. Độ dài của bước phụ thuộc vào chiều cao cơ thể, độ dài của chân, kích thước bàn chân, biên độ động tác của chân ở khớp hông, mức độ quay của khung chậu. Khi tăng nhịp độ, độ dài sải chân cũng được tăng theo, sau đó khi nhịp độ cao hơn 150 bước/phút thì độ dài bước sẽ giảm xuống do giới hạn tốc độ di chuyển một bước chân không thể xa ra trước điểm tựa. Tăng nhịp độ trong đi bộ thường có thể chỉ trong phạm vi 200 bước đơn trong một phút. Nếu tiếp tục tăng nhịp độ sẽ xuất hiện pha trên không, lúc đó đi bộ sẽ chuyển thành chạy. Sự gia tăng độ dài và đặc biệt là tần số bước sẽ làm tăng áp lực chân chống lên điểm tựa và giảm thời gian chống kép (thời điểm hai chân cùng chạm đất).

Đi bộ thể dục được đặc trưng bởi tư thế trên điểm tựa của bàn chân từ ngón chân. Điều đó làm dáng đi mềm mại nhưng rút ngắn độ dài bước và làm giảm tốc độ. Khi đi trên ngón chân, độ dài của bước giảm mạnh, tốc độ giảm. Đi lao là đi bộ với chân hơi gập, thân nghiêng ra trước.

Việc nghiên cứu đi bộ diễn ra đồng thời với thói quen người học trong tư thế đứng.

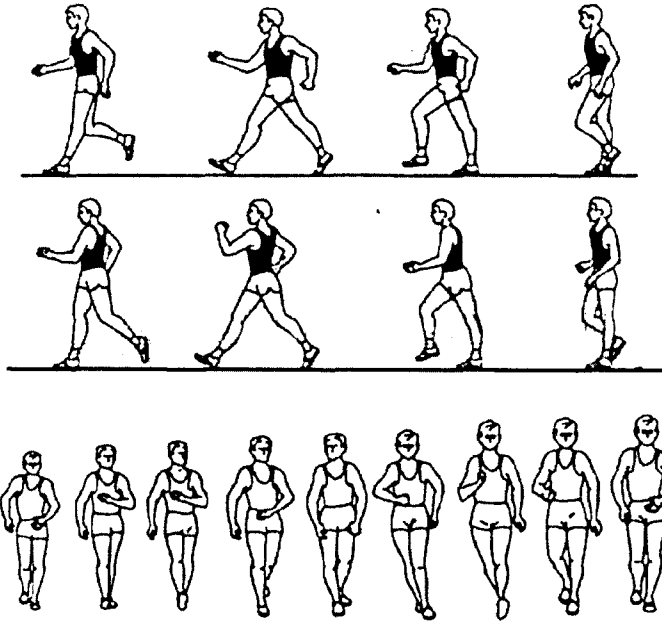
Tư thế - là hình dáng quen thuộc của một người đứng tự nhiên thoải mái. Tư thế được xác định: tư thế của đầu, hình dáng cột sống và lồng ngực, góc nghiêng khung chậu, hiện trạng của đai vai, chi trên chi dưới, tính chất hoạt động của cơ khi tham gia vào việc giữ thăng bằng cho cơ thể. Tư thế đứng của cơ thể là kết quả của lực cơ cơ và trương lực các cơ ở đai vai, cổ, lưng, khung chậu và đùi sau bằng nhau.

Một tư thế tốt là muốn nói đến mối quan hệ lẫn nhau trong việc bố trí sắp xếp các bộ phận cơ thể để thực hiện thuận lợi những hoạt động sắp xảy ra và hoạt động của các cơ quan nội tạng cũng diễn ra bình thường. Độ lớn của lực bên ngoài tác động lên cơ thể con người tương đối liên tục về hướng và mức độ ổn định. Trong việc duy trì tư thế có sự tham gia chủ yếu của một hoặc nhiều nhóm cơ, cho phép xác định tư thế như một tư thế cân bằng. Trái lại, khi thực hiện các bài tập thể lực, những lực bên ngoài sẽ làm biến đổi về giá trị cũng như về hướng đối với cơ thể. Các hoạt động duy trì vị trí tương đối các bộ phận cơ thể trong một trường lực biến thiên đó là *tư thế động lực học*.

Trong sinh cơ học, tư thế đứng là tư thế cơ bản duy trì trạng thái cân bằng của cơ thể trong thời gian dài mà không cần sự nỗ lực lớn cơ bắp, cột sống giữ

được độ cong sinh lý bình thường, tạo điều kiện thuận lợi cho hoạt động hô hấp và tuần hoàn.

Đi bộ thể thao có nhiều điểm chung với đi bộ thường và có sự khác nhau không nhiều ở sự phối hợp phức tạp, tính hiệu quả và tính kinh tế tương đối (hình 7.5). Sự khác nhau cơ bản của đi bộ thể thao với đi bộ thường là:



Hình 7.5. Kỹ thuật đi bộ thể thao

- Tốc độ di chuyển cao.
- Tần số hoạt động cao, đạt khoảng 200 bước hoặc hơn trong một phút.
- Cự ly mỗi bước lớn hơn 100cm, ở vận động viên có trình độ cao từ 115 – 120cm.
- Chân chống thẳng từ thời điểm đặt chân đến thời điểm đứng thẳng.
- Hoạt động mạnh của khớp hông quanh trục dọc.
- Hoạt động mạnh của hai tay theo hướng trước sau.

7.2. Chạy

Trong điền kinh nhẹ, chạy chiếm một vị trí như một môn thể thao độc lập và cũng là một thành phần của các loại hình vận động khác.

Chạy cự ly ngắn bắt đầu bằng xuất phát thấp, còn chạy cự ly trung bình và dài thì xuất phát cao. Tư thế xuất phát thể hiện tư thế ban đầu cho sự vận động nhanh nhất và bảo đảm những điều kiện tốt nhất cho sự tăng tốc di chuyển trọng tâm chung của cơ thể theo hướng cần thiết với lực đẩy tích cực. Tư thế của tất cả các bộ phận cơ thể phụ thuộc vào điều kiện hoạt động xuất phát và cần đáp ứng các đặc điểm cá nhân liên quan đến cánh tay đòn và lực theo trình độ của vận động viên chạy.

Trong **xuất phát cao**, người chạy đặt chân chống ở phía trước, ngón chân kia đặt phía sau cách gót trước khoảng 2 - 3 bàn chân. Sau hiệu lệnh “sẵn sàng” người chạy gấp gối, chuyển trọng tâm ra chân trước đồng thời gấp khuỷu tay trước, tay kia đưa ra sau (trong một biến dạng khác của xuất phát cao, tay này thả lỏng tự nhiên).

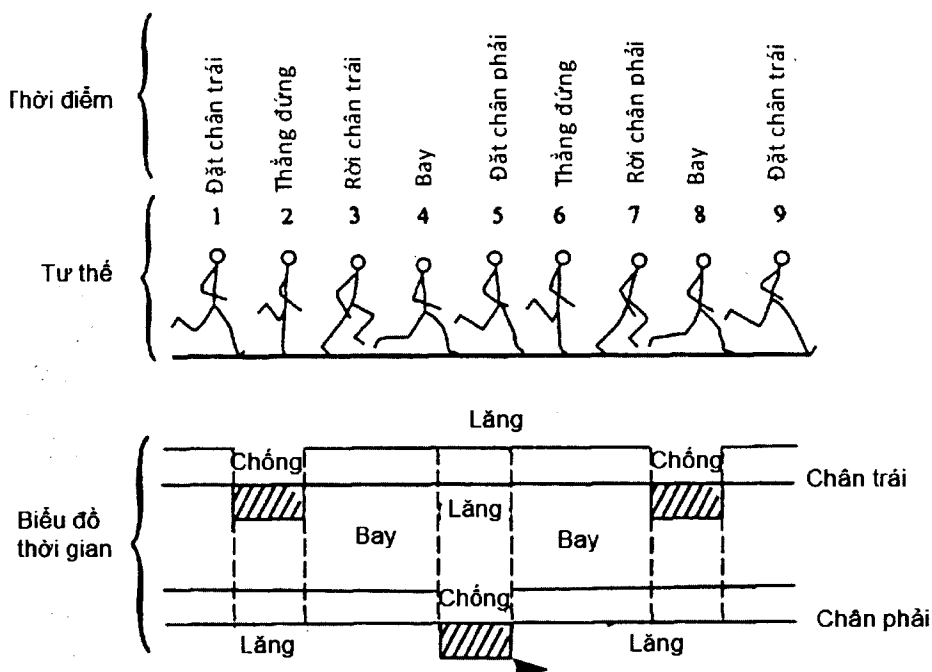
Sau hiệu lệnh “chạy” người chạy đạp duỗi thẳng chân ở khớp gối. Khi đẩy mạnh rời khỏi bàn đạp thì duỗi thẳng thân mình và tiến hành chạy theo cự ly.

Chạy **xuất phát thấp** được bắt đầu với bàn đạp, bảo đảm cho người chạy một điểm tựa chắc chắn đối với bàn chân. Sau hiệu lệnh “chuẩn bị”, hạ tay xuống mép vạch xuất phát, tỳ chân vào bàn đạp. Sau đó khuỵu hai gối tỳ xuống đất, không gấp và duỗi khuỵu tay hoàn toàn, đặt bàn tay vào vạch xuất phát với khoảng cách rộng bằng vai hoặc hơn một chút. Hai ngón cái hướng vào nhau, các ngón còn lại về phía kia. Vai thẳng so với vạch xuất phát, lưng hơi vòng. Đầu giữ thẳng, các cơ cổ không căng thẳng, mắt nhìn ra trước - xuống dưới.

Sau hiệu lệnh “sẵn sàng”, người chạy hơi duỗi chân, chuyển trọng lượng cơ thể lên chân trước và hai tay. Tay chống thẳng, chân gập gối một góc tù.

Khi nghe lệnh “chạy” người chạy rời tay khỏi điểm chống đồng thời duỗi chân đạp vào bàn đạp.

Động tác xuất phát – đó là sự chuyển động từ vị trí xuất phát nhằm tăng tốc độ và chuyển sang chạy giữa quãng. Khi xuất phát, trọng tâm chung của cơ thể có gia tốc do sự nỗ lực của các cơ có hướng ngược lại: ra trước – hoạt động của các mắt xích nhanh hơn, ra sau – các mắt xích chống tựa tỳ chặt (đạp) xuống điểm chống tựa (mặt đất).



Hình 7.6. Các giai đoạn trong kỹ thuật chạy (Theo “Chạy cự ly ngắn” - Nguyễn Đại Dương)

Sự tăng tốc độ chạy được quyết định bởi tạo đà xuất phát. Thời gian chạy tạo đà ảnh hưởng đến tốc độ tăng lên tối đa trong chạy cự ly ngắn và duy trì được cự ly trong chạy trung bình và dài, lúc đó tốc độ cần thiết đạt được bắt đầu từ những bước đầu tiên.

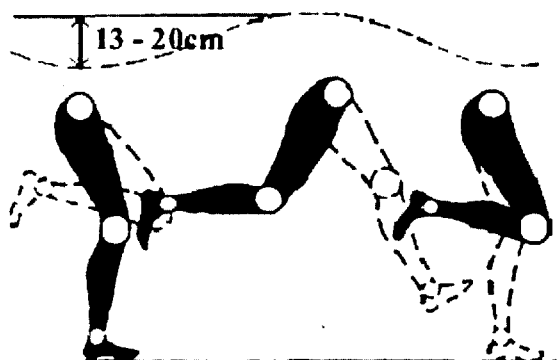
Kỹ thuật tạo đà xuất phát hợp lý được đặc trưng bởi: thân gập nhiều ra trước lúc bắt đầu tạo đà và thẳng dần đến hết; gối thẳng hoàn toàn trong pha đẩy; đùi chân lẳng vung mạnh ra trước - lên trên rồi sau đó ra sau; tay gập ở khuỷu hoạt động nhanh và tích cực khi ra sau; chuyển nhịp nhàng từ tạo đà xuất phát sang chạy trong cự ly.

Lúc bắt đầu rời khỏi bàn đạp, hoạt động điện sinh học của cơ bụng chân tăng lên, các cơ thẳng đùi và nhị đầu đùi chỉ ở mức 1,5 đến 2mV. Lúc này, hoạt động của các cơ đối kháng của đùi đều tham gia như những cơ đồng vận - làm duỗi khớp hông và khớp gối tạo cho cơ thể tiến về trước. Hoạt động của cơ thẳng đùi ở chân phía sau của vận động viên chạy ngắn rất thấp, chỉ 0,5mV. Khi chân bắt đầu rời khỏi mặt đất, hoạt động điện sinh học của cơ nhị đầu đùi giảm nhưng các cơ thẳng đùi và cơ bụng chân lại tăng đến 3mV. Sau khi rời chân trước khỏi bàn đạp (giai đoạn trên không) trên biểu đồ ký, hoạt động của cơ thẳng đùi và cơ bụng chân giảm đột ngột, biên độ điện sinh học của cơ nhị đầu đùi vọt tăng lên đến 3mV. Thời gian bột phát đó chỉ kéo dài khoảng 0,10 - 0,14 giây. Việc đặt chân chống kích thích cơ thẳng đùi tăng biên độ điện sinh học đến tối đa, từ 3,5 - 4mV. Chúng ta biết rằng, hoạt động được thực hiện một cách có hiệu quả khi sử dụng sức mạnh cơ cơ tối đa. Sức mạnh này phụ thuộc vào độ dài ban đầu của cơ. Do đó, góc gập khớp càng nhỏ khi bắt đầu chuyển động thì độ dài và lực cơ càng lớn.

Khi tạo đà xuất phát, đặc biệt vào thời điểm đầu tiên, góc của tất các khớp của chân trụ nằm trong khoảng từ 90° đến 100° , còn trong phạm vi hoạt động của khớp, cơ bắp sẽ thể hiện được lực cơ tối đa. Nếu góc độ ở khớp hông là 70° (ở khớp gối và khớp cổ chân khoảng 45°) thì trong tạo đà xuất phát các cơ của khớp hông giữ vai chủ đạo. Chuyển động xuất phát diễn ra do sự hoạt động tích cực của các cơ ở chân. Ở những bước cuối trong tạo đà xuất phát, các cơ của chân trụ tiếp tục hoạt động co rút, nhưng đã bắt đầu sử dụng hiệu quả của sự kéo giãn. Chạy khoảng 5 - 7 bước thì thân ở tư thế thẳng và bàn chân đặt trước điểm rơi của trọng tâm chung cơ thể trên điểm chống, đến pha hãm sẽ không tránh khỏi việc giảm tốc độ và năng lượng. Dao động thẳng đứng của trọng tâm chung trong chạy từ 13 - 20cm (Hình 7.7). Điều đó diễn ra do xuất hiện sự giảm chấn ở khớp gối và tăng lên sau đó ở khớp bàn chân.

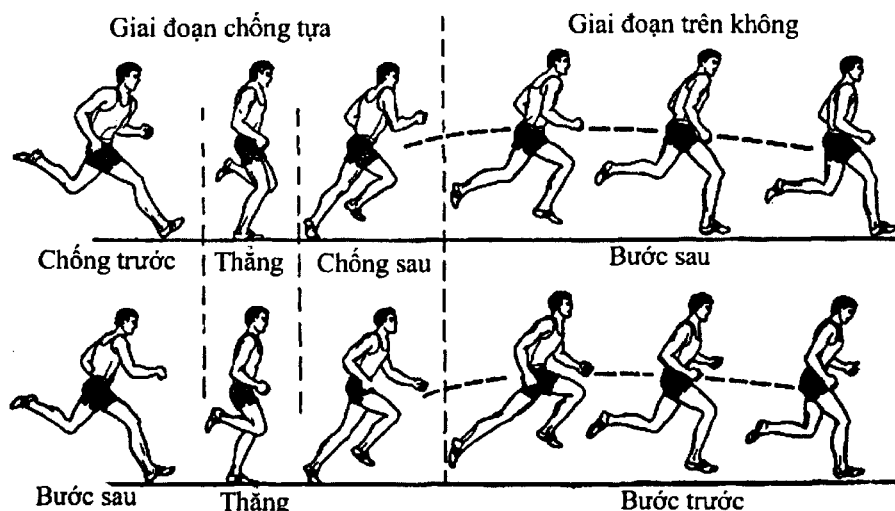
Khi lấy đà xuất phát, do công suất bột phát lớn nhất sẽ làm tăng sự hoạt động của các cơ duỗi khớp hông - đó là cơ mông to, cơ nhị đầu đùi và một số cơ khác. Các cơ duỗi gối và gập gan chân hoạt động với công suất bột phát thấp hơn, nhưng

với thời gian lâu hơn. Vào đầu thời gian chống tạo đà của vận động viên, hoạt động diễn ra chủ yếu do các cơ thuộc khớp hông, ngoài ra còn có sự tham gia của các cơ thuộc khớp gối và khớp bàn chân. Như vậy, xuất phát và những bước đầu tạo đà xuất phát được tiến hành trên cơ sở hoạt động khắc phục của các cơ của chân chống.

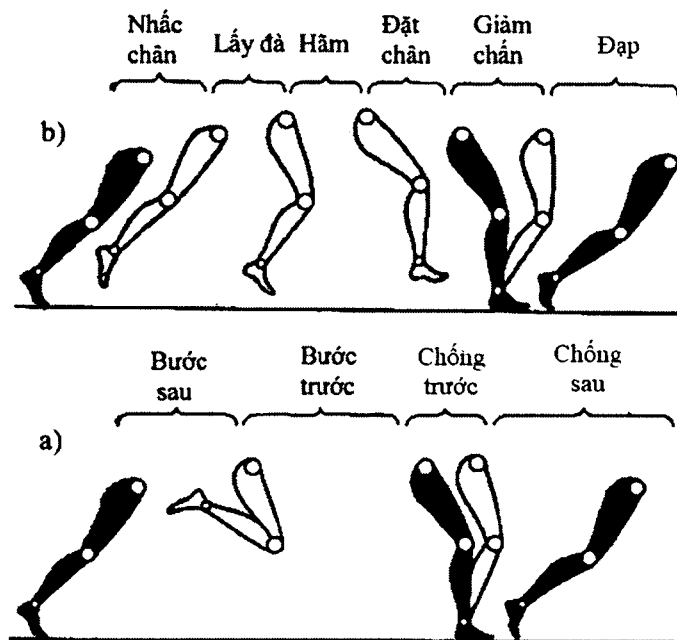


Hình 7.7 Quỹ đạo trọng tâm chung của cơ thể trong chạy

Kỹ thuật chạy bao gồm giai đoạn chống tựa và giai đoạn trên không. Giai đoạn chống tựa được bắt đầu từ pha giảm chấn, mà sự thay đổi hoạt động phụ thuộc vào độ dài của cự ly và tốc độ chạy. Trong chạy nước rút, pha này ngắn hơn so với pha đạp, còn trong chạy cự ly dài pha này dài hơn khoảng 1,5 lần. Sự giảm chấn được thực hiện ở khớp gối, khớp cổ chân và khớp hông. Các cơ thực hiện hoạt động nhượng bộ sẽ bị kéo giãn và tạo ra một lực đẩy mạnh mẽ tiếp theo. Trọng tâm chung của cơ thể di chuyển theo chiều dọc xuống dưới (Hình 7.8a,b).



Hình 7.8a: Một chu kỳ của bước kép



Hình 7.8b. Các pha chuyển động của chân trong chạy. a) Theo dữ liệu động học (tu thế chân). b) Theo dữ liệu động lực học (nỗ lực cơ bắp)

Trong thời gian giảm chấn của chân trụ, các góc ở những khớp xa của chân dưới tác động của khối lượng và lực quán tính của cơ thể vận động viên sẽ giảm, còn góc ở khớp hông lại tăng.

Các cơ làm duỗi đùi và duỗi gối cũng như các cơ làm gấp bàn chân (gấp gan chân) hoạt động cùng một lúc và luân phiên nhau. Cơ hoạt động mạnh nhất là cơ mông to cùng với cơ nhị đầu đùi. Đồng thời thể hiện hoạt động tích cực duỗi ở khớp gối, nhưng sau một phần ba giai đoạn chống chỉ có cơ thẳng đùi tiếp tục hoạt động. Khi đặt chân chống, các cơ nhóm trước của khớp bàn chân hoạt động tích cực, nhưng sau một phần ba giai đoạn chống chỉ có cơ bụng chân tiếp tục co. Sự khác biệt rõ rệt trong cấu trúc không gian của hoạt động nhận thấy rõ cả khi phân tích duỗi bàn chân (gấp mu chân) trong pha giảm chấn. Ở những người mới bắt đầu chạy cự ly ngắn, ngay sau khi đặt bàn chân xuống điểm chống, vừa chạm gót đã bắt đầu duỗi thẳng chân. Còn đối với các vận động viên, gấp và duy trì bàn chân một cách nhịp nhàng và hầu như luôn tỳ xuống diện tựa điểm chống cho đến khi kết thúc pha giảm chấn.

Đùi của chân chống luôn di chuyển quanh trục khớp hông theo hướng ngược lại với hướng chạy. Ở những vận động viên chạy cự ly ngắn, tốc độ chuyển động của đùi cao hơn nhiều so với những người mới chạy (4,8 giây so với 7,5 giây).

Chân lãng vào thời điểm đặt chân đạp xuống điểm chống thường nằm ở pha lãng đà lãng. Những người mới chạy, tốc độ lớn nhất đạt được trước khi kết thúc pha giảm chãn, còn ở vận động viên thì ở ngay sau khi kết thúc pha này. Tính chất tăng tốc của chuyển động xuất phát ảnh hưởng đáng kể đến những thông số khác của hoạt động chạy.

Cấu trúc hợp lý của chuyển động trong pha giảm chãn phần lớn phụ thuộc vào mức độ thực hiện chính xác khi hạ chân chống. Sự đồng đều khi tăng lực với thời gian ngắn là chỉ số cơ bản của hiệu quả thực hiện phần đạp đất. Tính chất diễn biến của pha giảm chãn được đảm bảo bởi những đặc điểm riêng của cấu trúc chuyển động của chân trụ khi đặt và ngay sau đó. Trong đó quan trọng nhất là: đạp lao tích cực, đặt phần mũi bàn chân, phối hợp hoạt động hợp lý các khớp chân chống (trụ) được thể hiện ở sự thay đổi nhịp nhàng các góc gập của chân ở khớp gối và khớp bàn chân.

Sự giảm chãn được thực hiện chủ yếu bởi các khớp của bàn chân. Sự giảm chãn bởi góc của khớp khuỷu ít hơn nhiều so với khớp bàn chân (4^0 và 38^0). Góc khớp bàn chân trong pha giảm chãn cực kỳ nhỏ ở khoảng $90 - 100^0$. Vì vậy, khi chạy với tốc độ tối đa, các khớp bàn chân của vận động viên có sự hoạt động và giảm chãn là chính. Các cơ của chân chống hoạt động theo chế độ nhượng bộ - khắc phục, với một trong những yếu tố chủ yếu tạo nên lực đạp đất là tính đàn hồi của bàn chân.

Biên độ dao động trọng tâm chung của cơ thể vận động viên trong thời gian chạy là khác nhau. Việc hạ thấp trọng tâm chung trong pha giảm chãn sẽ nhiều hơn đối với những người mới chạy. Biên độ dao động của chân chống ở khớp gối của những vận động viên chạy là khoảng 30^0 , còn ở những người mới tập khoảng $40^0 - 45^0$. Tốc độ gập khớp gối khi giảm chãn tương ứng ở hai đối tượng là 10 và 7 giây. Gập chân giảm chãn thường kết thúc vào thời điểm đứng thẳng, lúc đó hình chiếu trọng tâm chung vừa vượt qua điểm chống tựa. Đôi khi sự ổn định nào đó của góc khớp gối và khớp bàn chân được ghi nhận vào trước và sau thời điểm này. Từ thời điểm đặt chân chống, hoạt động của chân lãng ra trước gây ra chuyển động về trước và giúp đẩy nhanh trọng tâm cơ thể người chạy. Pha đạp đất được bắt đầu từ khi duỗi chân chống ở khớp gối và khớp cổ chân trong khi đang duỗi hông. Diễn biến quá trình đạp đất phụ thuộc đáng kể trực tiếp vào cấu trúc chuyển động của chân sau thời điểm đặt. Mức độ gập chân ở các khớp, tốc độ và biên độ chuyển động của chân đối với khớp hông giữ một vai trò quan trọng.

Từ việc phân tích hình ảnh cho thấy rằng, góc ở khớp gối lúc bắt đầu chống chân bằng 140^0 , ở khớp hông khoảng $170 - 180^0$. Do đó, độ dài và lực của các cơ duỗi ở chân là thấp nhất. Tính chất và độ lớn của lực bắt đầu tăng ngay sau khi chạm

chân xuống đất từ 10 – 15ms, phụ thuộc vào đặc điểm tác động của bàn chân với điểm chống tựa và được chuẩn bị bởi sự sắp xếp tối ưu của các mắt xích riêng lẻ của cơ thể vận động viên, ở các phân đoạn của chân trong giai đoạn bay. Ngay cả việc gấp gan chân ở cuối phần chống sau cũng rất quan trọng. Nếu hoạt động điện của cơ tam đầu cẳng chân bị triệt tiêu trước thời điểm nâng chân khỏi điểm chống tựa, thì cơ dài gấp ngón chân cái sẽ duy trì trong suốt giai đoạn chống tựa và còn tiếp tục một thời gian sau khi kết thúc pha đạp đất. Pha đạp đất chủ động được đặc trưng bởi biên độ rộng và tốc độ chuyển động quay lớn của chân chống ở khớp hông. Độ lớn của góc đạp đất là chỉ số bên ngoài về hiệu quả hoạt động ở pha này. Đạp đất dưới một góc nhọn có hiệu quả hơn trong trường hợp, nếu như trị số của tham số về lực rất mạnh mẽ, đảm bảo được cấu trúc hợp lý của chuyển động.

Góc ở khớp gối của chân chống vào cuối pha đạp đất là lớn nhất, khoảng 160 – 165°. Nó không thay đổi kích thước do sự chi phối hoạt động của cơ nhị đầu đùi. Cùng với các cơ gấp cột sống và các cơ áp lực bụng, các cơ của đùi bị kéo giãn để chống lại lực quán tính của cơ thể theo hướng xuống dưới - ra sau ở pha đạp đất.

Cơ nhị đầu đùi hỗ trợ cố định khớp hông, tạo nên một lực kéo ở đầu gần (đầu trên) của xương đùi. Cơ bụng chân thực hiện chức năng gấp bàn chân (gấp gan chân) tạo nên một lực kéo ở đầu xa (đầu dưới) xương đùi. Kết quả là xương đùi và xương chày thực hiện vai trò của một cánh tay đòn bẩy khớp. Khi góc của khớp gối đủ lớn, lực căng của các cơ trên không tham gia duỗi gối, để tạo ra chuyển động dọc tối đa và độ lớn đáng kể của phản lực từ điểm chống theo chiều thẳng đứng.

Sự luân phiên hoạt động của các cơ thể hiện tính hợp lý về cơ cấu chuyển động của vận động viên khi đạp đất và tính kinh tế của chúng.

Cấu trúc có hiệu quả của kỹ thuật chạy được đặc trưng bởi việc huy động lực tác động lớn nhất của chân chống trong nửa đầu giai đoạn chống ngay sau khi đặt chân trên đường chạy, còn hoạt động có hiệu quả của chân lãng được đặc trưng bởi sự tạo đà và hãm (dừng) đúng thời điểm.

Thành phần thẳng đứng của phản lực từ điểm chống ở trẻ em 12 - 14 tuổi đạt đến 270% trọng lượng cơ thể, còn ở kiện tướng thể thao và vận động viên chạy cự ly ngắn thứ hạng cao là 300 và 360%. Chỉ số nhịp điệu chạy (tỷ lệ giữa độ dài của pha trên không với độ dài của thời gian chống) ở vận động viên kiện tướng chạy tốc độ là 1,35. Ở trẻ em, chỉ số này phản ánh mức độ tập trung lực hữu ích chỉ bằng 0,80.

Kết thúc pha đẩy ở vận động viên được thể hiện bởi chân gần như thẳng hoàn toàn ở khớp gối và góc đẩy là một góc nhọn (47°), còn ở người mới tập thường kết thúc pha đẩy là một góc tù (60 - 70°) và gấp gối.

Chân lãng vào thời điểm kết thúc pha đẩy cũng là lúc hoàn thành pha hãm (dừng). Nhờ đó, độ cao nâng đùi chân lãng không phải lúc nào cũng phụ thuộc vào mức độ chuẩn bị kỹ thuật. Khi đùi chân lãng nâng lên tối ưu là gần như vuông góc với thân, lúc đó thân hơi nghiêng ra trước. Ở cuối pha đạp đất khung chậu xoay (45^0) theo hướng chân chống. Vào thời điểm thân đứng thẳng sẽ đạt được giá trị lớn nhất khi xoay khung chậu theo hướng chân lãng (là 20^0), nhờ vào khớp gối của chân lãng ở vị trí thấp hơn nhiều so với khớp gối của chân chống. Pha đạp đất kết thúc vào thời điểm nhấc chân chống khỏi mặt đất. Pha đạp đất đạt được bằng cách duỗi mạnh chân chống và hoạt động lãng tích cực của chân chuyễn.

Trong giai đoạn bay, chân thực hiện các chuyễn động ở phía sau – nâng và tạo đà, và ở phía trước – hãm và hạ chân chống. Bàn chân ở phía trước của chân chống đưa ra trước cùng lúc với gấp đùi và gấp gối. Bàn chân ở phía sau của chân còn lại nằm sau khớp hông được duỗi thẳng hoàn toàn cùng lúc với đưa đùi ra sau. Kết quả là diễn ra việc duỗi bàn chân trong giai đoạn bay đến khoảng cách lớn nhất giữa hai chân. Đà của đùi đưa chân ra trước được thay bằng việc hãm nó lại, còn hoạt động gấp khớp gối thì được thay bằng duỗi thẳng ra trước. Ngay sau đó bàn chân duỗi đến tối đa làm các cơ kéo căng để bắt đầu cho hoạt động trở lại.

Việc tăng tốc độ đưa chân ra trước đảm bảo năng lượng cho chân lãng trong giai đoạn chống, còn việc tăng tốc độ hạ chân chống sẽ rút ngắn thời gian bay, làm tăng nhịp điệu của bước. Pha tạo đà của chân lãng là khâu rất quan trọng của hoạt động đánh lãng. Điều đó trước hết có ảnh hưởng đáng kể đến lực phản xạ điểm chống, và sau đó là chân đối diện hạ xuống điểm chống như thế nào. Trong chạy, thời điểm này thường trùng với việc tăng trị số gia tốc của chân lãng, mà giá trị lớn nhất của nó rơi gần thời điểm thẳng đứng. Vì thế thời điểm đạt được gia tốc lớn nhất của đánh lãng là rất quan trọng. Ở vận động viên chạy có đẳng cấp, chúng xuất hiện khi kết thúc pha giảm chấn hoặc sau đó. Những người mới tập thường đạt được trị số gia tốc tối đa của chân lãng từ trước rất lâu trước khi kết thúc pha giảm chấn. Vì thế tạo ra sự quá tải bổ sung trong nửa đầu phản xạ chống, kéo dài thời gian và do đó, không thể đạt được tốc độ cao. Pha giảm chấn được bắt đầu từ thời điểm giảm tốc độ góc quay của chân lãng. Động tác của đùi trong pha này cần được nâng lên vuông góc với thân mình. Động tác giảm chấn trước đó của đùi chân lãng tạo ra hiệu quả gắn liền với hoạt động các cơ gân khoeo (sau đùi) của chân chống, giúp giảm thời gian giai đoạn chống, làm cho thời điểm chuyễn chân ra trước sau khi kết thúc pha đạp gần lại.

Giai đoạn bay (trên không) khi chạy nhanh được đặc trưng bởi các chỉ số biến đổi lớn. Mặc dù, ở những vận động viên chạy ngắn có trình độ, họ vượt trội hơn hẳn về thời gian ở các giai đoạn chống, trong khi ở người mới tập thì ngược lại. Việc hạ

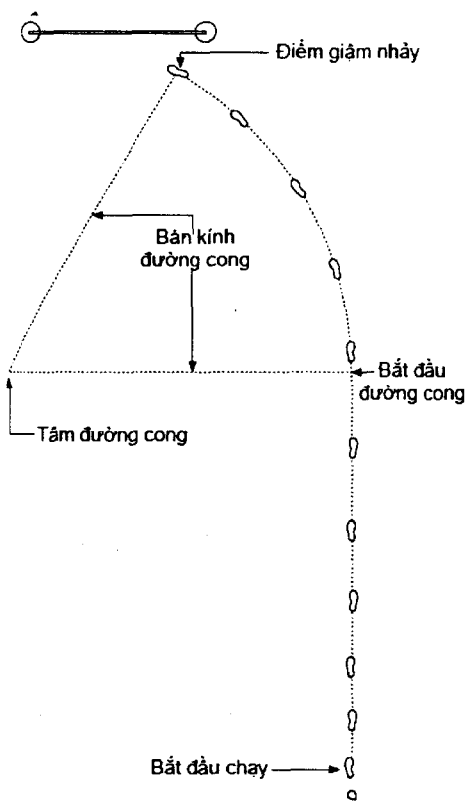
chân lăng có nhiều ý kiến cho rằng, nên thực hiện ngay khi pha bay được bắt đầu. Ở những vận động viên bậc cao, hoạt động này được thực hiện với tốc độ lớn theo hướng xuống dưới - thẳng xuống điểm chống, bằng mũi chân. Tốc độ hạ chân ở những người mới tập thấp hơn, hướng chuyển động xuống dưới - ra trước, đặt chân gáp gáp bằng mũi hoặc cả bàn. Sự thay đổi nhịp chạy và độ dài của giai đoạn chống được đặc biệt quan tâm và có một ý nghĩa to lớn. Trẻ em 7 - 8 tuổi nhịp trung bình 4,9 bước/s, do tăng thời gian tương đối của giai đoạn trên không. Từ 10 tuổi, nhịp bước chạy giảm mạnh. Ở người lớn, độ dài bước tăng cao nhất, lên đến 10%. Chỉ số nhịp chạy là 4,8 đến 5,2 bước/s, không phụ thuộc vào tuổi tác, đảm bảo thời gian của giai đoạn chống là 0,09 - 0,11s. Tốc độ chạy của trẻ mẫu giáo và học sinh phổ thông ở cả hai giới tăng không đều nhau. Tăng tốc độ lớn nhất được ghi nhận ở trẻ mẫu giáo từ 4 - 5 tuổi là: bé trai tăng 24%, bé gái 23% và ở học sinh phổ thông từ 14 - 15 tuổi là: con trai 17%, con gái 8%.

7.3. Nhảy cao

Nhảy cao có thể được chia thành ba giai đoạn: giai đoạn chạy đà, giai đoạn giậm nhảy và giai đoạn bay trên không hoặc giai đoạn qua xà. Mục đích của việc chạy đà là thiết lập các điều kiện thích hợp để thực hiện giậm nhảy. Trong giai đoạn giậm nhảy, vận động viên phải tạo ra lực để nâng trọng tâm cơ thể lên đến độ cao tối đa sau khi rời khỏi mặt đất và tạo ra mômen quay cần thiết để toàn bộ cơ thể vượt qua xà ngang. Các động tác qua xà mà vận động viên thực hiện sau khi rời khỏi mặt đất là những động tác điều chỉnh chuyển động bù trừ lẫn nhau giữa các bộ phận cơ thể (ví dụ như một bộ phận cơ thể có thể được nâng lên bằng cách hạ thấp một phần khác, có thể thực hiện để xoay nhanh hơn một bộ phận này bằng cách làm cho bộ phận khác quay chậm lại). Chạy đà là giai đoạn chuẩn bị cho hành động giậm nhảy - là giai đoạn quan trọng nhất trong nhảy cao. Những hành vi vận động khác của vận động viên trong khi vượt qua xà là ít quan trọng hơn: Thực tế là hầu hết những trục trặc xảy ra trong khi cơ thể vượt qua xà đều xuất phát từ sự sai sót trong giai đoạn chạy đà hoặc giai đoạn giậm nhảy.

7.3.1. Đặc điểm chung của giai đoạn chạy đà

Độ dài đặc trưng của quãng đường chạy đà trong nhảy cao là khoảng 10 bước. Một chân được đặt xuống điểm dậm nhảy bằng động tác hãm, nhờ đó tốc độ theo phương nằm ngang bị giảm đi và tốc độ theo phương thẳng đứng tăng lên cho phép thực hiện tư thế ban đầu với chân dậm nhảy co lại ở mức tối ưu. Cấu trúc phần xuất phát của chạy đà khác với chạy bình thường ở chỗ, thân người ngã về phía trước nhiều hơn, các giai đoạn có điểm tựa chiếm ưu thế đối với các giai đoạn bay trên không, còn các dao động của trọng tâm chung của cơ thể ít hơn. Trong kỹ thuật nhảy



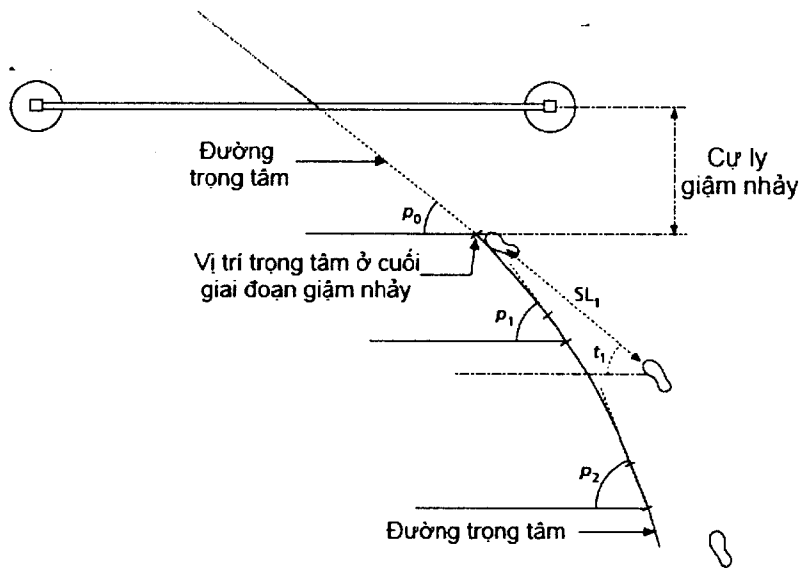
Hình 7.9. Đường chạy đà phổ biến kiểu uốn thân

ưỡn lưng (Fosbury-flop), hầu hết các vận động viên đều thực hiện các bước chạy đà đầu tiên theo một đường thẳng vuông góc với mặt phẳng đứng đi qua toàn bộ xà ngang, và bốn hoặc năm bước cuối cùng theo một đường cong (Hình 7.9). Một trong những tác dụng chính của phần chạy đà theo đường cong này là làm cho cơ thể vận động viên nghiêng ra khỏi xà ngang lúc bắt đầu chuyển sang giai đoạn giậm nhảy. Tốc độ chạy đà càng nhanh hoặc độ cong càng khép chặt thì độ nghiêng về phía tâm đường cong càng lớn.

7.3.2. Góc tiếp cận giậm nhảy

Chạy đà theo đường thẳng được thực hiện dưới một góc $30 - 45^{\circ}$, khi nhảy bằng kiểu “bước qua” và dưới một góc so với xà ngang $30 - 40^{\circ}$, khi nhảy kiểu “úp bụng”. Tùy thuộc vào vị trí điểm dậm nhảy so với xà (cự ly giậm nhảy), vào độ dài của chi dưới và kiểu lạng chân, góc chạy đà có thể thay đổi từ $20 - 60^{\circ}$.

Hình 7.10 thể hiện hình góc nhìn thẳng từ trên xuống các dấu bàn chân chạy đà và đường di chuyển của trọng tâm cơ thể trong hai bước cuối cùng của giai đoạn chạy đà, giai đoạn giậm nhảy và giai đoạn trên không của nhảy cao kiểu uốn thân. Cần chú ý rằng, đường di chuyển của trọng tâm cơ thể ban đầu là ở bên trái của dấu chân. Điều này xảy ra là do các vận động viên đang nghiêng về phía bên trái trong khi chạy theo đường vòng. Đường này sau đó sẽ trùng với đường di chuyển của các dấu chân, và trọng tâm cơ thể gần như thẳng góc phía trên chân giậm nhảy ở cuối giai đoạn giậm nhảy. Hình 7.10 cũng cho thấy các góc t_1, p_2, p_1 và p_0 là góc giữa xà ngang và đường nối qua hai dấu chân cuối cùng, p_2 và p_1 và p_0 là góc giữa xà ngang và đường di chuyển của trọng tâm cơ thể trong các giai đoạn trên không của hai bước cuối cùng và sau khi giậm nhảy. Ở những vận động viên mà đường chạy đà của họ có xu hướng song song với xà ngang nhiều hơn thì các góc này sẽ nhỏ hơn.



Hình 7.10. Góc tiếp cận nhảy so với xà ở những bước cuối

7.3.3. Quá trình chạy đà

Để thực hiện chạy đà, vận động viên có thể đi bộ một vài bước và sau đó bắt đầu chạy đà, hoặc cũng có thể bắt đầu chạy đà từ tư thế đứng tại chỗ. Ở phần đầu giai đoạn chạy đà, vận động viên cần thực hiện theo nhịp độ tăng dần, bước sau dài hơn và nhanh hơn so với bước trước đó. Nhịp độ chạy tăng lên ở 3 – 4 bước cuối. Nhịp độ thực hiện bước thứ 3 (tính từ thời điểm giậm nhảy) là 3,10 – 4,08 bước/s, còn bước cuối cùng đạt tới 3,70 – 4,50 bước/s. Thời gian của giai đoạn chống tựa ở những bước cuối lớn hơn so với thời gian của giai đoạn bay trên không. Tốc độ chạy đà tối đa đạt được vào thời điểm kết thúc của bước trước bước cuối cùng tính trung bình là 7 – 7,6 m/s. Nhưng gần tới thời điểm đặt chân giậm nhảy, nó giảm đi 10% hoặc nhiều hơn, đó là do giảm độ dài bước cuối. Trong hai hoặc ba bước đà cuối cùng, vận động viên cần phải hạ thấp hông xuống dần, trọng tâm chung của cơ thể được hạ thấp chủ yếu là do góc ở khớp gối giảm. Độ nghiêng của thân người so với trục ngang tăng lên từ 57 – 68° ở bước thứ 3, đến 74 – 88° ở bước cuối và từ 60 – 71° đến 99 – 116° vào thời điểm chân rời khỏi điểm chống tựa. Những biến đổi về góc như vậy biểu thị sự tăng tốc độ của vận động viên nhảy trong thời gian diễn ra các giai đoạn có điểm tựa của ba bước cuối. Sự hạ thấp trọng tâm chung của cơ thể có thể là lớn nếu đặt chân lẫm ở bước cuối lệch sang một bên từ 15 – 20cm, song điều đó thường dẫn tới sự giảm đáng kể tốc độ chạy đà (Bảng 7.1).

Bảng 7.1 Hướng của đầu chân khi giậm nhảy

VĐV	t_1 ($^{\circ}$)	p_2 ($^{\circ}$)	p_1 ($^{\circ}$)	p_0 ($^{\circ}$)	e_1 ($^{\circ}$)	e_2 ($^{\circ}$)	e_3 ($^{\circ}$)	SL ₁		TOD (m)
								p_2 (m)	p_1 (%)	
Nam										
Avdeyenko	33	54	44	39	23	21	25	2.27	112	0.96
Conway	15	47	30	34	-9	39	36	2.11	115	0.94
Forsyth	26	46	39	38	17	21	22	2.18	111	0.91
Paklin	32	50	40	33	4	36	43	2.16	113	0.86
Pàtykia	28	51	41	33	16	25	35	1.83	96	1.01
Sjdberg	26	48	37	29	11	26	35	2.10	105	0.77
Sotomayor	31	-	41	31	11	30	40	2.31	119	0.84
Stones	32	55	44	38	-5	50	56	2.00	102	0.99
Zvara	33	55	43	44	23	20	20	2.11	111	0.67
Nữ										
Acuff	23	50	36	33	18	18	22	1.69	90	0.53
Álfet	32	-	39	34	21	18	24	2.00	109	0.88
Beyer-Helm	29	50	42	40	24	18	20	1.80	101	1.04
Dragteva	33	47	41	40	31	10	11	1.85	109	0.82
Henkel	30	55	41	38	42	-1	4	1.91	105	0.94
Kostadinova	34	51	43	37	26	16	24	2.06	114	0.98
Quintero	30	51	42	34	27	14	24	1.91	106	0.75
Sommer	23	44	36	33	30	6	11	1.72	98	0.90

(t_1); hướng di chuyển trọng tâm chung trong hai bước cuối (p_2 và p_1) và khi giậm nhảy (p_0); hướng trục dọc của bàn chân so với xà (e_1); hướng giữa trục dọc với hướng chạy (e_2) và góc giậm nhảy (e_3); khoảng cách bước cuối cùng (SL_1) thể hiện bằng mét và tỷ lệ phần trăm giữa chiều cao đứng của VĐV và cự ly giậm nhảy (TOD) của một số vận động viên nổi tiếng (theo Zatsiorsky-2000).

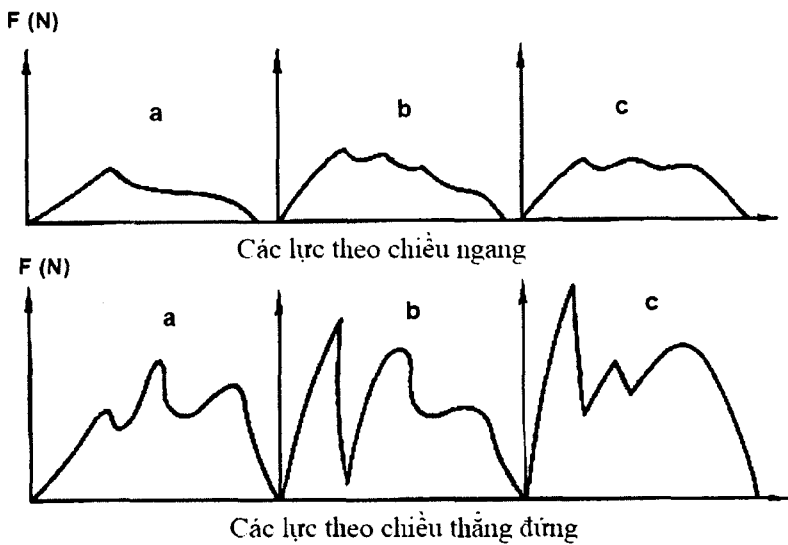
7.3.4. Tốc độ di chuyển ngang và độ cao của trọng tâm cơ thể lúc kết thúc giai đoạn chạy đà

Giai đoạn giậm nhảy được xác định là khoảng thời gian giữa thời điểm chân giậm nhảy bắt đầu chạm vào mặt sân (đặt xuống) và thời điểm nó rời khỏi mặt sân (bật lên). Giai đoạn giậm nhảy bao gồm sự giảm chân và duỗi thẳng chân. Giậm nhảy tạo ra một cơ chế chuyển động phức tạp gắn liền với hoạt động tức thời, các thành phần lực bị thay đổi nhanh trong giai đoạn tác động tương hỗ do va chạm và sự căng cơ tối đa. Trong khi giảm chân, tốc độ theo phương nằm ngang của trọng tâm chung bị giảm đi. Hoạt động duỗi thẳng chân giậm nhảy và động tác đánh lẳng của chân lẳng và hai tay tạo ra gia tốc cho các mắt xích của cơ thể hướng lên phía trên và ra trước. Lực quán tính xuất hiện cùng với trọng lực tác động lên điểm tựa và gây ra phản lực tương ứng từ điểm tựa. Những nỗ lực được tập trung nhằm đảm bảo tốc độ cao nhất theo phương thẳng đứng. Những chuyển động khi giảm chân có ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ bay sau cùng của trọng tâm chung của cơ thể. Hiệu quả của việc truyền các lực trong các mắt xích thuộc hệ vận động của thân mình phụ thuộc nhiều vào sự phối hợp các động tác trong khi giậm nhảy, vào động năng hoạt

động của chi trên trong khoảng thời gian tác động tương hỗ với điểm tựa và những thuộc tính sinh – cơ học vận động của thân mình.

Vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của cơ thể vận động viên vào lúc kết thúc giai đoạn giậm nhảy sẽ quyết định độ cao mà trọng tâm cơ thể sẽ đạt tới sau khi vận động viên rời khỏi mặt sân, và do đó nó rất quan trọng đối với thành tích của cú nhảy. Để tạo được vận tốc lớn nhất theo phương thẳng đứng của cơ thể vào lúc kết thúc giai đoạn giậm nhảy, vận động viên phải tác động lên mặt sân một lực theo phương thẳng đứng tại thời điểm phát lực này càng lớn càng tốt. Điều này có thể đạt được bằng cách tạo ra một lực lớn tác động theo phương thẳng đứng kết hợp kéo dài cự ly di chuyển lên phía trên của trọng tâm cơ thể khi vận động viên duỗi thẳng thân trong giai đoạn giậm nhảy.

Tăng tốc độ chạy đà ở đoạn cuối và đặt chân giậm nhanh có thể giúp vận động viên tạo ra một lực lớn hơn theo phương thẳng đứng lên mặt sân (Hình 7.11).



Hình 7.11. Các thành phần lực

Sự phân bố vị trí hợp lý của các mắt xích trong cơ thể vào thời điểm đặt chân, tính thống nhất khi gấp và duỗi ở các khớp trên mặt phẳng đứng dọc có ảnh hưởng thực chất đến việc thực hiện cú nhảy. Ở khớp hông, đầu tiên là hơi gấp đùi, ngay sau đó là duỗi. Ở khớp gối (cũng như ở khớp cẳng chân – bàn chân) đầu tiên là duỗi, sau đó là gấp và lại duỗi. Các vận động viên nhảy cao cần phải cố gắng thực hiện gấp tối thiểu ở khớp hông trong thời gian giậm nhảy, bởi vì sự chuyển dịch hông ra trước – lên trên một cách liên tục tạo ra những cơ sở thuận lợi cho động tác lẳng chân. Góc gấp ở khớp gối sẽ bị giảm cùng với việc tăng độ cao. Góc gấp tối đa ở khớp gối vào thời điểm kết thúc giậm chân đạt tới từ $125 - 165^{\circ}$. Hiệu quả giậm nhảy được xác

định bởi xung động lực, bằng tích của lực tác động tương hỗ trung bình với phản lực từ điểm tựa trong thời gian diễn ra sự tác động tương hỗ này. Khi đặt chân xuống điểm giậm nhảy, phản lực của điểm chống tựa đạt tới 3500 – 6000 N. Lực tác động theo phương thẳng đứng khi giậm chân cũng đạt được những trị số xấp xỉ trị số trên. Khi trình độ tập luyện của các vận động viên tăng lên, những chỉ số của lực tác động theo phương thẳng đứng cũng tăng theo vào thời điểm chân đạp duỗi. Khi giậm chân, một loạt các chỉ số sẽ ảnh hưởng tới độ lớn của phản lực điểm chống tựa. Thứ nhất, theo tính toán, tốc độ theo phương nằm ngang của vận động viên vào thời điểm chân dậm nhảy đặt xuống điểm tựa mà tăng lên 0.1m/s thì lực sẽ tăng lên 10 – 160 N. Thứ hai, lực này sẽ bị giảm khi chân lặn gấp gỏi. Thứ ba, là do khối lượng cơ thể. Vào thời điểm kết thúc giậm chân, độ lớn của lực thẳng đứng bị giảm đi do chân dậm nhảy gấp ở khớp gỏi.

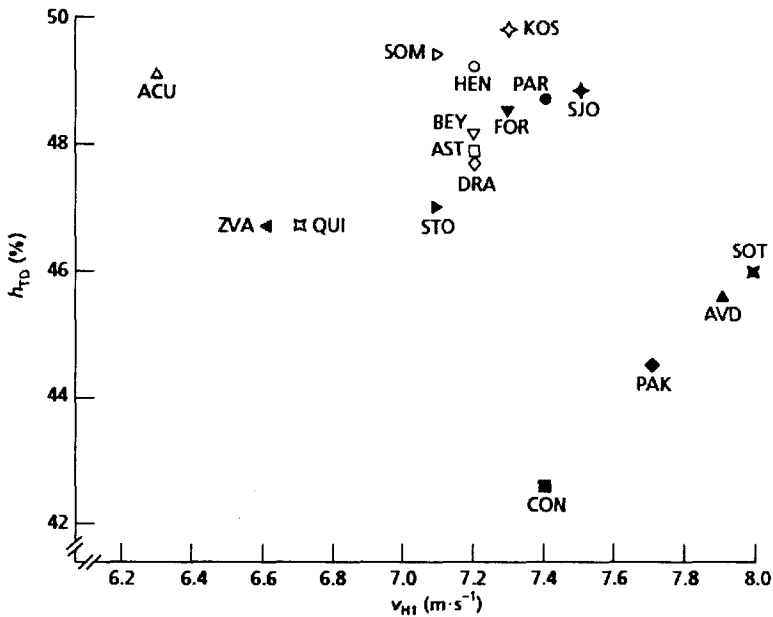
Khi giậm nhảy tích cực sẽ làm tăng độ lớn thành phần thẳng đứng của phản lực từ điểm chống tựa do xuất hiện lực quán tính nhờ gia tốc thẳng đứng của chân lặn. Tốc độ của chân lặn đạt giá trị cực đại vào thời điểm bắt đầu giậm nhảy từ 7.2 – 13.5 m/s. Vào thời điểm chân lặn di chuyển vượt qua bên cạnh chân dậm nhảy, tốc độ của nó bị giảm đi 60 – 65% so với trị số ban đầu, còn khi gần tới thời điểm kết thúc giậm nhảy, nó đạt trị số bằng 40 – 45% trị số lớn nhất. Tốc độ chuyển động của hai tay vào thời điểm đặt chân đạt 6,5 – 9,2 m/s. Vào thời điểm kết thúc giậm chân, tốc độ này tăng lên 15 – 21%, còn khi gần tới thời điểm kết thúc giậm nhảy nó bị giảm đi so với tốc độ ban đầu của tay tới 25 – 28% (tay cùng bên với chân lặn) và 62 – 73% (với tay không cùng bên).

Tại thời điểm đặt chân xuống điểm chống tựa, thường diễn ra duỗi đùi do sự co rút của cơ hông lớn và cơ khép lớn. Cơ tứ đầu và nhị đầu đùi, cơ bán gân và cơ bán mạc cố định căng chân duỗi ở khớp gỏi. Sự duỗi chân diễn ra đầu tiên ở khớp hông, sau đó ở khớp gỏi và tiếp tục là khớp cổ chân. Tại thời điểm kết thúc giậm nhảy, nhờ tính tích cực của các cơ gan chân và các cơ mác, khớp cổ chân được cố định vững chắc, thúc đẩy sự truyền xung động lực cho các mắt xích nằm ở phía trên (đầu gối).

Để kéo dài đến mức tối đa cự ly di chuyển lên phía trên của trọng tâm cơ thể khi vận động viên duỗi thẳng thân trong giai đoạn giậm nhảy nhằm tạo ra lực lớn, trọng tâm cơ thể phải được đưa vào vị trí thấp lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy và ở vị trí cao khi kết thúc giai đoạn này. Trọng tâm cơ thể của hầu hết các vận động viên nhảy cao đều đạt tới độ cao thích hợp vào lúc kết thúc giai đoạn giậm nhảy, nhưng để đưa trọng tâm cơ thể vào một vị trí thấp lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy lại là một việc khó. Lý do là, trong trường hợp này cơ thể phải được chống đỡ bởi chân lặn đang ở tư thế gấp sâu trong bước kế cận bước đà cuối cùng, là bước chạy đòi

hỏi một chân lăng rất mạnh mẽ, ở đây cũng gặp nhiều khó khăn trong việc tìm hiểu các cung phản xạ thần kinh cơ thích hợp cho phép các vận động viên có thể vượt qua được thời điểm gặp sâu của chân lăng mà không bị mất tốc độ.

Có thể thực hiện được phân chạy đà tiếp cận giậm nhảy với tốc độ nhanh và hạ thấp trọng tâm cơ thể trong những bước cuối cùng. Tuy nhiên, cách này đòi hỏi nỗ lực đáng kể và phải được tập luyện thành thục. Và khi một vận động viên đã học được cách làm thế nào để chạy đà nhanh và thấp, thì lại có thể nảy sinh một vấn đề mới: vận động viên, trong thực tế thi đấu, có thể thực hiện chạy đà quá nhanh và quá thấp. Nếu chân giậm nhảy không đủ mạnh, nó sẽ bị buộc phải gập xuống quá mức trong giai đoạn giậm nhảy, và sau đó có thể sẽ không có khả năng để thực hiện cử động duỗi ra một cách mạnh mẽ trong phần kết thúc của giai đoạn giậm nhảy. Nói cách khác, chân giậm nhảy có thể bị sụp xuống một phần nào đó hoặc quy xuống (mất ổn định) hoàn toàn do sự căng thẳng, và kết quả sẽ là một lần nhảy bị hủy bỏ. Vì vậy, điều quan trọng đối với vận động viên nhảy cao là biết kết hợp một cách tối ưu giữa tốc độ chạy đà và độ cao của trọng tâm cơ thể. Chúng ta sẽ xem xét cách làm thế nào để có thể thực hiện việc kết hợp này.



Hình 7.12. Vận tốc (v_{HI}) chuyển động theo phương nằm ngang và độ cao (h_{TD}) của trọng tâm (TTC) cơ thể ở đoạn chạy đà cuối cùng (chữ in là tên viết tắt của các vận động viên)

Hình 7.12 là đồ thị tọa độ của h_{TD} so với v_{HI} . Mỗi điểm đại diện cho một lần nhảy của một vận động viên (mỗi vận động viên được biểu thị bằng một biểu tượng

khác nhau trong hình 7.12, (các biểu tượng tương tự sẽ được sử dụng trong các đồ thị tiếp theo). Kiểu đồ thị này cho phép chúng ta đồng thời thấy được tốc độ và độ cao của trọng tâm cơ thể mà các vận động viên đã thực hiện ở đoạn chạy đà cuối cùng. Ví dụ, một điểm ở phần trên bên phải của đồ thị sẽ chỉ ra một bước nhảy với tốc độ chạy đà nhanh nhưng trọng tâm cơ thể cao ở đoạn chạy đà cuối cùng.

Các quy trình được mô tả sẽ có ý nghĩa nếu tất cả các vận động viên nhảy trong hình 7.12 có sức mạnh động lực của chân giậm nhảy tương tự như nhau khi thực hiện giậm nhảy. Tuy nhiên, điều này khó có thể xảy ra. Trong số họ sẽ có một số vận động viên mạnh mẽ hơn những người khác. Do các vận động viên mạnh mẽ hơn có thể làm chủ được cách chạy đà nhanh hơn và thấp hơn mà không bị mất ổn định, có thể một vận động viên ở phần trên bên trái của đồ thị là người yếu, và do đó gần với giới hạn mất ổn định, trong khi một vận động viên ở dưới thấp hơn và bên phải của đồ thị lại là người mạnh hơn, và thực sự còn ở xa giới hạn mất ổn định. Sự kết hợp tối ưu giữa tốc độ chạy đà và độ cao của trọng tâm cơ thể ở mỗi vận động viên nhảy cao là khác nhau.

7.3.5. Vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể vào lúc bắt đầu các giai đoạn giậm nhảy

Vận tốc chuyển động của cơ thể theo phương thẳng đứng ở cuối giai đoạn giậm nhảy, yếu tố rất quan trọng đối với độ cao của cú nhảy, được xác định bởi vận tốc chuyển động của cơ thể theo phương thẳng đứng khi bắt đầu giai đoạn giậm nhảy và sự thay đổi về giá trị của nó trong giai đoạn giậm nhảy. Thông thường trong nhảy cao, ở cuối cự ly chạy đà (tức là lúc bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy) cơ thể vận động viên đang lao nhanh về phía trước, và cũng hơi hạ thấp xuống. Nói cách khác, vận tốc chuyển động của cơ thể theo phương thẳng đứng khi bắt đầu giai đoạn giậm nhảy thường có một giá trị âm nhỏ. Điều đó chứng tỏ rằng, với một thay đổi nhất định về vận tốc chuyển động của cơ thể theo phương thẳng đứng trong giai đoạn giậm nhảy, các vận động viên có mức vận tốc âm nhỏ nhất theo phương thẳng đứng lúc đặt chân giậm sẽ nhảy cao nhất. Trong bước chạy đà cuối cùng, nếu vận động viên đặt chân giậm nhảy sớm thì giai đoạn giậm nhảy sẽ bắt đầu trước khi trọng tâm cơ thể có tốc độ đi xuống theo phương thẳng đứng quá lớn. Để đạt được điều này, các vận động viên phải cố gắng thực hiện trình tự đặt từ chân lăng tới chân giậm nhảy một cách rất nhanh chóng. Nói cách khác, nhịp độ của bước đà cuối cùng phải rất nhanh. Nếu độ dài của bước chạy đà cuối cùng quá lớn thì thời điểm đặt chân giậm có thể chậm lại, và do đó sẽ tạo giá trị âm lớn đối với vận tốc thẳng đứng lúc giậm nhảy. Bảng 7.1 cho thấy độ dài bước chạy đà cuối cùng (SL1). Độ dài này được tính bằng mét, nhưng để tạo điều kiện so sánh giữa các vận động viên, nó còn được đo bằng tỷ lệ phần trăm chiều cao đứng của vận động viên.

Một yếu tố khác ảnh hưởng đến vận tốc chuyển động của cơ thể theo phương thẳng đứng khi bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy là việc trọng tâm cơ thể hạ thấp hơn trong những bước chạy đà cuối cùng. Có thể phân các vận động viên nhảy cao thành ba nhóm theo cách họ hạ thấp độ cao trọng tâm cơ thể trong giai đoạn chạy đà. Nhiều vận động viên hạ thấp trọng tâm cơ thể của họ sớm (hai hoặc ba bước trước khi giậm nhảy), và sau đó di chuyển hầu như bằng phẳng ở bước chạy đà cuối cùng. Những vận động viên này thường có vận tốc chuyển động xuống dưới của cơ thể theo phương thẳng đứng khi bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy ở mức trung bình. Nhóm thứ hai là các vận động viên giữ hông cao cho đến khi kết thúc chạy đà, và sau đó hạ thấp trọng tâm cơ thể ở bước cuối cùng. Những vận động viên này có vận tốc âm theo phương thẳng đứng lớn khi bắt đầu giai đoạn giậm nhảy, bất kể là họ đã đặt chân giậm nhảy vào mặt sân sớm như thế nào. Ở nhóm thứ ba, vận động viên hạ thấp trọng tâm cơ thể hơn theo cách giống như ở nhóm đầu tiên, nhưng sau đó lại nâng lên khá cao khi đạp chân lặn để vào bước cuối cùng. Những vận động viên này thường có vận tốc chuyển động xuống dưới của cơ thể theo phương thẳng đứng khi bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy rất nhỏ, điều đó là tốt, nhưng họ cũng bị lãng phí một phần trong việc hạ thấp trọng tâm cơ thể trước đây.

Kỹ thuật ở nhóm đầu tiên và thứ ba có cả lợi thế và bất lợi, nhưng kỹ thuật ở nhóm thứ hai dường như ít được chắc chắn hơn so với ở hai nhóm kia, do vận tốc chuyển động xuống dưới của cơ thể theo phương thẳng đứng phát sinh ngay tại thời điểm bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy.

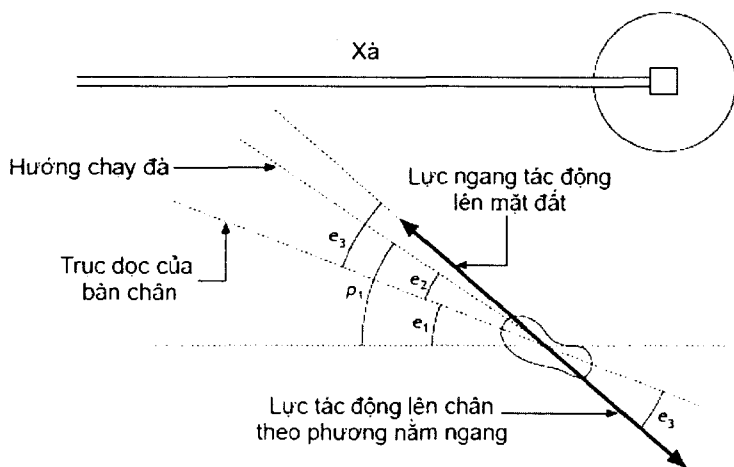
7.3.6. Hướng đặt chân giậm nhảy và khả năng xảy ra chấn thương mắt cá chân và bàn chân

Vào cuối cự ly chạy đà, đường di chuyển của trọng tâm cơ thể các vận động viên nhảy cao tạo với xà ngang một góc (p_1) (xem “góc tiếp cận” ở mục trên). Trong giai đoạn giậm nhảy, vận động viên đạp xuống dưới mặt sân theo phương thẳng đứng và cả phương nằm ngang. Lực theo phương nằm ngang do bàn chân tác động vào mặt sân trong giai đoạn giậm nhảy hướng ra phía trước, gần như trùng hợp với hướng chạy đà ở những bước cuối cùng, song cũng hơi lệch về phía hổ (đệm) nhảy.

Hầu hết các vận động viên nhảy cao đều đặt chân giậm nhảy vào mặt sân theo trục dọc của nó theo hướng cơ bản là không trùng với hướng chạy ở những bước đà cuối cùng và cũng không trùng với lực theo phương nằm ngang mà vận động viên sẽ tác động vào mặt sân: đó là song song với xà ngang hơn một trong hai hướng trên. Do phản lực theo phương nằm ngang mà bàn chân nhận được từ mặt đất không trùng với trục dọc của bàn chân, nên lực này có xu hướng làm cho bàn chân xoay vào trong. (Xem trình tự trong hình 7.14, thu được từ một băng video tốc độ cao

trong cuộc thi đấu quốc tế quốc tế tranh giải Vàng Gala Jump 1988 tại Genk, Bỉ - của B. Van Gheluwe). Theo thuật ngữ giải phẫu, sự xoay này được gọi là “quay sấp của khớp mắt cá chân”.

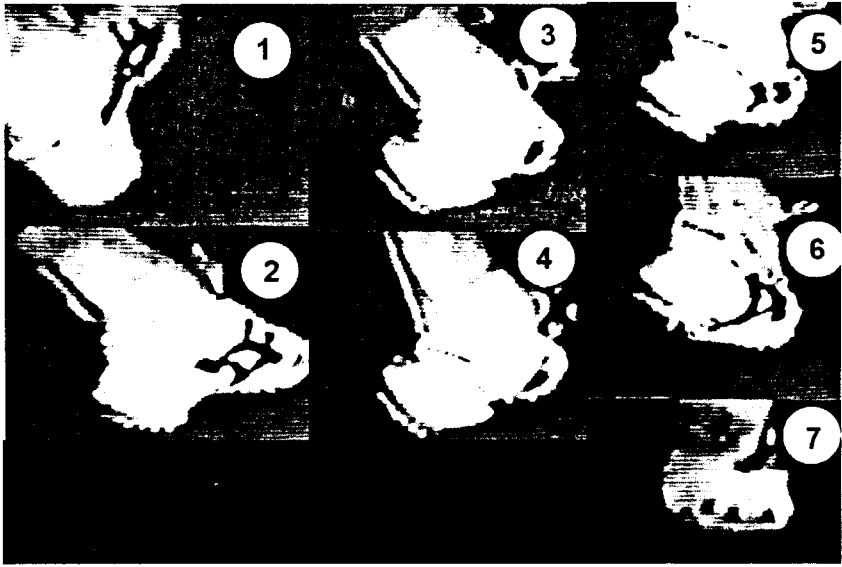
Nó kéo căng mặt gian khớp, và gây nên sự đè nén ở phía bên của khớp. Nếu quay sấp mạnh, có thể dẫn đến chấn thương mắt cá chân. Điều này cũng có nghĩa là sự chống đỡ của cạnh ngoài bàn chân, và hơn nữa là sự chống đỡ của cấu trúc theo chiều trước sau của cung bàn chân đối với mặt gian khớp của bàn chân trở nên ít hơn. Do đó rất có thể dẫn đến chấn thương chân.



Hình 7.13. Góc của bàn chân, của hướng chạy đà, và của lực tác động theo phương nằm ngang.

Cử động quay sấp của khớp cổ chân trong khi giậm nhảy xảy ra ở rất nhiều vận động viên nhảy cao. Tuy nhiên, rất khó nhìn thấy nếu không có hình ảnh phóng rất to của bàn chân. Do cử động quay sấp của khớp cổ chân thường không nhìn thấy được trong các bộ phim tiêu chuẩn hoặc băng ghi hình các cuộc thi nhảy cao nên không được hiển thị trong chuỗi đồ họa máy tính). Điều đó không có nghĩa là không có sự quay sấp cổ chân, mà chỉ là do chúng ta không thể nhìn thấy nó.

Trong chẩn đoán nguy cơ chấn thương mắt cá chân và bàn chân cho vận động viên nhảy cao, chúng ta cần tiến hành đo góc e_1 (góc giữa trục dọc của bàn chân và xà), e_2 (giữa trục dọc của bàn chân và hướng chạy của những bước đà cuối cùng) và e_3 (giữa trục dọc của bàn chân và lực tác động theo phương nằm ngang) trong mỗi bước nhảy (xem hình 7.13). Số đo giá trị của các góc được thể hiện trong bảng 7.1. Đối với chẩn đoán nguy cơ chấn thương, e_3 là góc quan trọng nhất. Mặc dù các giới hạn an toàn không được biết đến một cách chắc chắn vào thời gian này, bằng chứng được ghi lại cho thấy rằng các giá trị của e_3 nhỏ hơn 20° là hợp lý an toàn, giá trị giữa 20 và 25° là phần nào rủi ro, và giá trị lớn hơn 25° là nguy hiểm.



Hình 7.14. Xoay cổ chân trong bước giậm nhảy

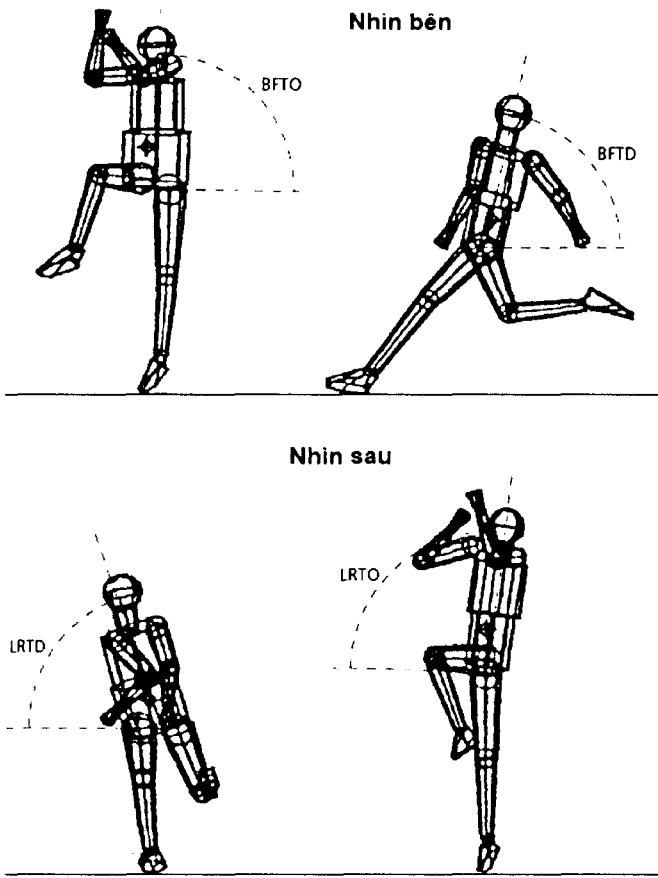
7.3.7. Độ nghiêng thân

Hình 7.15 hiển thị tư thế BFTD, BFTO, LRTD và LRTO, các góc nghiêng ra sau/về phía trước và sang trái /sang phải của thân người lúc bắt đầu và kết thúc giai đoạn giậm nhảy. Toàn bộ cơ thể thường nghiêng ra sau vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (BFTD). Sau đó, nó quay về phía trước, và vào cuối giai đoạn giậm nhảy, nó gần như thẳng đứng, và đôi khi vượt quá trực thẳng đứng (BFTO). Do vận động viên chạy đà theo đường cong nên toàn bộ cơ thể thường nghiêng sang bên hướng về phía tâm của đường cong vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (LRTD). Trong giai đoạn giậm nhảy, thân quay về phía bên phải (theo hướng bên trái ở các vận động viên giậm nhảy bằng chân phải), và vào cuối pha giậm nhảy, nó thường phần nào vượt ra khỏi trực thẳng đứng (LRTO) – vượt ra khỏi trực thẳng đứng đến 10^0 (LRTO = 100^0) vẫn có thể được xem là bình thường. Bảng 7.2 cũng cho thấy giá trị của ABF và ALR. Đây là những thay đổi xảy ra trong giai đoạn giậm nhảy ở các góc nghiêng của thân ra sau /về phía trước và sang trái/phải, tương ứng.

Các số liệu thống kê cho thấy có mối quan hệ giữa các góc nghiêng thân với vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của cơ thể các vận động viên vào cuối giai đoạn giậm nhảy, và do đó cũng có quan hệ với độ cao đỉnh điểm của trọng tâm cơ thể. Nếu hai vận động viên có tốc độ chạy đà, độ cao của trọng tâm cơ thể vào cuối cự ly chạy đà và động tác đánh tay trong giai đoạn giậm nhảy tương tự như nhau (xem bên dưới) thì vận động viên nào có BFTD, ABF, LRTD và ALR nhỏ hơn các giá trị thì sẽ có vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng vào cuối giai đoạn giậm nhảy lớn hơn. Điều này có nghĩa là, các vận động viên có độ nghiêng thân ra

sau vào lúc bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy và độ nghiêng sang bên hướng vào tâm của đường cong vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy có xu hướng đạt thành tích nhảy cao hơn. Ngoài ra, đối với một số giá trị nhất định về độ nghiêng ra sau vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy, các vận động viên có kinh nghiệm thay đổi góc độ này ít hơn trong giai đoạn giậm nhảy thường nhảy cao hơn, và đối với một số giá trị nhất định về độ nghiêng sang bên hướng vào tâm đường vòng vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy, các vận động viên có kinh nghiệm thay đổi góc độ này ở mức độ nhỏ hơn trong giai đoạn giậm nhảy cũng có xu hướng đạt thành tích nhảy cao hơn.

Tuy nhiên, trước khi đi đến kết luận và quyết định ngay rằng tất cả các vận động viên nhảy cao cần nghiêng thân ra sau và sang hai bên càng nhiều càng tốt vào



lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy, và sau đó thay đổi những góc nghiêng này càng ít càng tốt trong giai đoạn giậm, cần phải xem xét kỹ hai điểm. Thứ nhất, mức giá trị nhỏ của BFTD, ABF, LRTD và ALR không chỉ có liên quan về mặt thống kê học với vận tốc di chuyển theo phương thẳng đứng lớn hơn vào cuối giai đoạn giậm nhảy (đó là tốt), mà cả với mômen quay nhỏ (xem ở dưới), và do đó với độ xoay ít hiệu quả trong khi vượt qua xà. Ngoài ra, chúng ta không thể hoàn toàn chắc chắn rằng các mức giá trị nhỏ của BFTD, ABF, LRTD và ALR làm cho động tác giậm nhảy tạo ra vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của cơ thể lớn hơn và do đó đỉnh điểm độ cao của trọng tâm cơ thể đạt mức cao hơn.

Hình 7.15. Góc nghiêng ra sau/ về phía trước (BF) và góc nghiêng trái/ phải (LR) của thân người lúc bắt đầu (TD) và cuối (TO) giai đoạn giậm nhảy

Bảng 7.2. Các góc nghiêng của thân

Vận động viên	BFTD (°)	BFTO (°)	ΔBF (°)	LRTD (°)	LRTO (°)	ΔLR (°)	AAN (mm · m ⁻¹)	AAF (mm · m ⁻¹)	AAT (mm · m ⁻¹)	LLA (mm · m ⁻¹)	FLA (mm · m ⁻¹)
Nam											
Avdeyenko	71	92	21	76	104	28	4.3	10.5	14.8	24.0	38.7
Conway	76	83	7	79	95	16	6.7	12.2	18.9	21.2	40.2
Forsyth	71	86	15	76	104	28	10.0	10.7	20.8	24.9	45.6
Paklin	77	81	5	77	99	22	5.3	8.9	14.2	14.1	28.2
Partyka	75	89	14	76	92	16	3.3	7.1	10.4	15.4	25.8
Sjöberg	74	88	15	75	98	23	6.7	10.0	16.7	18.7	35.4
Sotomayor	71	77	5	79	101	22	5.9	10.8	16.7	24.5	41.2
Stones	74	90	16	73	91	19	3.4	8.3	11.7	18.3	30.0
Zvara	68	83	15	77	95	18	9.0	13.3	22.3	41.7	64.0
Nữ											
Acuff	73	87	14	78	92	14	0.5	7.1	7.5	19.1	26.6
Astafel	77	82	5	84	102	18	3.6	6.6	10.2	13.5	23.7
Beyer-Helm	79	94	15	74	96	23	2.3	7.0	9.3	15.6	24.9
Dragieva	76	82	6	80	92	12	1.3	7.3	8.5	21.8	30.4
Henkel	82	90	8	75	97	22	5.9	8.3	14.2	19.3	33.4
Kostadinova	73	84	12	77	93	17	-0.4	6.2	5.8	21.0	26.8
Quintero	73	91	18	79	104	26	4.4	10.0	14.4	18.2	32.7
Sommer	80	90	10	81	99	18	2.2	4.9	7.1	17.8	24.9

Góc nghiêng thân ra sau/ về phía trước khi bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (BFTD) và vào cuối của giai đoạn giậm nhảy (BFTO) và sự thay đổi các góc này trong giai đoạn giậm nhảy (ABF), nghiêng trái/ phải vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (LRTD) và vào cuối của giai đoạn giậm nhảy (LRTO), và sự thay đổi các góc này trong giai đoạn giậm nhảy (ALR)], hoạt động tích cực của cánh tay gần với xà ngang nhất (AAN) cánh tay ở xa xà ngang nhất (AAF), hoạt động tích cực của hai cánh tay (AAT), hoạt động tích cực của chân lẳng (LLA), hoạt động tích cực của ba chi thể tự do (FLA)- Theo Zatsiorsky, 2000.

Chúng ta vẫn chưa hiểu rõ các cơ chế nguyên nhân – kết quả đằng sau mối tương quan thống kê học này, và nó có thể cho ta nhiều cách giải thích khác, chẳng hạn như sau: những vận động viên yếu hơn không có khả năng tạo ra sức nâng lớn, chủ yếu là bởi vì họ yếu. Vì vậy, họ không thể đạt thành tích nhảy ở mức rất cao. Điều này làm cho họ đạt tới đỉnh cao của cú nhảy tương đối sớm sau khi giậm nhảy. Do đó, họ sẽ muốn xoay nhanh hơn trên không để qua được xà bình thường ngang mức ở đỉnh cao của cú nhảy. Để làm được điều này, họ sẽ phải tạo ra mômen quay lớn hơn trong quá trình giậm nhảy, do đó sẽ cần đến các giá trị lớn hơn của BFTD, ABF, LRTD và ALR.

Chúng ta không thể khẳng định cách giải thích nào là đúng: không nghiêng thân ảnh hưởng đến độ cao của cú nhảy, hay sức lực yếu của các vận động viên và (gián tiếp) độ nghiêng thân có ảnh hưởng đến độ cao của cú nhảy? Hay cả hai cách

giải thích này đều có phần đúng? Tại thời điểm này, chúng ta vẫn chưa khẳng định được.

7.3.8. Các động tác đánh tay và lãng chân

Các động tác của hai tay và của chân lãng trong giai đoạn giậm nhảy rất quan trọng đối với thành tích nhảy cao. Khi các động tác đánh tay và lãng chân lên cao, tốc độ trong giai đoạn giậm nhảy sẽ tạo ra phản lực ép xuống phía dưới cơ thể, giúp cho chân giậm nhảy tác dụng một lực lớn hơn vào mặt sân. Lực theo phương thẳng đứng đi xuống tác dụng lên mặt đất, sẽ tạo ra, theo phản lực, mặt đất sẽ tác động vào cơ thể vận động viên một lực tác động ngược theo phương thẳng đứng lên phía trên, tạo ra vận tốc chuyển động ở cuối của giai đoạn giậm nhảy lớn hơn, và do đó thành tích nhảy sẽ cao hơn.

Động tác lãng chân được thực hiện nhờ hoạt động của cơ thẳng đùi cùng với hoạt động của cơ dựng gai (cơ uốn cột sống). Sự tác động của những cơ này được bắt đầu trước khi đặt chân giậm nhảy xuống điểm chống tựa. Sau khi đầu gối của chân giậm nhảy qua trục thẳng đứng, cơ tứ đầu đùi thực hiện duỗi khớp gối chân lãng. Trong khi đó, phần trước cơ đen-ta cùng với cơ ngực to tạo đà cho hai tay, ngược lại, phần sau cơ delta thực hiện hãm chúng tích cực. Do vậy, tốc độ và góc bay được xác định bởi việc sử dụng tối đa những nội lực và ngoại lực tác động lên cơ thể vận động viên vào thời điểm giậm nhảy, trong khi đó cần phải đảm bảo sự phối hợp chặt chẽ lực giậm nhảy và gia tốc những mắt xích của chân lãng. Ngoài ra, tính liên tục của từng mắt xích chỉ dưới khi tham gia thực hiện động tác đá lãng cũng rất cần thiết. Độ cao tối đa trên không của vận động viên nhảy cao được phân thành ba dạng: độ cao của trọng tâm chung của cơ thể vận động viên nhảy vào thời điểm đặt chân xuống điểm chống tựa, độ cao nâng trọng tâm chung của cơ thể ở thời điểm giậm nhảy và độ cao bay trên không của trọng tâm chung của cơ thể vận động viên nhảy. Sự biến đổi của động năng và thế năng trong giai đoạn chống của chân đệm nhảy trong vòng 0.06s đầu tiên diễn ra theo dạng hình sin. Khi động năng và thế năng giảm, trọng tâm chung của cơ thể sẽ hạ xuống 3,3cm, còn tốc độ sẽ giảm đi 1,40m/s.

Không có cách nào là hoàn hảo để đo lường hoạt động của hai tay và chân lãng trong giậm nhảy của nhảy cao. Hiện nay, hành động tích cực của cánh tay thường được biểu thị bằng phạm vi chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng lực của mỗi cánh tay trong giai đoạn giậm nhảy (tương ứng với giới hạn trên cùng của thân (vai), nhân với phân số của toàn bộ khối lượng cơ thể tương ứng với cánh tay, và chia cho chiều cao đứng của đối tượng. Tương tự, tính tích cực hoạt động của chân lãng cũng được xác định bằng phạm vi chuyển động thẳng đứng của trọng lực của

chân lãng trong giai đoạn giậm nhảy (tương ứng với điểm thấp nhất của thân), nhân với phân số của toàn bộ khối lượng cơ thể tương ứng với chân lãng, và chia cho chiều cao đứng của đối tượng. Trong thực tế, điều này có nghĩa là tích tích cực hoạt động của mỗi chi thể tự do này được thể hiện bằng số milimét chuyển động của chân và tay đã góp phần để nâng trọng lực của toàn bộ cơ thể lên cao trong giai đoạn giậm nhảy, trên mỗi mét của chiều cao đứng. Theo cách xác định trên, tích tích cực hoạt động của mỗi chi thể tự do (hai tay và chân lãng) sẽ xét đến khối lượng của các chi, vận tốc trung bình thẳng đứng của nó trong giai đoạn giậm nhảy, và thời gian của chuyển động thẳng đứng này. Nó cho phép so sánh vận động viên này với một vận động viên khác, và cũng có thể so sánh trực tiếp hành động của chân lãng với các hoạt động của hai tay.

Để phát huy đến mức tốt nhất tác dụng của động tác đánh tay, cả hai cánh tay phải vung từ sau ra trước - lên trên một cách mạnh mẽ trong giai đoạn giậm nhảy. Trong khi đánh tay, khớp khuỷu không được gấp quá mức - góc độ tốt nhất của khuỷu tay hầu như là ở khoảng giữa tư thế duỗi thẳng hoàn toàn và tư thế gấp 90° .

Một số vận động viên nhảy cao (trong đó có nhiều vận động viên nữ) không chuẩn bị đánh tay một cách chính xác trong các bước chạy đà cuối cùng, và vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy thì tay ở phía gần xà đã ở phía trước cơ thể thay vì ở đằng sau nó. Từ vị trí này, cánh tay sẽ không thể để đánh mạnh về phía trước và lên trên trong thời gian giậm nhảy, và các vận động viên này thường chỉ đạt được AAN với một giá trị nhỏ (hoặc thậm chí là giá trị âm). Những vận động viên này nên luyện tập đưa cả hai tay ra sau trong một hoặc hai bước chạy đà cuối cùng, để cả hai cánh tay sau đó có thể đánh ra trước - lên cao một cách mạnh mẽ trong giai đoạn giậm nhảy. Việc luyện tập động tác cánh đánh tay này sẽ phải mất thời gian và nỗ lực, nhưng nó sẽ mang đến thành tích nhảy cao hơn. Nếu vận động viên không thể chuẩn bị tốt điều kiện để thực hiện động tác phối hợp đánh cả hai tay thì cánh tay ở phía trước phải ở trong một vị trí thấp vào lúc bắt đầu của giai đoạn giậm nhảy. Bằng cách đó, nó có thể được vung lên cao trong thời gian giậm nhảy, mặc dù thường là sẽ không hoàn toàn mạnh mẽ như với một động tác phối hợp đồng thời của cả hai tay.

7.3.9. Thời gian giậm nhảy

Thời gian giậm nhảy bị ảnh hưởng bởi một loạt các yếu tố. Trong đó có những yếu tố có lợi cho môn nhảy và cũng có cả những yếu tố bất lợi. Thời gian giậm nhảy ngắn đi cùng với động tác mạnh mẽ của chân giậm nhảy (tốt), nhưng cũng với hành động yếu của tay và với một vị trí trọng tâm cao vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (xấu). Tóm lại, thời gian giậm nhảy là một thông số cho biết thông tin, nhưng độ dài của thời gian giậm nhảy, bản thân nó không nhất thiết chỉ ra kỹ thuật tốt hay xấu.

7.3.10. Thay đổi vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang trong giai đoạn giậm nhảy

Như đã được giải thích, vận động viên cần phải có một vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang lớn ngay tức khắc tại thời điểm trước khi chân giậm nhảy được đặt vào mặt đất để bắt đầu giai đoạn giậm nhảy, chính vì thế mà không được để mất vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang trước thời điểm này. Tuy nhiên, vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang nên được giảm đáng kể trong giai đoạn giậm nhảy. Những tổn thất về vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang mà tất cả các vận động viên nhảy cao trải nghiệm trong giai đoạn giậm nhảy là do vận động viên đẩy về phía trước trên mặt đất trong giai đoạn giậm nhảy, và do đó nhận được một phản lực ngược lại từ mặt đất. Những tổn thất về vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang trong giai đoạn giậm nhảy là một thành phần bản chất của quá trình giậm nhảy, và chúng có liên quan với việc tạo ra vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng. Nếu một vận động viên không bị mất vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang trong giai đoạn giậm nhảy, có thể là một dấu hiệu cho thấy các vận động viên đã không sử dụng tốt vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang được tạo ra trong quá trình chạy đà.

Có thể nói rằng các vận động viên nên tạo ra được một vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang lớn trong thời gian chạy đà để nó có thể bị mất trong giai đoạn giậm nhảy, khi các vận động viên có được vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng.

7.3.11. Độ cao và vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể vào cuối của giai đoạn giậm nhảy

Đỉnh của độ cao mà trọng tâm cơ thể vượt qua xà ngang được xác định vào cuối giai đoạn giậm nhảy. Nó được xác định bởi chiều cao và vận tốc thẳng đứng của trọng tâm cơ thể vào cuối giai đoạn giậm nhảy.

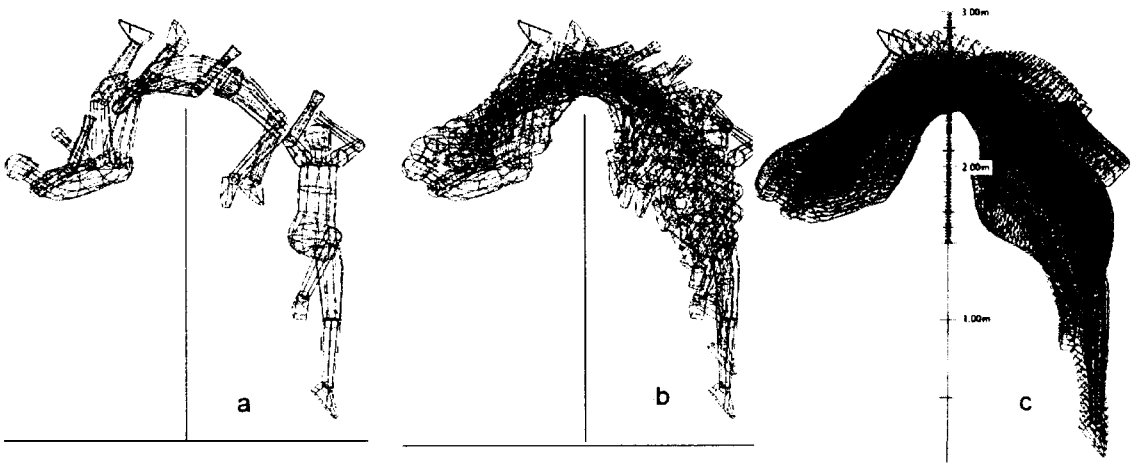
Ở thời điểm chân giậm nhảy hết tiếp xúc với mặt đất, trọng tâm cơ thể vận động viên nhảy cao thường ở độ cao vào khoảng giữa 68% và 73% chiều cao đứng của vận động viên đó. Điều này có nghĩa là những vận động viên nhảy cao có chiều cao đứng cao sẽ có lợi thế: trọng tâm cơ thể họ sẽ ở vị trí cao hơn ngay tại thời điểm họ rời khỏi mặt đất

7.3.12. Độ cao của xà ngang, độ cao đỉnh điểm của trọng tâm cơ thể, và độ cao vượt qua xà

Giá trị thực của một bước nhảy cao nói chung là không rõ ràng: nếu xà ngang bị rơi xuống do có sự va chạm thì theo luật là đã có phạm lỗi và thành tích của vận

động viên không được tính mặc dù thanh xà được đặt ở độ cao thấp hơn mà lẽ ra đã được vượt qua thành công; nếu thanh xà ngang vẫn nằm trên giá đỡ thì thành tích vẫn được tính cho vận động viên ở mức xà đã được đặt cho dù vận động viên có đủ khoảng trống khi vượt qua xà hay đã để xà bị nén xuống trong khi vượt qua nó.

Sử dụng mô hình hóa trên máy tính và đồ họa, có thể để ước tính độ cao tối đa xấp xỉ một vận động viên sẽ có thể để vượt qua mà không chạm vào xà ngang trong một bước nhảy (độ cao qua xà), bất kể các bước nhảy thực tế là chính thức qua xà hợp lệ hoặc có phạm lỗi. Hình 7.16 cho thấy ba hình ảnh qua xà của một vận động viên nhảy cao với mức xà ở độ cao 2,25 m. Hình 7.16b cho thấy tất cả các hình ảnh thu được thông qua các phân tích phim quay lại những pha vận động viên đang vượt qua xà. Trong hình 7.16c ta thấy được hình ảnh tập hợp toàn bộ các điểm ứng với giá trị trung bình của các vị trí trong không gian của một vận động viên nhảy cao, được tính thông qua chương trình xử lý số liệu gọi là *đường cong nội suy*. Thang giá trị trong hình ảnh tập hợp bão hòa các điểm này cho thấy trong bước nhảy này, vận động viên chắc chắn có thể qua xà trong mặt phẳng tiêu chuẩn ở độ cao 2,34 m mà không chạm vào nó. Xem xét kỹ hơn hình 7.16c cũng thấy rằng độ cao tối đa của khu vực “trống” dưới cơ thể là không hoàn toàn tập trung ở bên trên xà ngang: nếu vận động viên này đã thực giậm nhảy gắn sát với mặt phẳng tiêu chuẩn, anh ta chắc chắn sẽ có thể vượt qua xà ở độ cao tối đa tuyệt đối là 2,35 m mà không chạm vào nó.



Hình 7.16. Tất cả các hình ảnh vận động viên đang vượt qua xà thu được thông qua phân tích các phim.

Nguyên nhân chính của việc qua xà không thành công là: giậm nhảy quá gần hoặc quá xa xà ngang, mômen xoay theo các trục yếu, các mặt phẳng cơ thể thể hiện không rõ ràng, uốn lưng không tốt, và chọn thời điểm uốn/không uốn không thích hợp.

7.3.13. Cự ly giậm nhảy

Khoảng cách giữa các ngón chân của bàn chân giậm nhảy và mặt phẳng của xà ngang và các điểm chuẩn được gọi là "cự ly giậm nhảy". Giá trị của khoảng cách này được thể hiện trong bảng 7.2, và nó là quan trọng vì nó xác định vị trí đỉnh điểm của cú nhảy so với xà ngang. Nếu vận động viên giậm nhảy cách xà quá xa, trọng tâm cơ thể sẽ đạt độ cao tối đa của nó trước khi qua mặt phẳng tiêu chuẩn, và vận động viên có thể sẽ rơi vào xà ngang, nếu vận động viên giậm nhảy quá gần xà ngang, sẽ có nhiều nguy cơ lớn chạm vào xà trong khi trọng tâm cơ thể đang được nâng lên, trước khi đạt chiều cao tối đa của nó. Mỗi vận động viên, thông thường, cần một cự ly giậm nhảy khác nhau. Giá trị tối ưu đối với cự ly giậm nhảy của mỗi vận động viên là khoảng cách mà sẽ làm cho trọng tâm cơ thể của vận động viên nhảy cao đạt đến độ cao tối đa của nó nhiều hơn hoặc ít ngay phía trên xà ngang, và nó sẽ phụ thuộc chủ yếu vào hướng của bước chạy đà cuối cùng và vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang còn lại mà vận động viên bảo tồn được sau khi hoàn thành giai đoạn giậm nhảy.

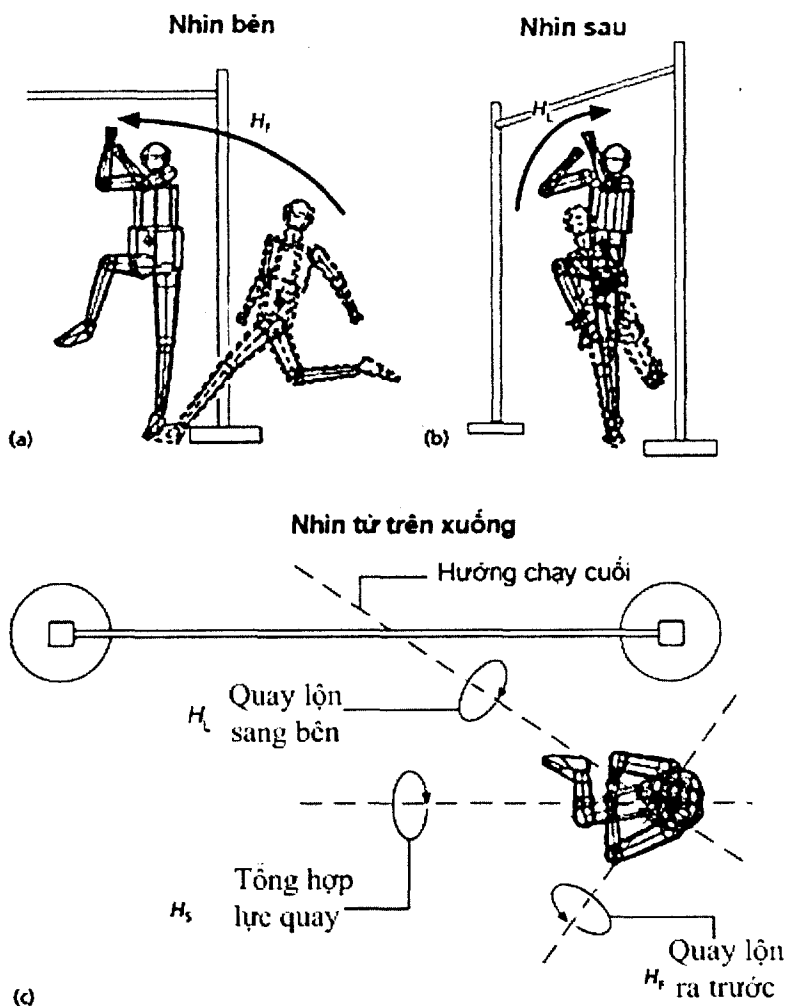
Nói chung, những vận động viên tiếp cận vuông góc với xà ngang ở các bước chạy đà cuối cùng (được biểu thị bởi p_2 lớn và góc p_1 trong bảng 7.2) cũng sẽ bay theo hướng vuông góc với xà ngang sau khi hoàn thành giai đoạn giậm nhảy (chỉ ra bởi p_0 góc lớn trong bảng 7.2), và họ sẽ cần phải thực hiện giậm nhảy cách xa xà hơn. Nói chung, vận động viên có tốc độ nhanh hơn trong các bước chạy đà cuối cùng cũng sẽ có tốc độ chuyển động theo phương nằm ngang còn dư sau khi giậm nhảy, do đó, họ sẽ bay qua các cự ly cắt ngang lớn hơn sau khi hoàn toàn tắt giậm nhảy lớn hơn so với những vận động viên có tốc độ chậm hơn, và họ cũng sẽ cần phải giậm nhảy ở cách xa xà hơn để trọng tâm cơ thể đạt độ cao tối đa của nó lớn hơn hoặc ít ngay ở trên xà ngang. Các vận động viên nhảy cao, sau mỗi lần nhảy không thành công, cần phải có khả năng đánh giá được điểm giậm nhảy có quá gần hoặc quá xa xà ngang hay không. Điều này có thể được thực hiện bằng cách chú ý đến thời điểm chạm xà. Nếu sau khi giậm nhảy một lúc lâu mới chạm vào xà, điều này có thể là xà bị chạm trong khi cơ thể vận động viên đang rơi xuống từ đỉnh cao nhất của bước nhảy, gợi ý rằng vận động viên đã giậm nhảy ở quá xa xà ngang, và trong trường hợp này vận động viên phải dịch chuyển điểm bắt đầu chạy đà vào gần hơn một chút với xà ngang, nếu xà bị đẩy ra rất sớm ngay sau khi giậm nhảy, điều này có lẽ là xà đã bị đẩy đi trong khi vận động viên vẫn đang trên đường bay hướng tới đỉnh cao nhất của bước nhảy, ngụ ý rằng điểm giậm nhảy quá gần với xà ngang, và trong trường hợp đó, vận động viên phải chuyển dịch điểm bắt đầu chạy đà ra xa hơn một chút.

7.3.14. Mômen quay trong nhảy cao

Mômen quay (hay mômen động lượng) là một yếu tố cơ học làm cho các vận động viên xoay người. Vận động viên nhảy cao cần một mômen quay hợp lý để thực hiện các chuyển động quay trên không cần thiết cho việc qua xà một cách chính xác. Vận động viên có được mômen quay trong giai đoạn giậm nhảy, thông qua lực của chân giậm nhảy tác động lên mặt đất, không thể thay đổi được mômen quay này sau khi các vận động viên rời khỏi mặt đất. Kỹ thuật qua xà trong kiểu nhảy uốn thân có thể được mô tả gần như động tác nhào lộn xoay trục dọc. Ở mức độ lớn, xoay vòng xoắn (làm cho vận động viên quay lưng vào xà ngang trong phần rơi xuống của đường bay) được tạo ra bằng cách đánh chân lẳng lên cao và hơi ra xa xà ngang trong quá trình giậm nhảy, và cũng có thể bằng cách chủ động xoay vai và cánh tay khi vừa giậm nhảy theo hướng xoay mong muốn. Những hành động này tạo ra một lực xoay theo trục dọc cơ thể, đó chính là mômen quay. Động tác nhào lộn quay theo các trục ngang, mà sẽ làm cho vai di chuyển xuống thấp trong khi đầu gối di chuyển lên cao, đạt được do hai thành phần: quay ra trước và quay sang bên.

Mômen quay trong động tác quay ra trước

Trong giai đoạn giậm nhảy, vận động viên sẽ tạo ra mômen quay quanh trục phải - trái vuông góc với hướng chuyển động ở những bước chạy đà cuối cùng (Hình 7.16a và trình tự ở trên cùng của hình 7.17. Mômen quay ra trước này tương tự như mômen quay được tạo ra khi một người nhảy ra khỏi chiếc xe buýt đang chạy đối diện với hướng chuyển động của xe buýt: sau khi bàn chân rơi xuống đất, xu hướng thường là bị xoay về phía trước và ngã sấp mặt xuống. Điều này có thể được mô tả như mômen quay được tạo ra khi dừng một chuyển động thẳng. Các góc độ nghiêng của thân lúc bắt đầu và lúc kết thúc giai đoạn giậm nhảy (xem “Độ nghiêng thân” ở trên) có tương quan về mặt thống kê học với mômen quay đạt được bởi các vận động viên. Những thay đổi lớn về độ nghiêng thân từ tư thế ngã ra sau hướng thẳng lên cao trong giai đoạn giậm nhảy kết hợp với một tổng giá trị mômen quay ra trước lớn hơn. Điều này có thể hiểu được vì những vận động viên có tổng giá trị mômen quay lớn ở cuối của giai đoạn giậm nhảy cũng có nhiều khả năng có được tổng giá trị mômen quay lớn ngay trong giai đoạn giậm nhảy, sẽ góp phần tạo ra vòng quay lớn hơn về phía trước của cơ thể nói chung và của thân trên trong giai đoạn giậm nhảy.

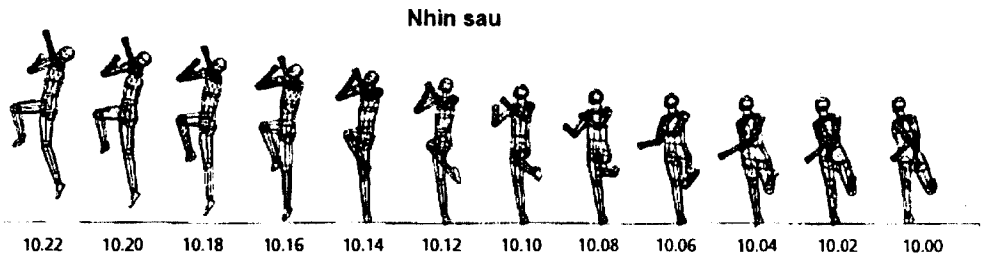
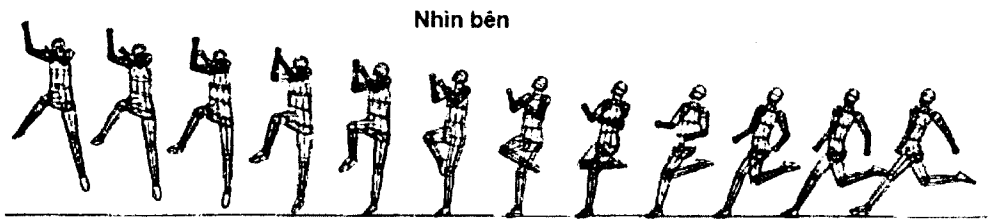


Hình 7.17. (a) Mômen quay ra trước theo trục phải - trái, (b) mômen quay sang bên, (c) mômen quay chung

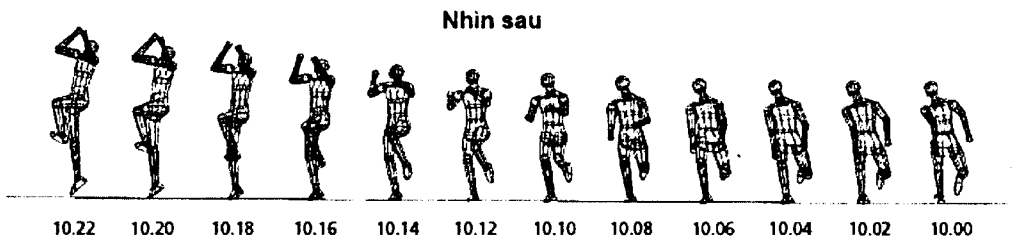
Các thống kê cho thấy rằng những vận động viên nhảy với độ nghiêng ra sau (ngả sau) rất lớn vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (góc BFTD nhỏ) không tạo được nhiều mômen quay ra trước như các vận động viên khác. Lý do giải thích cho điều này vẫn chưa được làm rõ.

Mômen quay ra trước có thể bị ảnh hưởng bởi hành động đánh tay và đánh chân lãng. Đánh tay và lãng chân với biên độ rộng khi giậm nhảy có thể giúp các vận động viên nhảy cao hơn (xem "các động tác đánh tay và lãng chân" ở trên).

Tuy nhiên, khi nhìn từ phía bên (thứ tự đầu trong hình 7.19), cũng thấy được các yếu tố quay ra sau (theo chiều kim đồng hồ) của các chi thể này có thể làm giảm tổng giá trị mômen quay của cơ thể.



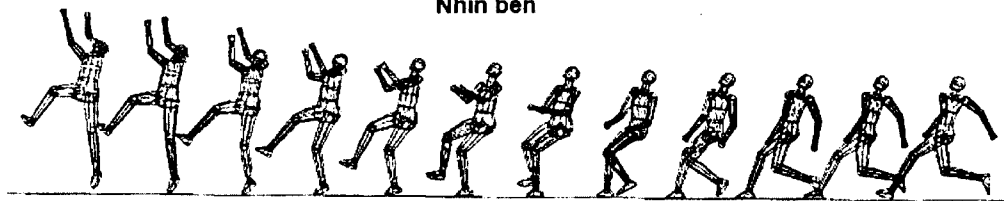
Hình 7.18. Giậm nhảy trong một bước nhảy tiêu chuẩn. Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc so sánh bước nhảy này với bước nhảy khác, các giá trị $t = 10,00s$ được ấn định một cách tùy ý trong tất cả các lần nhảy ngay tại thời điểm chân giậm vừa chạm đất để bắt đầu giai đoạn giậm nhảy



Hình 7.19. Hình ảnh quá trình giậm nhảy có đánh tay thẳng ra phía trước nhìn từ phía sau và phía bên.

Để giảm bớt vấn đề này, một số vận động viên nhảy cao hơi quay về phía xà ngang ở bước chạy đà cuối cùng, và sau đó xoay cánh tay theo đường chéo về phía trước và ra xa xà trong giai đoạn giậm nhảy (xem hình 7.20). Do cử động đánh tay theo đường chéo này không làm cho thân người hoàn toàn ngả ra sau, nên nó ảnh hưởng ít hơn tới việc tạo ra mômen quay ra trước theo trục ngang của cơ thể.

Nhìn bên



Nhìn sau



10.22 10.20 10.18 10.16 10.14 10.12 10.10 10.08 10.06 10.04 10.02 10.00

Hình 7.20. Động tác giậm nhảy đánh tay theo đường chéo, nhìn từ mặt bên và phía sau

Mômen quay nghiêng

Trong giai đoạn giậm nhảy, mômen quay cũng được tạo ra quanh trục ngang trùng với hướng của bước chạy đà cuối cùng (xem hình 7.17b và trình tự trong hình 7.18 dưới). Trong hình ảnh nhìn từ phía sau của vận động viên giậm nhảy bằng chân trái, thành phần mômen quay này xuất hiện dưới dạng quay theo chiều kim đồng hồ.

Nếu vận động viên chạy đà theo đường thẳng, nhìn từ phía sau, vận động viên sẽ ở thế thẳng đứng tại thời điểm bàn chân chạm sân và nghiêng về phía xà ngang ở cuối giai đoạn giậm nhảy. Do tư thế nghiêng này làm cho độ cao của trọng tâm cơ thể bị hạ xuống thấp hơn vào cuối giai đoạn giậm nhảy, do đó, việc tạo ra mômen quay sẽ làm giảm quãng đường chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể trong giai đoạn giậm nhảy. Tuy nhiên, nếu vận động viên chạy đà theo đường vòng, độ nghiêng ban đầu của vận động viên đó hướng về bên trái ở cuối của bước chạy đà tiếp cận, có thể cho phép vận động viên có được tư thế thẳng đứng ở cuối giai đoạn giậm nhảy (xem hình 7.17b và hình 7.18 dưới). Vị trí thẳng đứng cuối cùng góp phần nâng trọng tâm cơ thể lên đến vị trí cao hơn vào cuối của giai đoạn giậm nhảy. Ngoài ra, độ nghiêng sang bên lúc đầu góp phần đưa trọng tâm cơ thể xuống thấp vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy. Vì vậy chạy đà theo đường vòng, kết hợp với tạo mômen quay nghiêng sang bên sẽ góp phần làm tăng giới hạn chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể trong giai đoạn giậm nhảy, và do đó cho phép nâng cơ thể lên cao hơn so với khi chạy đà theo đường thẳng như ở trên. Tuy nhiên, ở đây, cần phải thận trọng với một số điểm, do các số liệu thống kê cho thấy rằng các vận động viên nhảy với độ nghiêng quá mức về phía tâm của

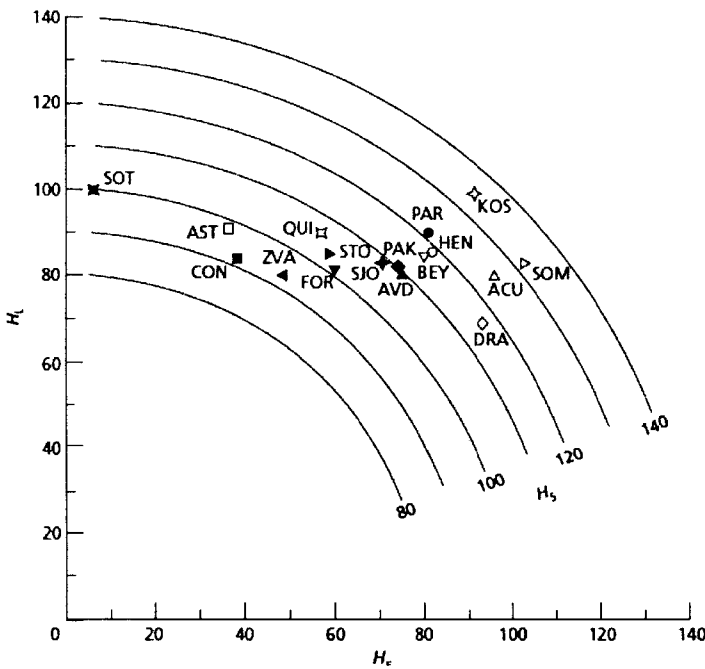
đường vòng vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy sẽ có xu hướng tạo ra tổng giá trị mômen quay nhỏ hơn so với các vận động viên nhảy cao với độ nghiêng vừa phải. Nguyên nhân của hiện tượng này vẫn chưa được giải thích rõ ràng.

Có một mối tương quan thống kê học giữa những thay đổi lớn về độ nghiêng trái/ phải của thân mình trong giai đoạn giậm nhảy và các tổng giá trị lớn của mômen quay nghiêng sang bên ở cuối giai đoạn giậm nhảy.

Sự tương quan này có ý nghĩa bởi vì những vận động viên có tổng giá trị mômen quay nghiêng sang bên lớn sẽ có tổng giá trị lớn của nó ngay trong giai đoạn giậm nhảy, góp phần tạo ra một vòng quay lớn hơn của thân mình trong giai đoạn giậm nhảy từ tư thế nghiêng sang bên ban đầu hướng tới phương thẳng đứng.

Ở điểm này, cần phải lưu ý rằng mặc dù những thay đổi lớn về độ nghiêng trong giai đoạn giậm nhảy, và đến một mức độ nhất định, các độ nghiêng nhỏ ra sau và sang bên của thân mình vào lúc bắt đầu giai đoạn giậm nhảy (tức là giá trị BFTD và LRTD lớn) có mối tương quan với mômen quay tăng, chúng cũng có mối tương quan thống kê học với vận tốc di chuyển theo phương thẳng đứng giảm vào cuối giai đoạn giậm nhảy, và do đó với độ cao tối đa của trọng tâm cơ thể giảm tại đỉnh điểm của bước nhảy. Điều này hỗ trợ cho trực giác của vận động viên nhảy cao - yếu tố cần thiết để tìm kiếm một sự dung hòa giữa việc tạo ra sức nâng và tạo ra mômen quay.

Hàng dưới trong hình 7.20 cho thấy rằng ở vận động viên giậm nhảy bằng



chân trái, động tác đánh tay theo đường chéo có liên quan với chuyển động theo chiều kim đồng hồ của cánh tay với góc nhìn từ phía sau, và do đó góp phần vào việc tạo ra mômen quay nghiêng sang bên.

Các vận động viên nhảy cao thường có mômen quay nghiêng sang bên lớn hơn so với ra trước theo trục ngang. Tổng hợp của hai thành phần lực này tương đương với mômen quay tổng hợp H_S (Hình 7.17c). Mômen quay theo trục ngang - ra trước (H_F), nghiêng sang bên (H_L) và tổng

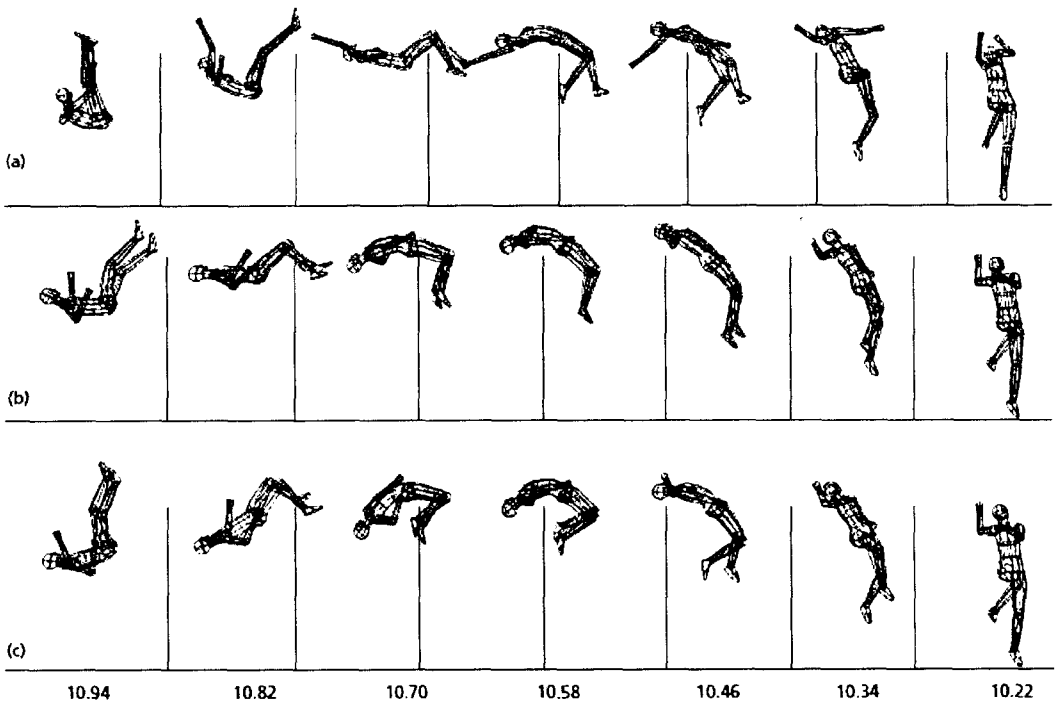
Hình 7.21. Mômen quay theo trục nằm ngang - ra trước (H_F), nghiêng sang bên (H_L) và tổng hợp (H_S)

hợp (H_5) của các vận động viên đã được phân tích được trình bày dưới dạng đồ họa trong hình 7.21. Nói chung, vận động viên có mômen quay lớn hơn sẽ có xu hướng quay nhanh hơn.

Vận động viên nhảy cao nữ mômen quay có xu hướng lớn hơn so với vận động viên nhảy cao nam. Đó là do phụ nữ nhảy không quá cao, do đó họ cần xoay nhanh hơn để bù đắp cho lượng thời gian từ lúc giậm nhảy đến lúc lên đến độ cao đỉnh điểm ngắn hơn.

Điều chỉnh các tư thế ở trên không

Sau khi hoàn thành giậm nhảy, đường bay của trọng tâm cơ thể đã được xác định, và vận động viên không có cách gì để có thể thay đổi được nó. Tuy nhiên, điều này không có nghĩa rằng các đường chuyển động của tất cả các bộ phận của cơ thể được xác định. Cái không thể thay đổi được là đường bay của điểm đại diện cho tư thế trung bình của tất cả các bộ phận cơ thể (trọng tâm cơ thể), nhưng có thể di chuyển một bộ phận cơ thể theo một hướng, nếu các bộ phận khác di chuyển theo hướng ngược lại. Sử dụng nguyên tắc này, sau khi vai vượt qua xà ngang vận động viên có thể nâng cao hông bằng cách hạ thấp đầu và chân. Ở một vị trí nhất định của trọng tâm cơ thể, đầu càng xa và chân được hạ xuống thì hông sẽ được nâng lên càng cao. Đây là lý do thực hiện tư thế uốn lưng khi qua xà.



Hình 7.22. Sự khác biệt về sự phối hợp của ba lần nhảy

Nói rộng ra là chuyển động quay trên không của vận động viên nhảy cao cũng được xác định một khi đã hoàn thành giai đoạn giậm nhảy, bởi vì không thể thay đổi được mômen quay trong giai đoạn trên không. Tuy nhiên, vẫn có thể thực hiện một số thay đổi trong chuyển động quay này bằng cách làm chậm lại phép quay của một số bộ phận cơ thể, làm cho các bộ phận khác của cơ thể tăng tốc độ để bù vào, và ngược lại. Ví dụ, vận động viên trong hình 7.22^a đã làm chậm (và thậm chí đảo ngược) vòng quay ngược chiều kim đồng hồ của chân giậm ngay sau khi giai đoạn giậm nhảy đã được hoàn thành, bằng cách co gối và mở rộng phần hông ($t = 10,34$ đến $10,58$ s). Theo quy luật, điều đó giúp thân mình xoay nhanh hơn ngược chiều kim đồng hồ, và do đó góp phần hình thành các tư thế nằm ngang của thân tại $t = 10,58$ s. Sau đó, từ $t = 10,58$ đến $t = 10,82$ s.

Các quy luật hoạt động và phản ứng vừa mô tả là sự luân chuyển và xoay vòng, cả hai đều dẫn đến các yếu lĩnh kỹ thuật qua xà ưỡn lưng – không ưỡn điển hình của các vận động viên nhảy cao. Vận động viên cần ưỡn lưng để nâng hông, và sau đó dừng ưỡn để tăng tốc độ quay của chân. Khi lưng không ưỡn thì chân đi lên, nhưng hông hạ xuống.

Vì vậy, thời gian thực hiện các hoạt động là rất quan trọng: Nếu dừng ưỡn lưng quá muộn, bắp chân sẽ gạt xà rơi xuống, nếu dừng ưỡn lưng quá sớm, các vận động viên sẽ "ngồi" trên xà và làm nó rơi xuống.

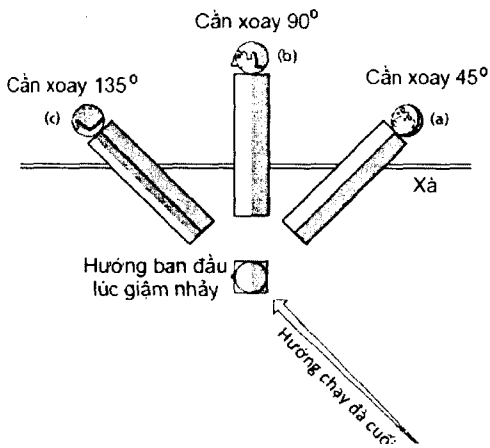
Một cách khác, qua đó chuyển động quay có thể được thay đổi bằng cách thay đổi mô men quán tính. Mô men quán tính xác định các phần khác nhau gần với trục quay hoặc xa nó. Khi các bộ phận của cơ thể đang ở xa trục quay, mô men quán tính của cơ thể lớn, sẽ làm giảm tốc độ quay quanh trục. Ngược lại, nếu hầu hết các bộ phận của cơ thể được thu lại gần trục quay, mômen quán tính nhỏ, tốc độ vòng quay sẽ tăng lên. Điều đó thường hay xảy ra ở các vận động viên trượt băng nghệ thuật: khi họ đưa hai tay về gần hơn với trục quay thẳng đứng, họ sẽ quay nhanh hơn. Trong nhảy cao, chuyển động quay quanh trục nằm ngang song song với xà (tức là lộn) nói chung là quan trọng hơn quay theo trục dọc, nhưng cùng một nguyên tắc là đều có tác động. Những bước nhảy thể hiện trong hình 7.22b và c cả hai đều có cùng trị số mômen quay quanh trục ngang như nhau. Tuy nhiên, vận động viên trong hình 7.22c đã quay nhanh hơn: cả hai vận động viên nhảy đều có cùng độ nghiêng tại $t - 10,22$ s, nhưng tại $t - 10,94$ vận động viên trong hình 7.22c có tư thế xoay ngược ra sau hơn so với vận động viên trong hình 7.22b. Tốc độ quay nhanh hơn của vận động viên trong hình 7.22c là do tư thế cơ thể nhỏ gọn hơn trong khoảng thời gian giữa $t - 10,46$ s và $t - 10,70$ s. Điều đó đạt được chủ yếu là do hai gối gấp lại nhiều hơn. Tư thế này của cơ thể đã làm giảm mômen quán tính của vận động viên quanh trục song song với xà ngang, làm cho anh ta quay nhanh hơn. Những cú nhảy thể hiện trong hình 7.22b và c là mô hình đồ họa các bước nhảy được tạo ra bằng việc

mô phỏng trên máy tính, để đảm bảo rằng các vận động viên đã thực hiện giậm nhảy chính xác ở cùng một vị trí giống nhau và có trị số mômen quay như nhau trong cả hai bước nhảy.

Kỹ thuật được vận động viên trong hình 7.22c sử dụng có thể rất hữu ích cho các vận động viên nhảy cao có trị số mômen quay thấp hoặc trung bình. Cả hai bước nhảy thể hiện trong hình 7.22b và c đều có cùng một trị số mômen quay ($H_S = 110.10^{-3} \text{ s}^{-1}$), và trọng tâm cơ thể đạt tới độ cao đỉnh điểm cao hơn xà ngang 0,07m ở cả hai bước nhảy. Trong khi vận động viên trong hình 7.22b với bấp chân gạt rơi xà ($t = 10,82\text{s}$), Việc quay vòng nhanh hơn của vận động viên trong hình 9.14c đã giúp anh ta đưa tất cả các bộ phận của cơ thể vượt qua xà ngang với một khoảng cách sát sao. Trong các trường hợp hiếm gặp trong đó vận động viên nhảy cao có trị số mômen quay rất lớn, kỹ thuật thể hiện trong hình 7.22c có thể là một bất lợi, bởi vì nó có thể đẩy nhanh vòng quay rất nhiều đến mức làm cho vai đánh vào xà khi đang trên đoạn đường đi lên. Đối với những vận động viên có trị số mômen quay theo trục ngang rất lớn thì việc giữ hai chân ở tư thế mở rộng hơn trên đường bay lên đến xà ngang theo tư thế cơ thể được mô tả trên hình 7.22b là tốt hơn cả. Điều này sẽ tạm thời làm cho cơ thể quay chậm hơn, và do đó tránh cho vai của vận động viên bị va đập vào xà trên đường bay lên.

Quay theo trục dọc: những vấn đề nảy sinh khi thực hiện

Như đã được đề cập ở trên, các vòng xoay theo trục dọc trong nhảy cao được tạo ra với một mức độ lớn bởi các thành phần xoắn vặn của mômen quay H_T . Nhưng cũng đã đề cập đến các yếu tố khác có thể ảnh hưởng đến việc vận động viên sẽ ngửa mặt hoàn toàn ở đỉnh độ cao của bước nhảy, hoặc xoay sang một bên với mông thấp hơn các phần khác của cơ thể. Một trong những yếu tố quan trọng nhất của những yếu tố này là kích thước tương đối của các thành phần phía trước và bên của mômen quay. Bây giờ chúng ta sẽ xem xét chúng tác động ra sao.



Hình 7.23. Phác họa cho thấy mối quan hệ giữa hướng xoay vòng và số độ xoay cần thiết để đạt được tư thế ngửa mặt tại đỉnh

Hình 7.23 cho thấy phác họa của một cú nhảy cao giả định ở cuối giai đoạn giậm nhảy và sau khi thực hiện các chuyển động quay quanh trục dọc thuần túy theo các hướng khác nhau, tất cả nhìn từ trên cao. Để đơn giản, chúng ta đã giả định rằng hướng

chuyển động của cơ thể khi kết thúc chạy đà hợp với xà ngang một góc 45° . Sự kết hợp thông thường của các thành phần quay ra trước và sang bên của mômen quay theo trục ngang sẽ tạo cho cơ thể khi ở đỉnh độ cao của cú nhảy có tư thế như trong hình 7.23b; tư thế này cần xoay 90° để tạo ra tư thế ngửa mặt. Nếu thay vì vận động viên đã chỉ tạo được mômen quay theo trục ngang sang bên thì kết quả sẽ là tư thế ở hình 7.23c, tư thế này chỉ cần xoay khoảng 45° là có thể đạt được tư thế ngửa mặt; nếu vận động viên chỉ tạo được mômen quay theo trục ngang ra trước thì kết quả sẽ là tư thế ở hình 7.23c, và sẽ phải xoay 135° mới đạt đến tư thế ngửa mặt. Sẽ là rất bất thường đối với những vận động viên nhảy cao chỉ có mômen quay theo trục ngang ra trước hoặc sang bên, song nhiều vận động viên có các trị số mômen quay này lớn hơn so với mômen quay kia. Ví dụ trên cho thấy rằng, những vận động viên có các trị số mômen quay ra trước đặc biệt lớn và các trị số mômen quay sang bên nhỏ thì sẽ phải xoay nhiều hơn trên không để chuyển vào tư thế ngửa mặt tại đỉnh độ cao của cú nhảy. Nếu không, cơ thể sẽ bị vẹo nghiêng với hông bên phía chân lạng thấp hơn hông bên chân giậm nhảy. Ngược lại, những vận động viên nhảy với các trị số mômen quay theo trục ngang sang bên đặc biệt lớn và mômen quay ra trước nhỏ sẽ cần quay ở trên không ít hơn để đạt được tư thế ngửa mặt tại đỉnh độ cao của cú nhảy. Nếu không, cơ thể sẽ bị vẹo nghiêng với hông bên phía chân giậm nhảy thấp hơn hông bên chân lạng.

Một điểm nữa cần phải được xem xét là, mặc dù thành phần mômen quay H_T là một yếu tố quan trọng sinh ra chuyển động xoay vòng trong nhảy cao, song nói chung là nó vẫn không đủ để tạo nên tư thế ngửa mặt cần thiết trên đỉnh xà ngang. Ngoài ra, các vận động viên cũng cần sử dụng hành động và phản ứng quay quanh trục dọc của cơ thể để tăng trị số vòng xoay xảy ra ở trên không. Trong một bước nhảy cao bình thường, vận động viên cần phải xoay được khoảng 90° trong khoảng từ lúc giậm nhảy cho đến khi ở độ cao đỉnh điểm của cú nhảy (xem hình 7.23b). Khoảng một nửa vòng (khoảng 45°) được tạo ra do mômen quay; nửa còn lại (45° nữa) cần phải được sản sinh thông qua hành động quay và phản ứng quay. Hành động quay và phản ứng quay đôi khi được gọi là “động tác mèo lật” bởi vì những con mèo rơi từ tư thế nằm ngửa không có mômen quay thường sử dụng kiểu lật mình này để tiếp đất bằng chân của chúng.

Hình 7.24 cho thấy một vòng quay ngược chiều kim đồng hồ rõ ràng của hông (khoảng 45°) giữa đầu và cuối của chuỗi. Điều này có nghĩa rằng vận động viên này quay ngược chiều kim đồng hồ nhanh hơn so với máy quay, tức là nhanh hơn so với một phần của vòng xoay được tạo ra bởi các thành phần xoay của mômen quay. Vòng xoay ngược chiều kim đồng hồ của hông có thể nhìn thấy được theo thứ tự là trị số vòng xoay xoắn vặn được sản sinh thông qua động tác mèo lật. Nó xảy ra chủ yếu

như là một phản ứng đối với các chuyển động của chân phải, di chuyển về phía bên phải theo chiều kim đồng hồ, và sau đó trở về trước. Một phần, động tác mào lật quay ngược chiều kim đồng hồ của hông cũng là một phản ứng đối với sự quay theo chiều kim đồng hồ của cánh tay phải. Nếu không có động tác mào lật thì vòng xoay của vận động viên này sẽ bị giảm đi một trị số tương đương khoảng 45° quay ngược chiều kim đồng hồ có thể nhìn thấy trong dãy hình ảnh 7.24.



Hình 7.24. Sử dụng phép quay theo chiều kim đồng hồ của chân phải và cánh tay để tạo ra chiều quay ngược của phần cơ thể còn lại

Một số vận động viên nhảy cao chú trọng đến việc tạo mômen quay, những người khác lại có xu hướng chú trọng đến động tác mào lật. Nếu không có đủ đà xoay theo trục dọc được tạo ra trong giai đoạn giậm nhảy, hoặc nếu vận động viên không làm đủ động tác mào lật trên không, thì vận động viên sẽ không xoay được cơ thể trên không, mà sẽ làm cho cơ thể ở vào một tư thế vẹo nghiêng ở độ cao đỉnh điểm của cú nhảy, với hông của chân lãng thấp hơn hông của chân giậm nhảy. Điều này sẽ đặt hông của chân lãng (tức là hông thấp) có nguy cơ đè vào làm rơi xà.

Những trục trặc trong việc thực hiện các chuyển động quay và xoay trong nhảy cao xảy ra theo nhiều cách khác nhau. Nếu vào cuối của giai đoạn giậm nhảy vận động viên bị ngã người về phía sau quá xa, hoặc là nghiêng quá xa về phía bên phải (hoặc ngược lại nếu giậm nhảy bằng chân phải), hoặc nếu chân lãng hạ xuống quá sớm sau khi giậm nhảy, thì vòng xoay sẽ chậm hơn. Điều này là do tương tác giữa các vòng quay theo trục ngang và các vòng quay theo trục dọc quá phức tạp.

Tư thế nghiêng ở đỉnh độ cao của cú nhảy trong đó hông của chân lãng thấp hơn so với hông của chân giậm nhảy có thể là do nhiều nguyên nhân: trị số đà xoay không đủ, trị số mômen quay theo trục ngang ra trước lớn hơn nhiều so với mômen quay trục ngang sang bên, động tác mào lật không đủ, tư thế ngã sau của cơ thể vào cuối giai đoạn giậm nhảy, tư thế quá nghiêng về phía bên phải ở cuối của giai đoạn giậm nhảy (đối với bên trái trong trường hợp giậm nhảy bằng chân phải) và chân lãng hạ xuống quá sớm ngay sau khi giậm nhảy.

7.4. Nhảy xa

Cho đến nay kỹ thuật cơ bản trong môn nhảy xa vẫn chưa hề thay đổi kể từ buổi đầu của nền thể thao hiện đại ở thế kỷ XIX. Vận động viên chạy đà - bật nhảy - bay người trên không trước khi rơi xuống hố cát. Để có thành tích tốt, vận động viên phải đạt được tốc độ chạy nhanh, giậm nhảy mạnh mẽ và có sự phối hợp tốt giữa chạy đà, giậm nhảy, bay trên không và các động tác tiếp đất. Hiện nay, thành tích nhảy xa của nữ đạt khoảng 6,5 - 7,5 m, còn ở nam giới khoảng từ 8,0 - 9,0m (vì có tốc độ và sức mạnh lớn hơn). Nhiệm vụ trong từng giai đoạn khi nhảy không phụ thuộc vào giới tính hay khả năng của vận động viên. Để đạt được thành tích tốt nhất, vận động viên cần phải đạt được vận tốc ngang lớn nhất ở những bước cuối và bàn chân giậm nhảy phải được đặt chính xác lên ván giậm nhảy. Trong lúc giậm nhảy, vận động viên cần cố gắng tạo ra một vận tốc lớn theo chiều dọc đồng thời giảm đến mức ít nhất sự tổn thất vận tốc ngang. Trong giai đoạn trên không, vận động viên phải kiểm soát hiện tượng xoay ra trước sinh ra do chuyển hướng lực từ ngang sang đứng dọc cùng với việc tạo cho cơ thể một tư thế thích hợp khi tiếp đất. Trong khi rơi, trọng tâm cơ thể vận động viên cần phải vượt ra trước qua điểm xa nhất của bàn chân (mũi chân) nếu không sẽ rơi mông hoặc thành tích sẽ bị giảm đáng kể.

Sau đây chúng ta sẽ đề cập đến những yếu tố sinh cơ học quan trọng nhất ảnh hưởng đến kỹ thuật và hiệu suất trong nhảy xa. Các nguyên tắc sinh cơ học trong việc thực hiện có hiệu quả các giai đoạn chạy đà, giậm nhảy, bay trên không và rơi xuống hố cát sẽ được giải thích cặn kẽ. Tác động của việc thay đổi vận tốc trong chạy đà, kỹ thuật giậm nhảy của vận động viên cũng sẽ được khảo sát.

Giá trị tiêu biểu các tham số được lựa chọn trong nhảy xa được trình bày trong Bảng 7.3. Các giá trị này được rút ra từ những công trình nghiên cứu trên các vận động viên nhảy xa xuất sắc tại các giải vô địch quốc tế lớn (Arampatzis, Bruggemann, và Walsch, năm 1999; Hay, Miller, và Canterna, 1986; Lees, Fowler, và Derby năm 1993; Lees, Graham-Smith, Fowler, 1994; Nixdorf và Bruggemann, 1990).

Bảng 7.3. Giá trị tham khảo các tham số của các vận động viên nhảy xa đẳng cấp quốc tế

Các tham số	Nam	Nữ
Chiều cao của VĐV (m)	1.82	1.75
Cân nặng (kg)	76	62
Thành tích nhảy (m)	8.00	6.80
Cự ly chạy đà (m)	48	40
Vận tốc ngang lúc hạ thấp trọng tâm cơ thể (m/s)	10.6	9.5

Vận tốc thẳng đứng lúc hạ thấp trọng tâm cơ thể (m/s)	-0.1	-0.1
Vận tốc ngang lúc giậm nhảy (m/s)	8.8	8.0
Vận tốc thẳng đứng lúc giậm nhảy (m/s)	3.4	3.1
Vận tốc giậm nhảy (m/s)	9.4	8.6
Vận tốc góc ($^{\circ}$)	21	21
Thay đổi vận tốc ngang trong thời gian giậm nhảy (m/s)	-1.8	-1.5
Thay đổi vận thẳng đứng trong thời gian giậm nhảy (m/s)	3.5	3.2
Góc khớp hông khi trọng tâm cơ thể hạ thấp ($^{\circ}$)	61	63
Góc khớp gối khi trọng tâm cơ thể hạ thấp ($^{\circ}$)	166	161
Thời gian giậm nhảy (s)	0.11	0.11
Độ cao khi trọng tâm cơ thể hạ thấp (m)	1.03	0.96
Độ cao giậm nhảy (m) (h_i) (từ trọng tâm đến ván giậm)	1.29	1.20
Độ cao lúc chân chạm mặt hồ cát (m) (h_f) (từ trọng tâm đến mặt phẳng đường chạy)	0.65	0.60
Mức chênh lệch giữa độ cao lúc trọng tâm cơ thể hạ thấp với độ cao giậm nhảy (m)	0.26	0.24
Mức chênh lệch giữa độ cao giậm nhảy và độ cao lúc chân chạm mặt hồ cát (m)	-0.64	-0.60
Độ cao đỉnh điểm của cú nhảy (m)	1.88	1.69

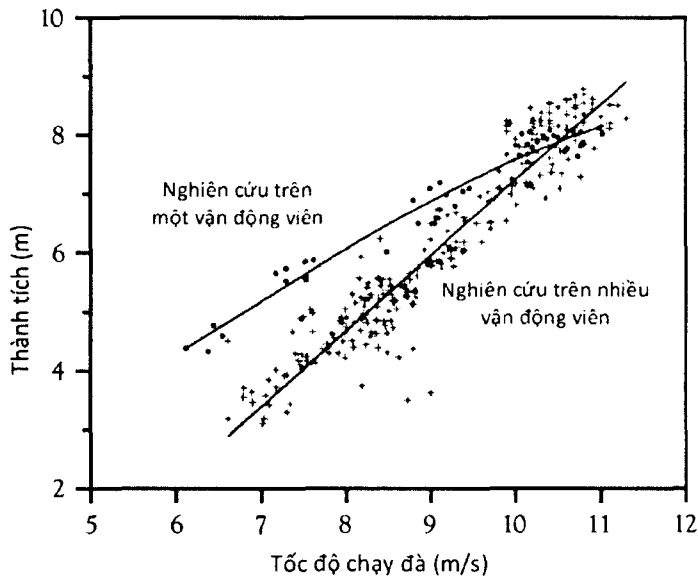
7.4.1. Chạy đà

Trong nhảy xa, chạy đà chiếm một vị trí rất quan trọng, không thể có thành tích tốt nếu việc thực hiện chạy đà không đạt được tốc độ cao và chính xác. Ba nhiệm vụ chính khi tiến hành chạy đà là: tăng vận tốc chạy đến mức gần tối đa, hạ thấp trọng tâm cơ thể trong một vài bước đà cuối cùng để vào tư thế giậm nhảy rồi đặt chân giậm nhảy vào vị trí chính xác của ván giậm nhảy.

Vận tốc chạy đà

Trong nhảy xa, thành tích của vận động viên được quyết định bởi vận tốc ngang vào cuối giai đoạn chạy đà. Để tạo tốc độ cao khi chạy đà, vận động viên nhảy xa cần thực hiện nhiều nhất 16 - 24 bước chạy trên một khoảng cách từ 35 - 55 m. Vào cuối giai đoạn chạy đà, vận động viên đạt khoảng 95 - 99% vận tốc tối đa. Các vận động viên nhảy không sử dụng cự ly chạy đà dài để tạo ra 100% vận tốc tối đa, bởi vì sẽ gây khó khăn cho việc xác định chính xác bàn chân giậm nhảy trên ván (Hay, 1986). Những vận động viên chạy nhanh hơn thường sử dụng cự ly chạy đà dài hơn bởi điều này giúp họ kéo dài thời gian tăng tốc đến tối đa. Đa số các vận động viên nhảy xa thường xuất phát chạy đà từ tư thế đứng với chân trước chân sau. Một số ít vận động viên thích thực hiện vài bước sai dài tới vạch đánh dấu trước khi

tăng tốc. Tuy nhiên, kỹ thuật này được cho là tạo ra sự tăng tốc không ổn định và do đó việc chạy đà sẽ thiếu chính xác. Những nghiên cứu từ các cuộc thi đấu nhảy xa đã xác nhận các mối tương quan chặt giữa vận tốc chạy đà và thành tích nhảy. Hình 7.25 cho thấy một ví dụ về mối quan hệ này (Hay, 1993). Các dữ liệu trong hình vẽ được thu thập từ 306 cú nhảy của nam và nữ ở các trình độ khác nhau, từ những học sinh trường trung học đến các vận động viên xuất sắc. Tuy nhiên, người ta phải thừa nhận rằng độ dốc của đường hồi quy khi nghiên cứu trên nhiều vận động viên không có giá trị dự báo thành tích đối với một cá nhân vận động viên. Nguyên nhân chính của sự khác nhau về thành tích giữa các vận động viên có lẽ là sự khác biệt về sức mạnh cơ bắp. Do đó, độ dốc của đường hồi quy khi nghiên cứu trên nhiều vận động viên sẽ cho biết thành tích của một cá nhân bị thay đổi như thế nào tương ứng với sự thay đổi sức mạnh cơ bắp, chứ không phải thành tích ra sao khi thay đổi vận tốc chạy đà. Đối với mỗi vận động viên, mối tương quan giữa thành tích nhảy và vận tốc chạy đà không hoàn toàn là tương quan tuyến tính (Bridgett và Linthorne, 2006). Hình 7.25 cho thấy một ví dụ về mối tương quan giữa hai chỉ số ở một vận động viên nhảy xa nam có đẳng cấp cao.



Hình 7.25. Thành tích tăng cùng với vận tốc chạy đà trong một nghiên cứu ở nhiều vận động viên (+) và trong nghiên cứu ở một vận động viên nam xuất sắc (-) (Theo Bridgett và Linthorn, 2006)

Cự ly chạy đà

Để đạt được thành tích tốt nhất có thể, một vận động viên nhảy xa cần phải đặt bàn chân sát, nhưng không phạm vào vạch giậm nhảy - được lắp đặt ở cạnh tiếp giáp với khu vực rơi của ván giậm nhảy. Chạy đà trong nhảy xa có hai giai đoạn; giai

đoạn tăng tốc ban đầu, vận động viên tạo dựng định hình các bước chạy; và giai đoạn điều chỉnh, vận động viên điều chỉnh định hình bước chạy của mình để loại bỏ những sai sót ở giai đoạn đầu (Hay, 1988). Ở một vài bước cuối cùng trước khi giậm nhảy, vận động viên dùng thị giác xác định khoảng cách tiến đến ván giậm nhảy để điều chỉnh độ dài các bước chạy. Những vận động viên nhảy xa hàng đầu thường bắt đầu điều chỉnh bằng trực quan trong khoảng năm bước chạy trước ván giậm nhảy và họ có thể điều chỉnh độ dài bước mà chỉ làm tổn thất chút ít đến vận tốc ngang. Các vận động viên trình độ thấp hơn có xu hướng mắc nhiều sai sót hơn và thường dự tính điều chỉnh bước chân muộn hơn những vận động viên có trình độ cao. Nhiều vận động viên nhảy xa dùng cách đánh dấu trước ván giậm nhảy 4 đến 6 bước để huấn luyện viên có thể theo dõi những sai sót trong giai đoạn đầu của chạy đà.

Chuyển từ chạy đà sang giậm nhảy

Những vận động viên nhảy xa cấp cao thường duy trì được động tác nước rút đều đặn của mình (không bị rối loạn các bước chạy) cho đến khoảng từ 2 - 3 bước trước lúc giậm nhảy (Hay và Nohara, 1990). Sau đó, vận động viên bắt đầu chùng xuống (hạ thấp trọng tâm) để chuẩn bị giậm nhảy. Tư thế chùng xuống để giậm nhảy tạo cho vận động viên biên độ chuyển động lớn theo phương thẳng đứng mà qua đó sẽ phát sinh vận tốc theo hướng lên trên. Vận động viên hạ thấp trọng tâm đến mức cần thiết và cố gắng duy trì quỹ đạo phẳng đến bước cuối cùng trước khi giậm nhảy. Điều này đảm bảo cho trọng tâm chung của cơ thể vận động viên chuyển động theo phương thẳng đứng xuống dưới với một tốc độ nhỏ nhất tại thời điểm chùng xuống và nhờ vậy xung lực đột ngột đẩy lên phía trên khi bật nhảy sẽ tạo ra vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng lớn nhất có thể. Hầu hết các vận động viên nhảy xa đều phải dành nhiều thời gian luyện tập kỹ năng hạ thấp trọng tâm cơ thể sao cho tốc độ chạy đà bị giảm sút ít nhất.

Động tác bật nhảy được thực hiện bằng chân giậm quét xuống dưới và ra sau (Koh và Hay, 1990). Bàn chân giậm có vận tốc âm so với trọng tâm cơ thể vận động viên, nhưng vận tốc của bàn chân so với mặt đất không giảm đến giá trị bằng 0 (khoảng 4 - 5m/s). Kỹ thuật đặt chân giậm “tích cực” này được cho là làm giảm lực hãm mà vận động viên phải chịu trong giai đoạn đầu của kỹ thuật giậm nhảy.

7.4.2. Giậm nhảy

Thành tích nhảy xa được xác định chủ yếu bởi khả năng đạt vận tốc chuyển động lớn theo phương nằm ngang khi kết thúc giai đoạn chạy đà, do vậy vận động viên cần phải thực hiện kỹ thuật giậm nhảy thích hợp để sử dụng tốt nhất vận tốc chạy đà này. Vận động viên nhảy xa đặt chân giậm nhảy ra trước trọng tâm chung, tạo tư thế thấp thích hợp lúc bắt đầu giậm nhảy, sau đó vươn thẳng thân vượt qua bàn chân giậm, cùng lúc với chân giậm nhảy gấp - duỗi một cách nhanh chóng.

Nhảy xa về căn bản cũng giống như bắn một viên đạn ra khỏi nòng, trong đó vận động viên mong muốn tối đa hóa khoảng cách bay của con người bằng cách phóng đi ở vận tốc và góc giậm nhảy tối ưu. Khi phóng cơ thể lên trên không, vận động viên mong đạt được một vận tốc ngang lớn vào lúc giậm nhảy để chuyển động ra trước và một vận tốc theo phương thẳng đứng lớn khi bay trên không, trước khi rơi xuống hố cát. Chạy đà nhanh sẽ tạo ra vận tốc giậm nhảy theo phương nằm ngang lớn, mà điều đó cũng rút ngắn thời gian tiếp xúc với mặt đất, cho phép vận động viên có khả năng phát xung lực theo phương thẳng đứng (lực tích hợp theo thời gian). Để tăng thời gian tiếp xúc của bàn chân, vận động viên đặt bàn chân của mình ra trước trọng tâm chung khi cơ thể chùng xuống. Tuy nhiên sự gia tăng tổng hợp về xung lực đẩy lên theo phương thẳng đứng luôn đi kèm với sự gia tăng xung lực kim hãm theo theo phương nằm ngang không mong muốn. Vì vậy, góc tiếp đất của chân tối ưu là góc dung hòa giữa xung lực đẩy lên theo phương thẳng đứng và xung lực kim hãm theo phương nằm ngang. Trong nhảy xa, kỹ thuật giậm nhảy tối ưu là chạy đà càng nhanh càng tốt và tư thế đặt chân giậm nhảy vào khoảng $60 - 65^\circ$ so với phương nằm ngang (Bridgett và Linthorne, 2006; Seyfarth, Blickhan, và Van Leeuwen, 2000).

Cơ chế giậm nhảy

Ngay trước khi cơ thể chùng xuống, các cơ của chân giậm đã bắt đầu tham gia. Sau đó chân giậm nhảy gấp lại do lực tiếp đất mà không phải do sự co duỗi chủ động của các khớp cổ chân, khớp gối và khớp hông. Hoạt động gấp của chân giậm nhảy được tự nhiên và được hạn chế bởi sức mạnh nhượng bộ của các cơ chân của vận động viên. Các cơ của chân giậm nhảy được hoạt hóa đến tối đa sẽ giữ cho chân càng thẳng càng tốt trong khi giậm nhảy. Điều đó tạo điều kiện đặt trọng tâm cơ thể vận động viên vào trục xoay lên phía trên, vượt qua bàn chân, tạo ra vận tốc chuyển động thẳng đứng theo cơ chế cơ học thuần túy. Hơn 60 phần trăm vận tốc thẳng đứng hiệu dụng của vận động viên được tạo ra do hoạt động gấp gối tối đa, điều đó cho thấy, cơ chế hoạt động xoay quanh trục là cơ chế quan trọng duy nhất tạo ra vận tốc thẳng đứng trong thời gian giậm nhảy. Khi gối duỗi chỉ làm phát sinh không đáng kể vận tốc theo chiều dọc, và hoạt động gấp gan chân đột ngột vào cuối giai đoạn giậm nhảy cũng chỉ góp phần rất nhỏ làm tăng vận tốc chuyển động lên phía trên. Các vận động viên nhảy cao thường mất nhiều thời gian luyện tập tăng sức mạnh các cơ của chân giậm nhảy. Sức mạnh nhượng bộ của các cơ chân càng lớn thì khả năng kháng cự đối với hoạt động gấp chân khi giậm nhảy để tăng cường cơ chế xoay quanh trục cơ học trong quá trình giậm nhảy của vận động viên càng lớn, và do đó sẽ tạo ra vận tốc giậm nhảy càng lớn. Chu kỳ kéo căng – rút ngắn, mà ở đó giai đoạn khắc phục (hướng tâm) của sự co cơ được hỗ trợ bởi giai đoạn co nhượng bộ (ly tâm) nhanh, không đóng vai trò đáng kể trong giậm nhảy của nhảy xa. Thay vào

đó, hoạt động cơ cơ nhượng bộ nhanh xảy ra ngay khi giậm nhảy sẽ cho phép các cơ đó tác dụng một lực lớn hơn, và như vậy sẽ được lợi lớn về vận tốc thẳng đứng. Trong giậm nhảy ở nhảy xa, thời điểm gấp gối tối đa không phải là một chỉ số đủ độ tin cậy, cho biết khi nào thì các cơ duỗi của chân giậm nhảy chuyển đổi từ hoạt động nhượng bộ sang hoạt động khắc phục. Trong nhảy xa, cơ mông to lúc đầu hoạt động đẳng trương (không đổi chiều dài cơ), sau đó cơ ở chế độ khắc phục (ngắn lại); các cơ gân khoeo (ở sau đùi) hoạt động ở chế độ khắc phục trong suốt thời gian giậm nhảy; cơ thẳng đùi lúc đầu có thể hoạt động đẳng trương sau đó là nhượng bộ hoặc luôn nhượng bộ trong suốt giai đoạn giậm nhảy; các cơ rộng (của đùi), cơ dếp và cơ sinh đôi (cơ bụng chân) hoạt động nhượng bộ lúc đầu và sau đó là khắc phục. Hoạt động duỗi bicipit phát ở khớp hông, khớp gối và khớp cổ chân trong nửa cuối giai đoạn giậm nhảy được kết hợp đồng thời với hoạt động mạnh của chân lẳng kết hợp với đánh tay. Những hoạt động giúp đưa trọng tâm cơ thể lên cao hơn, đi xa hơn và đồng thời làm tăng vận tốc giậm nhảy. Một số vận động viên sử dụng hai tay đánh lẳng để làm tăng vận tốc giậm nhảy, nhưng cũng khó chuyển hướng một cách dễ dàng mà không bị tổn hao vận tốc chạy từ dạng hoạt động ngược hướng của hai tay khi chạy đã chuyển sang đánh lẳng cùng hướng khi giậm nhảy.

Góc giậm nhảy

Góc giậm nhảy trong nhảy xa nhỏ hơn đáng kể so với 45° - góc được cho là tối ưu cho một vật thể được ném (hay phóng) ra khi bay tự do. Sử dụng video để đo góc độ giậm nhảy ở những vận động viên đẳng cấp thế giới luôn cho thấy góc giậm nhảy của họ chỉ khoảng 21° . Quan điểm cho rằng, góc giậm nhảy tối ưu là 45° dựa trên giả định rằng vận tốc giậm nhảy là hằng số (constant) cho tất cả mọi lựa chọn của góc giậm nhảy. Tuy nhiên, trong nhảy xa cũng như trong hầu hết các dạng ném (hay phóng) ở các môn thể thao khác, giả định này không có giá trị thực tiễn. Với góc giậm nhảy thấp, vận tốc giậm nhảy mà vận động viên nhảy xa có thể đạt tới sẽ lớn hơn đáng kể so với ở góc giậm nhảy cao, vì vậy, góc giậm nhảy tối ưu phải nhỏ hơn 45° (Linthorne, Guzman, and Bridgett, 2005).

Về phương diện toán học, vận tốc giậm nhảy của vận động viên là tổng giữa vectơ vận tốc ngang và vectơ vận tốc thẳng đứng và góc giậm nhảy được tính từ tỷ số của vận tốc hợp thành. Để đạt được góc giậm nhảy bằng 45° đòi hỏi phải đạt được vận tốc ngang và vận tốc thẳng đứng bằng nhau về độ lớn. Vận tốc chuyển động tối đa theo phương thẳng đứng mà vận động viên có thể thực hiện là khoảng 3 – 4m/s (trong môn thể thao nhảy cao), nhưng vận động viên có thể thực hiện một vận tốc giậm nhảy ngang bằng khoảng từ 8 – 10m/s nếu chạy đà nhanh. Khi quyết định nhảy từ chạy đà nhanh, vận động viên sẽ tạo ra được vận tốc giậm nhảy lớn với một góc độ giậm nhảy nhỏ. Trong nhảy xa, tạo được vận tốc giậm nhảy lớn hơn thì sẽ được lợi về thành tích lớn hơn nhiều so với cú nhảy mà góc giậm nhảy lên gần 45° .

Lực giậm nhảy

Trong quá trình giậm nhảy, vận động viên chịu tác động của phản lực từ mặt đất (GRF), phản lực này có xu hướng làm thay đổi tốc độ và hướng của trọng tâm chung của cơ thể vận động viên. Các lực theo chiều ngang khi giậm nhảy chủ yếu là lực hãm hướng ra sau, và chỉ trong khoảnh khắc kết thúc giai đoạn giậm nhảy lực này được hoán đổi thành lực đẩy ra phía trước. Do xung lực hãm lớn hơn nhiều so với xung lực đẩy, vận tốc ngang về phía trước của vận động viên bị giảm xuống trong quá trình giậm nhảy (khoảng 1 – 3m/s). Phản lực tác dụng hướng lên trên dọc theo thân vận động viên tạo ra vận tốc giậm nhảy thẳng đứng của vận động viên. Lực thẳng đứng (lực dọc) lúc đầu tác dụng để làm đảo chiều vận tốc có hướng đi xuống khi cơ thể vận động viên chùng xuống, sau đó lực này tác động bộc phát có hướng lên trên. Các vận động viên luôn luôn cảm thấy có sự giảm nhẹ vận tốc thẳng đứng ở những thời điểm cuối cùng trước lúc giậm nhảy. Sự giảm sút này xảy ra do lực thẳng đứng phải trở về giá trị không (0) tại thời điểm giậm nhảy. Trong khoảng thời gian ngắn trước giậm nhảy, phản lực từ mặt đất tác động lên phía trên nhỏ hơn trọng lượng cơ thể vận động viên và vì thế nó không đủ để thắng được lực hấp dẫn tác động lên cơ thể. Cả hai thành phần ngang và dọc của phản lực từ mặt đất đều thể hiện sự tăng mạnh đến đỉnh điểm khi cơ thể vận động viên hạ thấp vào lúc chân giậm nhảy đập vào ván giậm nhảy rồi nhanh chóng giảm đến giá trị vận tốc gần bằng không.

Cũng giống như sự thay đổi về tốc độ và hướng chuyển động của trọng tâm chung, phản lực từ mặt đất có xu hướng tạo ra gia tốc góc của cơ thể xung quanh trục quay của nó. Phản lực này tạo nên mômen quay ra trước hoặc ra sau trọng tâm chung tùy thuộc vào hướng tác dụng của lực vào phía sau hay phía trước trọng tâm chung. Trong giai đoạn đầu giậm nhảy, mômen quay tác dụng tạo nên gia tốc ngược chiều với chiều chuyển động, nhưng nó nhanh chóng đổi hướng thành gia tốc cùng hướng với chiều chuyển động. Nhìn chung, vận động viên phải chịu tác động của một xung lực quay lớn ra phía trước, và do đó, các vận động viên rời khỏi ván giậm nhảy với động lượng của lực quay ra trước lớn (lộn về phía trước). Động lượng của lực quay ra trước là nguyên nhân cố hữu gây khó khăn cho vận động viên. Nếu vận động viên nhảy không thực hiện những bước thích hợp để kiểm soát xung lượng của lực quay này trong khi bay trên không thì vòng quay quá mức của cơ thể sẽ làm giảm cự ly của cú nhảy do nó tạo ra tư thế tiếp đất với hai chân ngay ở dưới thân trên chứ không phải là ở tư thế hai chân được duỗi dài ra phía trước

7.4.3. Bay trên không và rơi xuống đất

Trong giai đoạn bay, hầu hết các vận động viên nhảy xa chọn cách thực hiện tư thế treo chân (nhảy xa kiểu ngồi và uốn thân) hoặc đảo hai chân (nhảy xa kiểu cắt

kéo). Trong cả hai kiểu kỹ thuật nhảy, các hành vi vận động này của vận động viên được thiết kế để kiểm soát sự quay (lộn) vòng phát sinh khi giậm nhảy và do đó cho phép các vận động viên đạt được tư thế tiếp đất có hiệu quả (Hay, 1993). Các kỹ thuật treo chân và đảo chân đối phó với xung lượng của lực quay trong giai đoạn bay theo những cách khác nhau. Ở kỹ thuật treo chân, vận động viên cố gắng để giảm thiểu sự quay về phía trước của cơ thể, trong khi ở kỹ thuật đảo chân, vận động viên thực hiện các cử động tích cực chống lại sự quay này.

Trong kỹ thuật treo chân, vận động viên lăng đùi đưa chân lên cao cùng với hướng đánh tay và duỗi hai chân xuống chỉ sau khi đã hoàn thành giai đoạn giậm nhảy. Tư thế cơ thể đã duỗi ra tạo cho vận động viên một mômen quán tính lớn quanh trục nhào lộn của mình và do đó làm giảm vận tốc góc về phía trước. Vận động viên duy trì vị trí treo chân càng lâu càng tốt trong suốt đường bay để giảm thiểu độ quay về phía trước.

Kỹ thuật cắt kéo liên quan đến việc sử dụng các cử động của hai tay để gây ra phản ứng đối lập lại của thân trên, nhờ đó mà giữ được tư thế thẳng đứng của vận động viên trên không. Vận động viên thực hiện các cử động hai tay và hai chân của mình theo hướng giống như động tác chạy.

Do đang bay tự do trên không, tổng động lượng quay của vận động viên sẽ được bảo tồn. Động lượng của lực quay về phía trước được tạo bởi vòng quay của tay và chân khi đánh ra trước, do đó, bị cường lại bởi động lượng của lực quay ra sau ở thân trên với một giá trị ngang bằng. Bởi vậy, vận động viên có thể để triệt tiêu được sự quay về phía trước của cơ thể phát sinh trong khi giậm nhảy.

Các vận động viên nhảy xa chọn kỹ thuật động tác trên không theo độ lớn của động lượng của lực quay mà họ tạo ra khi giậm nhảy và thời gian mà họ có được trước khi chạm đất. Nhiều huấn luyện viên đã trang bị kỹ thuật treo chân cho các vận động viên có khả năng thấp hơn, đó là những người thường tạo ra động lượng của lực quay nhỏ hơn khi giậm nhảy và thời gian bay trên không ngắn. Những vận động viên có khả năng thường xuyên tạo được động lượng của lực quay lớn hơn trong quá trình giậm nhảy và có thời gian bay dài hơn thì nên sử dụng kỹ thuật đảo chân. Kỹ thuật đảo chân (cắt kéo) có hai biến thể chính, 2 bước rưỡi và 3 bước rưỡi, được gọi theo số bước vận động viên thực hiện trong suốt cự ly bay. Trái ngược với điều mà đôi khi người ta thường cho rằng, hành động đánh tay vòng ra trước ở trên không trong nhảy xa không có tác dụng đẩy cơ thể vận động viên đi trên không và do vậy không làm tăng độ dài của cú nhảy. Đến cuối của giai đoạn bay, vận động viên chuẩn bị tiếp đất bằng cách nâng cẳng chân và duỗi dài ra trước cơ thể. Mục đích của việc tiếp đất là tạo ra khoảng cách lớn nhất có thể giữa vạch giậm nhảy và dấu vết của hai gót chân cày vào bề mặt hố cát. Kỹ thuật tiếp đất giúp vận động viên

không bị ngã ngược trở lại vào hố cát hoặc nếu không thì dấu vết để lại trên hố cát cũng sẽ gần với ván giậm nhảy hơn so với dấu do gót chân cày vào. Có một số biến thể cơ bản của kỹ thuật tiếp đất, nhưng hiện nay chưa có kỹ thuật nào được chính thức thừa nhận là tối ưu để tạo nên cự ly xa nhất của cú nhảy (Hay, 1986).

7.4.4. Công thức tính cự ly bay trên không

Độ dài cú nhảy được đo từ vạch giậm nhảy đến dấu vết gần nhất mà vận động viên tạo ra trong khu vực rơi. Độ dài cú nhảy có thể được coi là tổng các cự ly giậm nhảy, cự ly bay, và cự ly tiếp đất (Hình 7.26):

$$d_{nhảy} = d_{giậm\ nhảy} + d_{bay} + d_{tiếp\ đất}$$

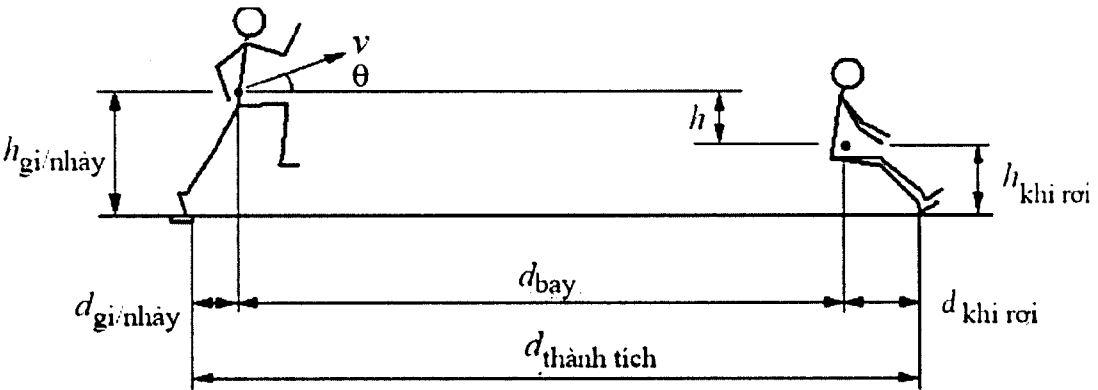
Trong hầu hết các cú nhảy, cự ly bay chiếm khoảng 90% tổng độ dài cú nhảy. Vì vậy, các yếu tố cơ sinh học quyết định cự ly bay của vận động viên là rất quan trọng.

Trong giai đoạn bay của cú nhảy, tác động của lực hấp dẫn lớn hơn nhiều so với những tác động của lực khí động học và người nhảy có thể được xem xét như một vật thể được phóng đi theo đường bay tự do. Quỹ đạo của trọng tâm chung của cơ thể vận động viên được xác định bởi các điều kiện lúc giậm nhảy, và cự ly bay được tính bằng:

$$d_{bay} = \frac{v^2 \sin 2\theta}{2g} \left[1 + \left(1 + \frac{2gh}{v^2 \sin^2 \theta} \right)^{1/2} \right] \quad (7.1)$$

Trong đó: v là vận tốc giậm nhảy, θ là góc giậm nhảy, và g là gia tốc trọng trường. Ở đây, mức chênh lệch độ cao giậm nhảy h , được tính:

$$h = h_{gi. nhảy} - h_{t. đất}$$



Hình 7.26. Tổng độ dài cú nhảy là tổng các cự ly giậm nhảy, bay, và cự ly tiếp đất. Cự ly bay được quyết định bởi vận tốc giậm nhảy (v), góc giậm nhảy (θ), và chênh lệch giữa độ cao giậm nhảy và độ cao tiếp đất (h)

Với $h_{\text{gi. nhảy}}$ là độ cao giậm nhảy và $h_{\text{t. đất}}$ là độ cao tiếp đất (Hình 7.26). Khi $h = 0$, phương trình (1) được rút gọn thành biểu thức thông thường tính tầm bay của một vật thể được phóng đi từ mặt đất lên, vượt qua một mặt phẳng nằm ngang, $d_{\text{bay}} = (v^2 \sin 2\theta)/g$.

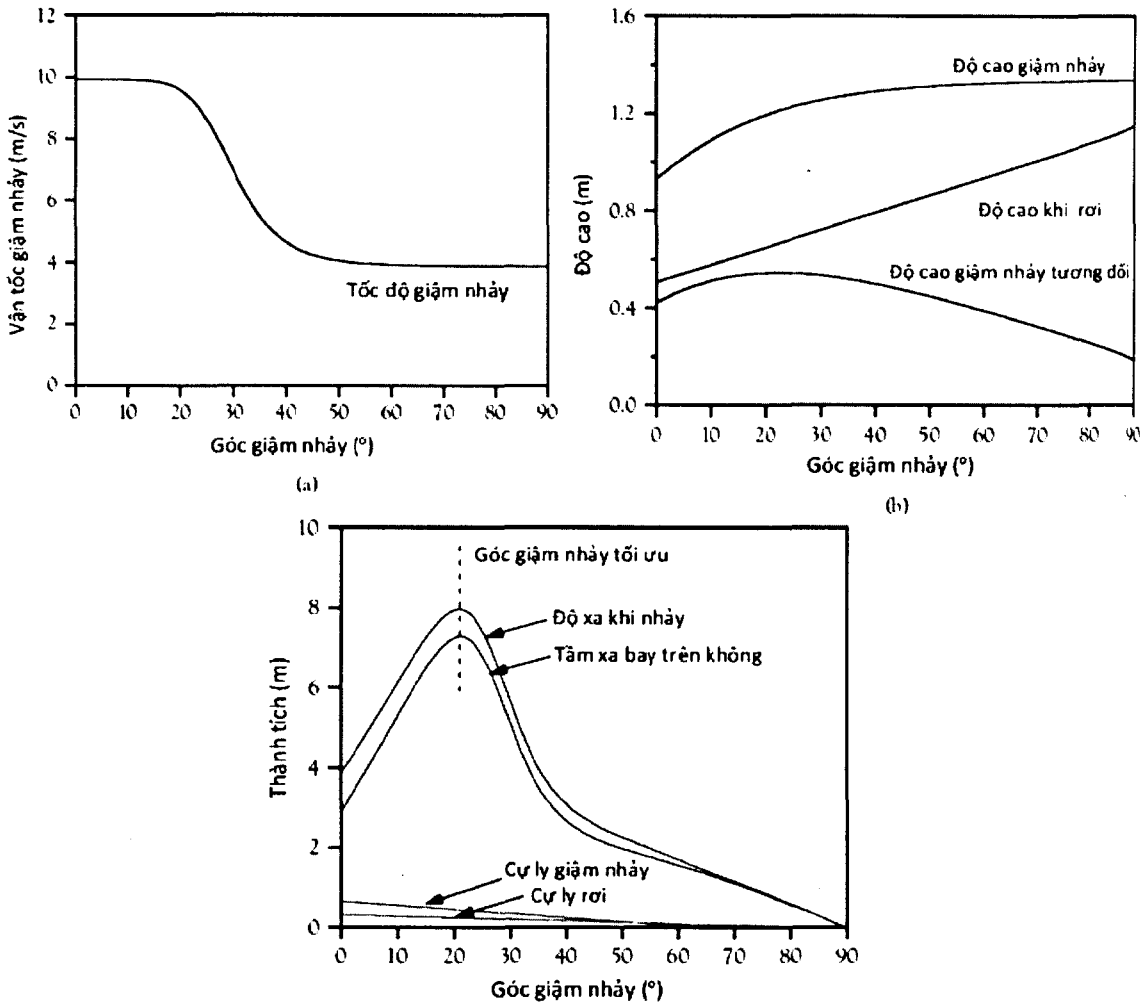
Khảo sát phương trình (7.1) cho thấy vận động viên có thể tăng độ dài cú nhảy đến tối đa bằng cách nào. Ở đây, biến số quan trọng nhất là vận tốc giậm nhảy. Cụ ly bay tỷ lệ thuận với bình phương của vận tốc giậm nhảy, và, do đó, vận động viên sẽ phải cố gắng để đạt được vận tốc lớn khi giậm nhảy. Các vận động viên cũng phải hướng tới mục tiêu làm tăng tối đa mức chênh lệch giữa độ cao giậm nhảy và độ cao tiếp đất bằng vị trí cơ thể cao lúc giậm nhảy và thấp lúc tiếp đất. Tuy nhiên, bất cứ hành động nào để đạt được một mức chênh lệch độ cao lớn đều phải không làm tổn thất đến vận tốc giậm nhảy nhanh. Thoạt nhìn, phương trình (7.1) cho thấy rằng vận động viên phải nhảy với góc giậm nhảy khoảng 45° mới làm tăng đến tối đa giá trị “ $\sin 2\theta$ ”. Tuy nhiên, điều quan trọng là phải thừa nhận, vận tốc giậm nhảy (v) và mức chênh lệch độ cao (h) không phải là hằng số, mà là các hàm của góc giậm nhảy (θ). Những mối tương quan này phải được xác định và đưa vào phương trình (7.1) để xác định góc giậm nhảy tối ưu của vận động viên.

Góc giậm nhảy tối ưu

Góc giậm nhảy tối ưu của vận động viên nhảy xa có thể được xác định bằng cách sử dụng video tốc độ cao để đo lường các mối tương quan giữa vận tốc giậm nhảy $v(\theta)$ với góc giậm nhảy, và giữa mức chênh lệch độ cao giậm nhảy với góc giậm nhảy, $h(\theta)$ (Linthorne, Guzman, và Bridgett, 2005). Để tính được các giá trị tin cậy của các mối tương quan này, vận động viên phải nhảy nhiều lần với một loạt các góc giậm nhảy ($0 - 90^\circ$). Vận tốc giậm nhảy cao nhất đạt được khi vận động viên nhảy thực hiện chạy đà nhanh và sau đó cố gắng nhảy dựng lên càng nhiều càng tốt. Tuy nhiên, các vận động viên nhảy xa thường không thể đạt được góc giậm nhảy lớn hơn 25° bằng cách sử dụng kỹ thuật này (Hình 7.27a). Để đạt được góc giậm nhảy lớn hơn, vận động viên phải chạy đà chậm hơn và do đó, vận tốc giậm nhảy bị giảm sút. Trong trường hợp quá tả, góc giậm nhảy gần như thẳng đứng thì vận tốc chạy đà sẽ phải giảm tới vận tốc đi bộ và do đó, vận tốc giậm nhảy sẽ ở mức thấp nhất. Độ cao giậm nhảy và độ cao tiếp đất được quyết định bởi hình dạng cơ thể vận động viên. Mặc dù cả hai độ cao giậm nhảy và tiếp đất đều tăng cùng với góc giậm nhảy, song mức chênh lệch giữa hai độ cao này vẫn gần như không đổi (Hình 7.27b).

Để tìm góc giậm nhảy tối ưu của vận động viên, các biểu thức toán học tính v (θ) và h (θ) được đưa vào phương trình tính cụ ly bay (7.1). Sau đó, cụ ly bay sẽ được thể hiện trên đồ thị như là một hàm của góc giậm nhảy và góc giậm nhảy tối ưu là các điểm trên đường cong mà tại đó cụ ly bay là lớn nhất (Hình 7.27c). Trong

nhảy xa, $v(\theta)$ có ảnh hưởng mạnh mẽ tới góc giậm nhảy tối ưu, còn $h(\theta)$ tác động không đáng kể. Trong nhảy xa, tổng độ dài cú nhảy lớn hơn một chút so với cự ly bay (Hình 7.26). Tuy nhiên, cự ly giậm nhảy và tiếp đất góp phần tương đối nhỏ vào tổng độ dài cú nhảy và có ảnh hưởng rất nhỏ đến góc giậm nhảy tối ưu (Hình 7.27c). Cơ thể được phóng đi ở một góc gần với góc giậm nhảy tối ưu là điều cần thiết để cú nhảy xa thành công. Những vận động viên nhảy xa có cảm nhận tốt với góc giậm nhảy sẽ không dễ xảy ra những sai lệch lớn so với góc giậm nhảy tối ưu và họ sẽ thực hiện thành công bước nhảy của mình (Hình 7.27c).



Hình 7.27. Cách tính góc giậm nhảy tối ưu của vận động viên: (a) tương quan giữa vận tốc giậm nhảy và góc giậm nhảy; (b) tương quan giữa độ cao giậm nhảy và góc giậm nhảy; và (c) các thành phần cự ly và tổng độ dài cú nhảy. Đồ thị dùng cho nam vận động viên nhảy cao xuất sắc, và góc giậm nhảy tối ưu là khoảng 21° (Linthorne, Guzman, and Bridgett 2005)

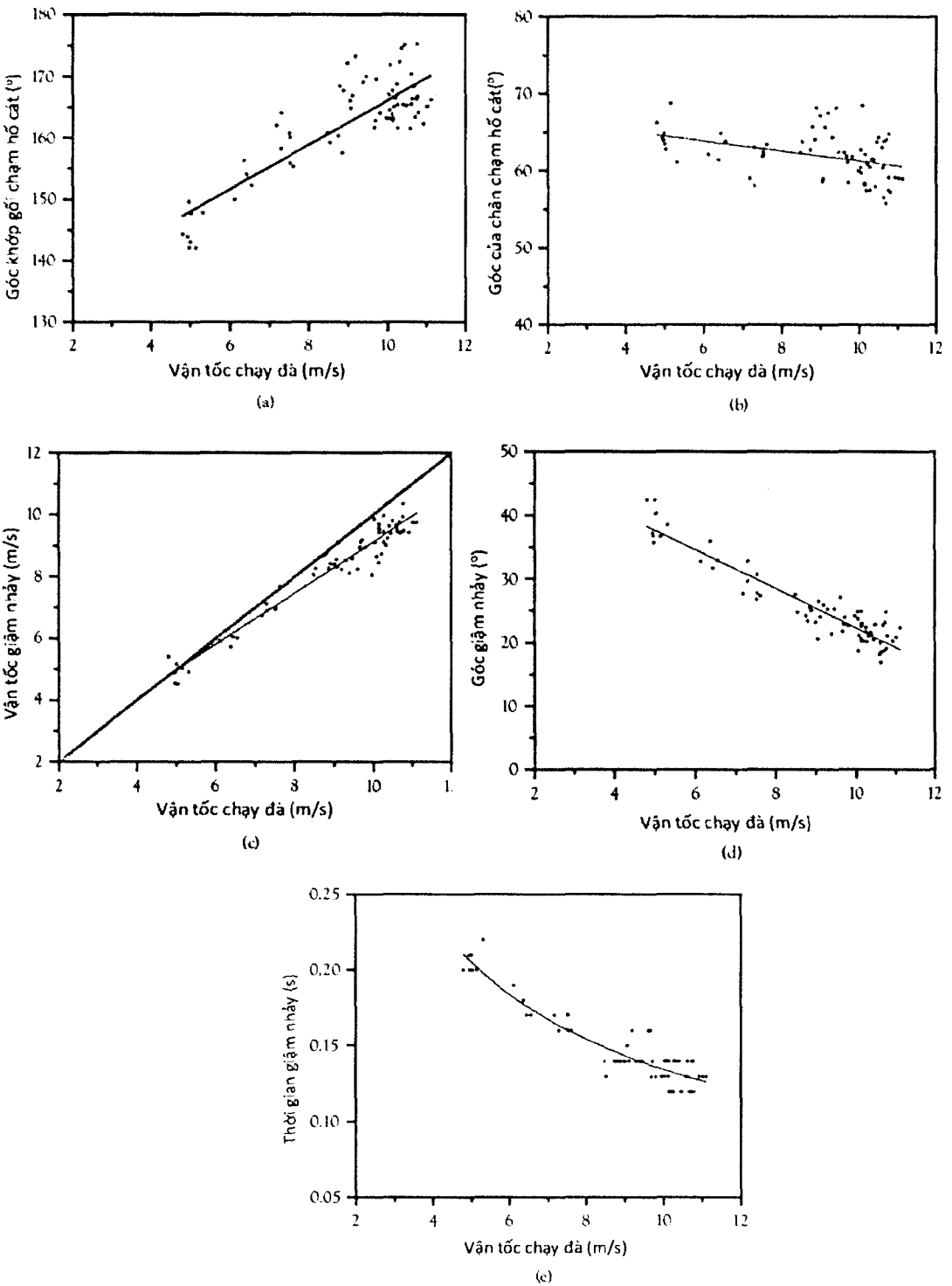
7.4.5. Vận tốc chạy đà và kỹ thuật giậm nhảy

Yếu tố quyết định quan trọng nhất của sự thành công trong nhảy xa là khả năng tạo ra được vận tốc chạy đà lớn của vận động viên và do đó vận tốc giậm nhảy cũng sẽ lớn. Vì vậy, các vận động viên nhảy xa thường phải dành rất nhiều thời gian phát triển tối đa vận tốc chạy nước rút và cải thiện khả năng của mình để đạt được vận tốc gần với vận tốc tối đa trong bước chạy đà cuối cùng trước khi giậm nhảy. Tuy nhiên, vận động viên cũng phải thực hiện các bước điều chỉnh kỹ thuật giậm nhảy của mình để được hưởng lợi từ vận tốc chạy đà nhanh hơn. Bridgett và Linthorne (2006) xác định mối quan hệ giữa vận tốc chạy đà và kỹ thuật giậm nhảy thông qua cự ly chạy đà mà những vận động viên nhảy xa xuất sắc thường sử dụng. Sự cải thiện độ dài cú nhảy cùng với sự tăng vận tốc chạy đà được thể hiện trong hình 7.25 và những ảnh hưởng của vận tốc chạy đà tới kỹ thuật giậm nhảy của vận động viên được thể hiện trong hình 7.28.

Vận động viên nhảy xa phải thực hiện duỗi gối khi hạ thấp trọng tâm cơ thể để được hưởng lợi từ vận tốc chạy đà lớn (Hình 7.28a). Chân giậm nhảy càng duỗi thì cánh tay đòn của mômen quay ở khớp gối đối với phản lực từ mặt đất càng nhỏ và, do đó, sức kháng cự với sự gấp gối sẽ tốt hơn. Tránh được sự gấp gối quá mức thì năng lượng tiêu tốn bởi các cơ của chân khi co ở chế độ nhượng bộ sẽ ít hơn. Vận tốc chạy đà nhanh hơn cũng đòi hỏi vận động viên phải hạ góc gập của chân xuống thấp hơn một chút khi cơ thể chùng xuống (Hình 7.28b). Độ gập của chân thấp hơn phát sinh do vận tốc chạy đà nhanh hơn lên đòi hỏi vận động viên phải tăng thời gian tiếp xúc của bàn chân để duy trì vận tốc giậm nhảy theo phương thẳng đứng lớn. Do vậy, vận động viên sẽ đặt bàn chân ra xa hơn phía trước trọng tâm chung khi cơ thể khi chùng xuống và do đó góc của chân sẽ thấp hơn.

Ngay cả khi thực hiện các động tác giậm nhảy hướng tới mục đích tạo ra vận tốc thẳng đứng, vận động viên vẫn có thể chuyển nhiều vận tốc chạy đà của mình vào vận tốc giậm nhảy theo phương nằm ngang. Do đó, Tổng hợp vận tốc giậm nhảy đều đặn tăng lên cùng với sự tăng lên của vận tốc chạy đà (Hình 7.28c). Trong nhảy xa, động tác nhảy sẽ làm giảm vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang, và sự mất mát này trở nên lớn hơn khi vận tốc chạy đà được tăng thêm.

Vận tốc chạy đà càng nhanh thì góc giậm nhảy mà vận động viên đạt được càng thấp (Hình 7.28d). Góc giậm nhảy được xác định bằng tỷ số của vận tốc theo phương thẳng đứng và vận tốc ngang. Ở tất cả các mức vận tốc chạy đà, giải pháp giậm nhảy tối ưu tạo nên độ dài lớn nhất của cú nhảy là phải tạo ra được vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng có thể gần với mức tối đa. Do đó, những thay đổi về góc giậm nhảy được quyết định bởi sự thay đổi của vận tốc ngang. Do vận tốc giậm nhảy theo phương nằm ngang của vận động viên tăng cùng với sự tăng tốc độ chạy đà, góc của vec tơ vận tốc giậm nhảy theo phương nằm ngang sẽ giảm đều.



Hình 7.28. Tương quan giữa vận tốc và kỹ thuật giậm nhảy dành cho nam vận động viên nhảy xa xuất sắc: (a) góc khớp gối khi cơ thể chùng xuống; (b) góc của chân khi cơ thể chùng xuống; (c) vận tốc giậm nhảy; (d) góc giậm nhảy; và (e) thời gian giậm nhảy. (Bridgett và Linthorne, 2006).

Trong những cú nhảy chạy đà hết tốc lực, bàn chân giậm nhảy sẽ tiếp xúc với mặt đất trong khoảng 0,12s. Thời gian giậm nhảy giảm tương ứng với tỷ lệ $1/v^{0.6}$, trong đó v là vận tốc chạy đà (Hình 7.28d). Mô hình đơn giản hóa giai đoạn giậm nhảy trong nhảy xa, trong đó biên độ vận động quay của chân giậm nhảy là như nhau ở tất cả các giá trị vận tốc chạy đà, cho thấy rằng thời gian giậm nhảy thay đổi theo tỷ lệ $1/v$. Tuy nhiên, nhảy xa có xu hướng sử dụng biên độ vận động quay của chân giậm nhảy lớn hơn khi vận tốc chạy đà nhanh hơn lên.

7.5. Bóng chuyền

Các động tác kỹ thuật môn bóng chuyền được xếp vào các loại hoạt động chính xác. Dạng hoạt động này gồm một số nhóm khác nhau cho phép giải quyết một loạt các nhiệm vụ vận động, như đưa một điểm hoạt động của chuỗi động học đến một điểm xác định khác của cơ thể một cách chính xác, nghĩa là sự phối hợp các động tác trong không gian (ví dụ, động tác tung và đập bóng trong phát bóng); hay tính toán chính xác các động tác theo thời gian, nghĩa là sự phối hợp các động tác tại một thời điểm nhất định (trong thực hiện các pha riêng lẻ); hay trong sự phân phối lực (trong chuyền, phát bóng), nghĩa là sự phối hợp các cơ trong không gian; hay sự thống nhất giải quyết các nhiệm vụ khác nhau khi phối hợp động tác động học, động lực học và căng thẳng cơ bắp (khi thực hiện các động tác đập bóng tấn công, đỡ phát bóng); tạo cho bóng có một vận tốc nhất định và điểm rơi vào vị trí định sẵn (khi phát hay chuyền bóng).

Trước khi thực hiện một động tác kỹ thuật nào đó, vận động viên bóng chuyền cần phải duy trì một tư thế nhất định sau khi đi chuyền.

7.5.1. Di chuyển và phát bóng

Hoạt động di chuyển được thực hiện với các tư thế đứng khác nhau sau khi đi, chạy, giậm nhảy hay xoay

Các tư thế đứng: đặc trưng bởi tính năng động của bộ máy vận động, đạt được nhờ động tác hơi đổ người về trước, chuyền khối lượng cơ thể dồn vào nửa trước của bàn chân, khớp gối và khớp khuỷu hơi co (vị trí ngang thắt lưng).

Theo mức độ gấp ở các khớp gối và khớp hông, người ta phân biệt ra các tư thế đứng cao khi gấp gối trung bình bằng 145° , hơi cao bằng 130° và đứng thấp bằng 115° . Theo vị trí của bàn chân trụ, người ta phân biệt các tư thế đứng kiểu đường chéo (một chân đưa ra trước) và tư thế đứng theo phương nằm ngang (hai chân nằm trên một đường thẳng, khoảng cách bằng vai).

Các động tác di chuyển được thực hiện để chọn vị trí vào thời điểm đỡ phát bóng, chuyền bóng, nhận bóng, giậm nhảy chắn bóng hoặc đập bóng tấn công v.v...

Di chuyển được thực hiện bằng một bước xoạc, bước phụ và bước đôi. Khi đón quả bóng bay về một phía, vận động viên có thể thực hiện một bước xoạc. Kiểu di chuyển này sẽ tới được mục tiêu ở khoảng cách không lớn nhanh hơn và là một động tác thường được ứng dụng khi phòng thủ, nó khác với bước đôi ở chỗ có độ dài lớn hơn trong tư thế không có điểm tựa. Các động tác chạy có điểm đặc trưng là xuất phát có gia tốc, thay đổi hướng đột ngột, hoạt động dừng kế tiếp nhau. Bước cuối cùng thường kết thúc bằng động tác hãm.

Động tác phát bóng: gồm tư thế ban đầu và 3 pha kế tiếp nhau: pha chuẩn bị (vung tay lấy đà, tung bóng), pha cơ bản (động tác đập bóng) và pha kết thúc (hạ tay và chuyển sang các động tác tiếp theo).

Để truyền chuyển động cho bóng trong *phát bóng thấp tay*, cần phải tạo ra một tốc độ cần thiết cho bộ phận tác động (bàn tay). Tốc độ cần thiết đối với bộ phận cuối cùng của chuỗi động học là hoạt động của cổ tay đạt được nhờ tác động phối hợp của hai chân và thân mình cùng với sự tăng tốc của những bộ phận này.

Động tác vung tay là sự chuyển động của tay ngược hướng với tác động vào bóng ngay sau đó. Các cơ tham gia tích cực nhằm chuyển hoạt động từ bình thường sang tích cực, không có điểm dừng... Hoạt động vung tay giúp cho việc kéo giãn các cơ và làm tăng quãng đường chuyển động của tay nên làm tăng tốc độ, tăng lực tác động của tay với bóng, do đó pha đập phát bóng có sự gia tăng về tốc độ theo hướng bóng. Vận tốc của bóng có sự tác động tương hỗ phụ với khối lượng cơ thể. Vận tốc lớn và độ chính xác thường có mối tương quan nghịch: độ chính xác bị giảm đi khi vận tốc của bóng quá lớn.

Trong thời gian diễn ra sự tác động khi phát bóng, tất cả các cơ của chuỗi động sinh học hoạt động quá mức sẽ làm tăng khối lượng các bộ phận truyền động. Hiệu quả phát bóng được quyết định bởi độ lớn về tốc độ bay của bóng do sự tác động tương hỗ giữa tay với bóng và độ rơi chuẩn xác vào vị trí đã định trước.

Những động tác sau phát bóng thường được thực hiện nhờ quán tính đồng thời có sự hỗ trợ của các cơ đối kháng nhằm kìm hãm chuyển động của các bộ phận cơ thể. Tay đập phát bóng chuyển động theo hướng phát bóng, hai chân thẳng ở khớp gối, vận động viên tiếp tục di chuyển lên trước.

Khi nghiên cứu tính hiệu quả phát bóng vào các khu vực trên sân cho thấy rằng, tỷ lệ các quả phát bóng giành điểm chỉ đạt ở mức 7 - 10%. Số lượng các quả phát gây khó khăn cho đối phương phụ thuộc vào mối tương quan lực lượng của các bên, thường dao động từ 35 - 60%. Số lượng các quả phát khó đỡ thường rơi nhiều vào các vị trí số 1, 5 và 6, tương ứng là 21, 27 và 34%. Số lượng các quả phát với điểm rơi ở vị trí số 6 chiếm 53,3% đến 60,7%, vào các vị trí 1 và 5 tương ứng là

12,7 đến 17,9% và 14,3 đến 20,5%. Còn số lượng các quả phát bóng vào các điểm 2 và 4 là không lớn.

Khi *phát bóng cao tay*, vận động viên hướng sườn phải về lưới, chân phải đặt trước, tung bóng gần với tay phải và thân. Động tác vung tay được thực hiện theo mặt phẳng vuông góc với mặt sân, tay phải đưa xuống dưới - ra sau, hai chân co ở khớp gối.

Phát bóng được thực hiện bằng một động tác mạnh và nhanh từ phía dưới vào nửa sau của bóng tạo cho bóng xoay theo chiều trước - sau. Tăng lực phát bóng và hạ độ cao đường di chuyển của bóng được thực hiện nhờ uốn thân tích cực cùng với duỗi ở khớp hông và khớp gối. Kết thúc động tác phát bóng, tay vẫn có hướng chuyển động lên trên nhưng biên độ không lớn.

Phát bóng đến vị trí xa và đến vị trí gần trong giai đoạn cơ bản có sự khác nhau về biên độ của sóng ghi điện cơ đồ các cơ ở chân, đồng thời cả về biên độ và tần số dao động điện của tay. Có thể coi những quả phát bóng ở trên như những hoạt động với cấu trúc sức mạnh - tốc độ khác nhau. Phát bóng đến điểm xa mang tính biểu hiện sức mạnh lớn hơn.

Khi phân tích điện cơ đồ các cơ của tay phát bóng, người ta nhận thấy có sự tham gia tích cực của các cơ trước khi phát như: cơ duỗi cổ tay quay, cơ nhị đầu cánh tay, phần sau cơ đen-ta. Đó là những cơ đối kháng thực hiện những hoạt động chủ yếu trong pha phát bóng (những cơ này làm duỗi khớp vai, khớp khuỷu và khớp quay - cổ tay), nhờ đó có sự điều chỉnh chính xác điểm tiếp xúc với bóng khi phát.

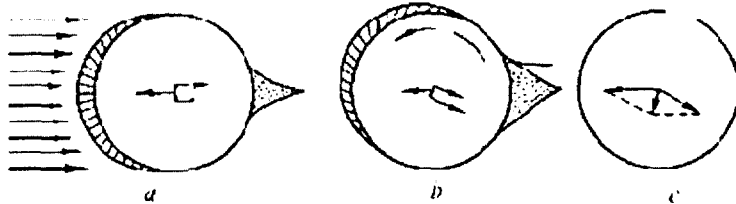
Thời gian tiếp xúc của tay với bóng phụ thuộc vào mức độ biến dạng của bóng - là trị số hữu hạn (khoảng 0,012 - 0,020s) - khi biến dạng tương đối bằng của bóng là 10 - 20%. Sự di chuyển của "kết cấu" tay - bóng vào thời điểm tiếp xúc theo hướng phát từ 10 - 20cm.

Với người mới tập, sự điều chỉnh cảm giác vận động trong thời gian tiếp xúc bóng rất bị hạn chế. Chương trình hành động cần phải phù hợp với hướng tác động trong mọi chuyển động. Trong các kỹ năng tự động hóa các động tác phát bóng, người ta thường thấy có hai dạng điều chỉnh tác động: thứ nhất là chuyển động của tay cùng với bóng về phía trước (phát tới điểm xa); thứ hai: sự tác động tương hỗ trong thời gian rất ngắn giữa tay và bóng với chuyển động của tay từ dưới - lên trên sau đó hãm tay ngay sau khi va chạm (phát bóng vào điểm gần). Những khác biệt trong sự điều chỉnh tác động được thể hiện bởi cơ chế hoạt động khác nhau trong các pha trước và trong khi phát bóng. Dạng điều chỉnh thứ nhất được đặc trưng bởi chuyển động tăng tốc của tay tăng dần cho tới khi tiếp xúc với bóng; độ lớn về tốc độ trước khi phát bóng của tay là 2 - 4m/s và sau khi tác động vào bóng là 2 - 3 m/s.

Dạng điều chỉnh thứ hai đặc trưng bởi xung lực hãm của tay trước khi phát bóng (thường với gia tốc chậm dần), thời gian va chạm ngắn hơn, tốc độ của bóng và tốc độ của tay trước khi phát bóng nhỏ hơn. Chính những sự điều chỉnh đó dẫn tới sự khác biệt về hướng bay của bóng khoảng gần 20^0 và độ lớn của tốc độ bay khoảng 3 – 6m/s.

Sự phù hợp giữa thời điểm bắt đầu chuyển động của tay với chuyển động bay của bóng đạt được nhờ sự thu nhận tín hiệu thị giác về vị trí của nó trong không gian. Tính ổn định của việc xác định vị trí dựa vào tín hiệu này quyết định phần lớn hiệu quả phát bóng, bởi vì những chuyển động tiếp theo diễn ra không có sự điều chỉnh.

Có thể phát bóng cao tay trước mặt sau một hoặc vài bước di chuyển. Tuy nhiên, cần kết thúc di chuyển sao cho ở bước cuối cùng, hai chân phải trở về tư thế ban đầu - tư thế đặc trưng cho động tác vung tay phát bóng. Ở bước cuối cùng, bóng được tung lên và tay vung co lại để phát bóng. Trong khi bay, phía trước quả bóng tạo thành một khối không khí đặc thù, còn phía sau bóng là khoảng không gian bị chia cắt (a) (Hình 7.29). Nếu bóng xoáy, thì bề mặt của nó trùm lên các phần tử khí làm cho một trong các phía của khối không khí tăng lên và ở phía kia sẽ bị giảm đi, nhờ đó khối không khí được tập trung về một phía ngược với chiều xoay của bóng (b). Hướng của hai hợp lực sẽ không trùng với hướng bay của bóng (c).



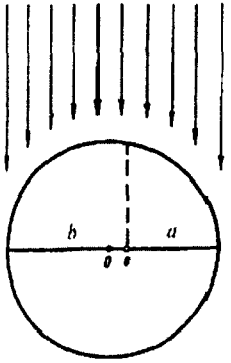
Hình 7.29. Bóng xoáy khi phát

Đặc biệt chú ý là sự thay đổi quỹ đạo bay của bóng thi thực hiện phát bóng xoáy xung quanh trục dọc, khi đó bóng xoáy về một phía đạt được 2 – 3 mét (tùy thuộc vào tốc độ bay và xoay, vào khối lượng, thể tích và độ phẳng bề mặt bóng). Khi xoay quanh trục ngang, bóng dường như bị “ấn” xuống mặt sân, quỹ đạo bay của nó bị ngăn lại.

Để cho bóng xoáy được, vào thời điểm phát bóng, cần đặt bàn tay lên bề mặt của bóng sao cho hướng của lực phát không đi qua trọng tâm của bóng, nghĩa là xoay bàn tay về một phía hoặc lên trên so với điểm giữa.

Trong tất cả các trường hợp phát bóng với tốc độ ban đầu lớn, bóng cần phải xoay quanh trục ngang, chỉ có như vậy bóng mới nằm trong vạch giới hạn của sân, mặc dầu nó có hướng bay ban đầu là về trước - lên trên. Nếu bóng không xoay, thì

trọng tâm (O) của bóng không trùng với tâm điểm hình học (O), do đó cánh tay đòn từ trọng tâm của bóng đến bề mặt bóng (a và b) sẽ có độ dài khác nhau (Hình 7.30). Lực cản không khí cũng sẽ khác nhau do diện tích bề mặt của bóng phía trước cánh tay đòn b sẽ lớn hơn so với phía trước cánh tay đòn a. Do vậy, bóng lúc này tạo ra một – hai dao động gây khó khăn cho việc đỡ bóng chính xác.



Hình 7.30. Bóng không xoáy: trọng tâm bóng không trùng với tâm điểm hình học

Nếu trọng tâm của bóng và tâm điểm hình học nằm trên trục ngang, thì bóng sẽ có những dao động trên mặt phẳng ngang (sang trái – sang phải). Khi các tâm điểm nằm trên trục dọc, thì dao động sẽ diễn ra theo hướng lên trên – xuống dưới, gây khó khăn khi đón bóng.

Muốn thực hiện quả phát không xoáy và tạo ra các dao động trong khi phát, bàn tay cần phải nằm đối diện với trọng tâm của bóng.

Gia tốc khi đập bóng đạt được giá trị lớn nhất dựa trên hoạt động theo mặt phẳng đứng dọc. Trong đó diễn ra hoạt động duỗi tay ở khớp khuỷu xung quanh trục phải – trái với một góc 23° , gấp khớp cổ tay 40° . Việc gia tăng sự căng cơ được thể hiện vào những thời điểm chuyển động khi đó các mắt xích hoạt động của tay phát bóng được huy động hết mức. Tuy nhiên, trong khoảng khắc kế tiếp, các mắt xích chuyển động chủ yếu dưới tác động của các lực quán tính đang tăng lên, kèm theo sự giảm hoạt động điện của cơ cho đến thời điểm cần phải kìm hãm hoạt động của mắt xích.

Phát bóng cao tay dọc biên thường có một vài dạng. Thời điểm đập bóng được thực hiện ở vị trí cao hơn khớp vai, người nghiêng về lưới. Khi thực hiện phát bóng xoáy tại chỗ, vận động viên tung bóng cao hơn đầu khoảng 1,5m, tay đánh bóng vung theo hướng xuống dưới - ra sau, vai hạ thấp, trọng lượng cơ thể dồn lên tay phát bóng. Sau khi tiếp xúc bóng, tay tiếp tục chuyển động về trước, động tác đập bóng có hướng ra trước - lên trên - ra sau (góc độ của tay vươn ra trước khoảng 80°), thân mình xoay về lưới.

Phát bóng cao dọc biên có thể được thực hiện sau một hoặc vài bước để làm tăng xung lực. Ngoài ra, có thể sử dụng dạng phát bóng này với đường bay thấp sát lưới.

7.5.2. Chuyển và nhận bóng

Căn cứ vào hướng chuyển bóng của cầu thủ, người ta phân ra các kiểu chuyển bóng: ra trước, về sau, trên đầu. Theo cự ly, người ta phân biệt: chuyển bóng dài qua một khu vực (ô) (chuyển từ vị trí số 2 sang vị trí số 4); chuyển bóng ngắn (từ số 3

sang số 4) và chuyền bóng lên cao tại chỗ. Về độ cao: chuyền bóng cao – trên 2m; chuyền bóng trung bình – gần 2m và chuyền bóng thấp – gần 1m. Về vận tốc bay của bóng: chuyền bóng chậm – gần 10m/s, chuyền bóng nhanh – gần 16m/s, chuyền bóng tốc độ cao – trên 16m/s. Ngoài ra còn có các kiểu chuyền so với khoảng cách lưới như: chuyền gần – cách lưới 0,5m và chuyền bóng xa lưới – trên 0,5m.

Kỹ thuật chuyền bóng gồm tư thế ban đầu và 3 pha – đưa tay về phía bóng, pha giảm chân và pha đẩy bóng.

Chuyền bóng là nhằm đưa bóng di chuyển đến một vị trí đã định trước. Trong đó quan trọng nhất là hướng chuyển động của bóng, vận tốc và khoảng cách chuyền.

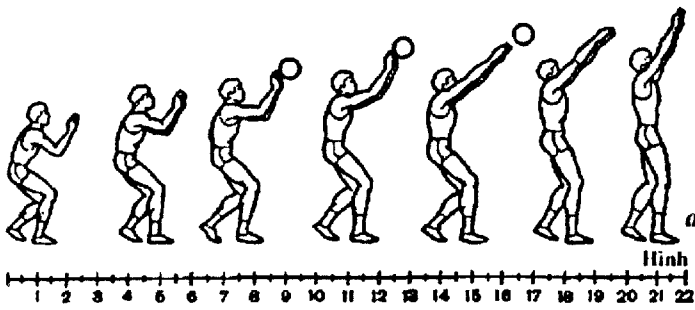
Khi bóng tới gần, thực hiện đón nhận bóng bằng cách duỗi thẳng hai chân, thân mình và hai tay. Góc của khớp vai, khớp khuỷu và cổ tay tăng lên, sự căng cơ cũng tăng theo. Hoạt động này được thực hiện cùng một lúc trong vòng 0,1 – 0,15s.

Hoạt động **đẩy bóng** của tay khi chuyền bóng có nhiệm vụ làm giảm chân và tăng tốc cho bóng. Sự giảm chân xảy ra khi bóng bắt đầu tiếp xúc với các ngón tay tới lúc triệt tiêu hoàn toàn vận tốc của bóng, kéo dài khoảng 0,025 đến 0,03s. Trọng tâm chung của cơ thể vận động viên được nâng lên dần do duỗi các khớp hông và khớp gối. Hai tay duỗi ở khớp khuỷu, góc giữa cẳng tay và bàn tay tăng lên. Tốc độ chuyển động của hai tay tăng dần.

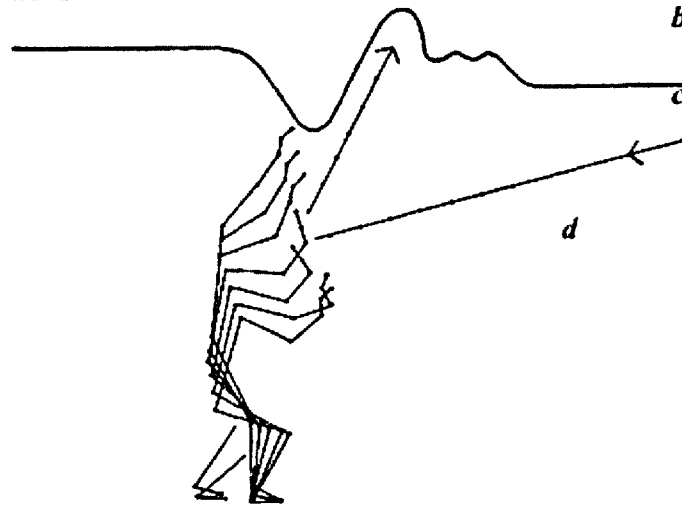
Nếu bóng bay nhanh, động tác giảm chân cũng diễn ra nhanh ngay từ đầu, vì thế thường có một vài mắt xích trong chuỗi động sinh học cùng một lúc tham gia vào động tác. Một trong những khó khăn cơ bản của giảm chân là việc đảm bảo mức độ căng cơ ban đầu, một sai lầm dù nhỏ khi điều chỉnh sự căng cơ cũng có thể gây ra ảnh hưởng lớn tới hiệu quả của động tác.

Khi thực hiện đẩy bóng, ngón tay cái chịu tải trọng chủ yếu để giảm chân, các ngón trỏ và ngón giữa là bộ phận phát lực chủ yếu, các ngón còn lại hỗ trợ và định hướng cho bóng.

Khi bóng rời khỏi tay và tạo nên một hướng bay mới kéo dài chừng 0,025s - 0,03s. Việc tạo cho bóng có hướng bay mới theo một quỹ đạo định trước đòi hỏi phải tăng sự nỗ lực cơ bắp, thể hiện qua sự nỗ lực của hai chân và hai tay. Trong khi đó trọng tâm chung của cơ thể dịch chuyển một chút lên trên - ra trước, trọng lượng cơ thể dồn vào mũi chân. Cổ tay và ngón tay duỗi thẳng tự nhiên, mềm mại và đàn hồi nhằm tăng hoạt động của bóng về phía trước. Trong quá trình tay tiếp xúc với bóng thì khớp khuỷu và khớp gối duỗi mạnh. Mức độ căng cơ giảm dần và trở về trạng thái ban đầu. Đồ thị biểu diễn đường cong của phản lực từ điểm tựa có dạng hình sin: tăng dần và sau đó giảm dần (Hình 7.31).



Tư thế chuẩn bị	Di chuyển của tay lên trên 0,09s	Giảm chân và bóng rơi khỏi tay 0,05s	Hoạt động tiếp theo của tay 0,1s
-----------------	----------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------



Hình 7.31. Chu trình chuyền bóng cao tay: a) Biểu đồ chu trình; b) Biểu đồ thời gian; c) Đồ thị lực ký; d) Biểu đồ hình que

Trong trường hợp bóng bay cao, ra phía sau, động tác chuyền bóng được thực hiện bằng hai tay kết hợp với bật nhảy. Động tác bật nhảy có thể tiến hành giống như sau khi chạy đà đập bóng tấn công hoặc bật tại chỗ tấn công hay chắn bóng. Trong thời gian bật nhảy, vận động viên đưa hai tay lên trên đầu, cao hơn một chút so với chuyền bóng ở tư thế có điểm tựa, xoay hai tay lên trên và chuyền bóng vào thời điểm trọng tâm chung cơ thể ở vị trí cao nhất bằng sự nỗ lực của hai tay. Quả chuyền cho người cùng đội ở vị trí gần được tiến hành bằng một chuyển động ngắn bởi hai cổ tay.

Khi chuyền tới khoảng cách xa, biên độ động tác của tay cần tăng lên đáng kể.

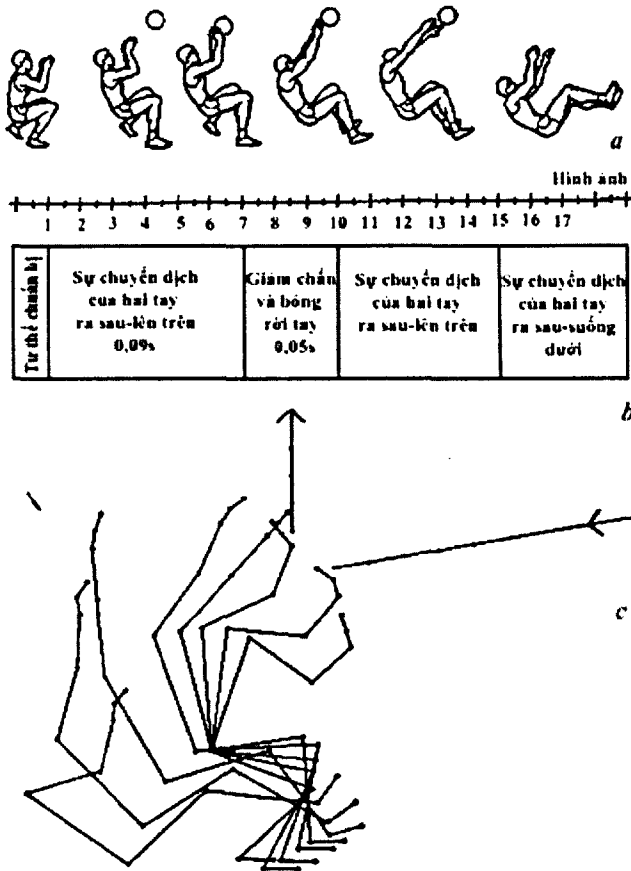
Khi thực hiện quả chuyền về phía sau, vận động viên

đưa hai tay hướng mặt mu tay trên đầu, hai chân duỗi, thân mình ngả theo hướng lên trên - ra sau. Động tác chuyền bóng được thực hiện nhờ duỗi đồng thời hai tay ở khớp khuỷu và chuyển động của thân mình ra sau - lên trên cùng với uốn mạnh cột sống ở phần ngực và phần thắt lưng.

Khi nhảy để thực hiện quả chuyền ra sau qua đầu, kỹ thuật động tác tay cũng tương tự như khi chuyền bóng ở tư thế có điểm tựa.

Chuyền bóng bằng hai tay từ phía trên ở tư thế ngã được sử dụng khi bóng bay thẳng vào cầu thủ. Sau khi chuyền tư thế phù hợp, vận động viên với một bước cuối, chuyển sang tư thế ngồi xổm, một chân đặt phía trước một chút (thường là chân trái), tay ở vị trí ngang mặt, hông ở mức ngang khớp gối, trọng tâm chung hạ thấp sau điểm tựa. Khi bóng đến gần, bằng hoạt động tích cực của bàn chân, nhún người

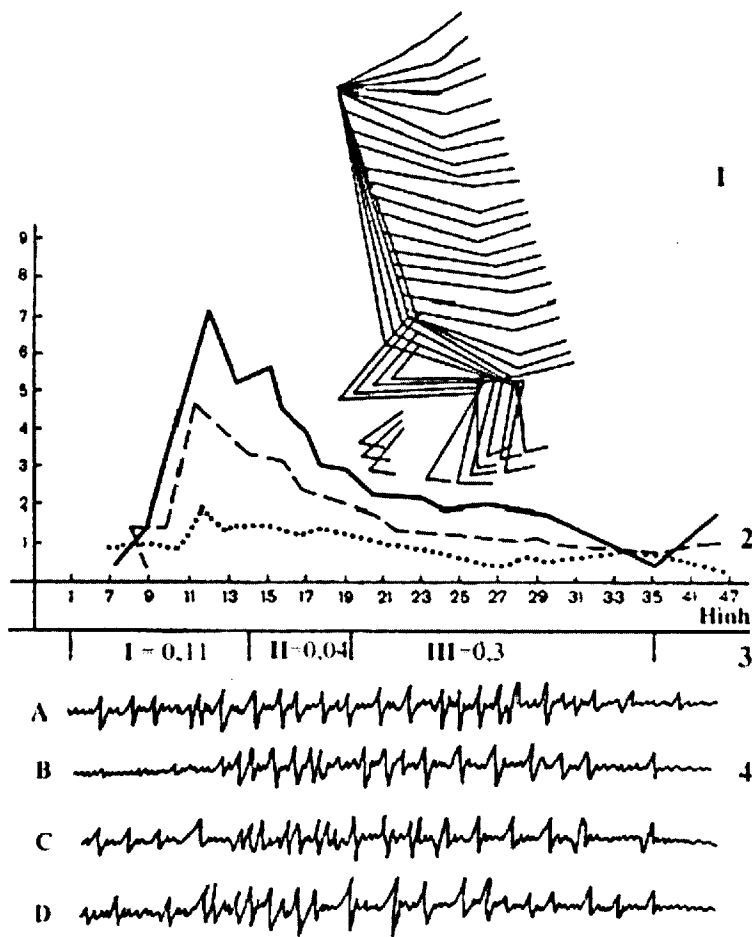
khởi điểm tựa theo hướng ra sau lên trên. Sau khi di chuyển chọn vị trí, vận động viên ở tư thế “ngồi trên gót chân” sau. Kết thúc động tác đỡ bóng, thân mình có xu hướng tiếp tục chuyển động theo hướng ra sau - xuống dưới, sau đó cuộn người đổ ra sau, tỳ hông – lưng xuống sân (Hình 7.32).



Hình 7.32. Biểu đồ chu trình chuyển bóng qua đầu ra sau: a) Biểu đồ thời gian; b) Biểu đồ tư thế động học; c) Kỹ thuật đón và chuyển bóng cao tay với đỡ sau và lặn lưng

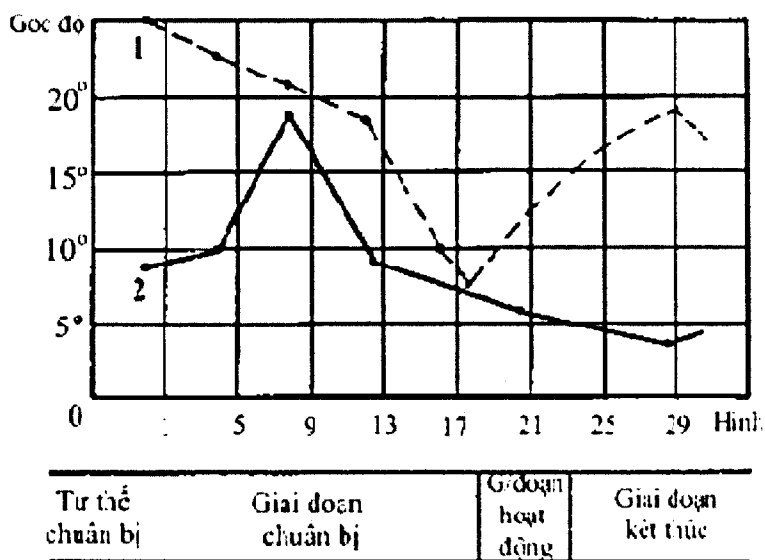
Khi tốc độ của bóng lớn, góc tạo thành giữa vai và trục dọc của thân người nằm trong giới hạn 40° , sau khi tay chạm vào bóng sẽ giảm xuống tới $10 - 12^{\circ}$ bởi vì hai tay của vận động viên khi thực hiện giảm chấn sẽ di chuyển ra sau - xuống dưới (Hình 7.33). Trọng tâm chung của cơ thể hạ xuống, hai chân hơi co ở khớp gối ($110-112^{\circ}$), thân hơi ngả ra trước. Khi bóng tới gần, hai chân duỗi ở khớp gối, thân mình được nâng lên và hơi nghiêng ra trước, hai tay di chuyển lên trên - ra trước. Đồ thị ghi lại những nỗ lực tác động xuống điểm tựa thể hiện rõ những chuyển động tích cực nhằm thực hiện động tác bật nhảy của vận động viên khởi điểm tựa lên trên - ra sau, trong đó thường diễn ra sự duỗi đồng thời các khớp bàn chân. Điều đó phát huy hiệu quả động tác giảm chấn của tay.

Động tác đỡ bóng được thực hiện bằng hai cẳng tay căng cứng trong vòng 0.03s. Sự căng cơ nhị đầu và tam đầu cánh tay, cơ duỗi chung các ngón tay thường tăng lên vào thời điểm va chạm bóng và sau đó giảm dần trong các hoạt động tiếp theo. Sau khi đỡ bóng, hai tay di chuyển ra trước - lên trên nhờ vươn thẳng thân mình và duỗi hai chân (Hình 7.31).



Hình 7.33. Chuyển bóng thấp tay bằng hai tay: 1. Biểu đồ que; 2. Đồ thị tốc độ hoạt động của các khớp: đường liền - khớp quay cổ tay, đường ngắt quãng - khớp khuỷu, đường chấm - khớp vai; 3. Biểu đồ thời gian theo từng pha; 4. Lực ký đồ: A - cơ nhị đầu cánh tay, B - cơ tam đầu cánh tay, C - cơ chung gấp các ngón tay, D - cơ chung duỗi các ngón tay.

Hình 7.34. Thay đổi góc: 1. Giữa cánh tay và trục dọc; 2. Giữa đùi và cẳng chân khi đỡ bóng từ dưới thấp



Đệm bóng bằng một tay thường được thực hiện khi bóng bay ở cách xa cầu thủ bằng một bước di chuyển cơ bản hay xoay chân. Động tác đỡ bóng được thực hiện bằng bàn tay căng cơ tối đa.

Đệm bóng từ phía dưới bằng hai tay hoặc một tay với động tác đỡ người ra sau được thực hiện tương tự như đã mô tả ở trên, chỉ khác là động tác đỡ bóng được thực hiện bằng cả hai hoặc một tay từ phía dưới.

Đệm bóng từ phía dưới bằng một tay (hoặc bằng hai tay) với động tác đỡ người ra trước chống hai tay kết hợp với động tác trượt bằng ngực - bụng (kỹ thuật cá nháy) có giá trị lớn đối với hiệu quả phòng thủ. Khi thực hiện bước cuối cùng, vận động viên làm động tác xoay chân ra trước (chân trụ), chuyển trọng tâm xuống dưới - ra trước. Trọng tâm chung của cơ thể thay đổi, thân người trên chân trụ và ngả về phía trước so với trục dọc, hai tay đưa ra trước để chuẩn bị đỡ bóng. Cùng với chân trụ, kết hợp với chân lăng ở phía sau thực hiện động tác bật lên, thân di chuyển trong không gian ra trước - lên trên, góc nghiêng của nó so với trục ngang tăng, động tác đỡ bóng được thực hiện trong khi bay bằng mu tay hoặc bằng nắm đấm.

Sau khi đỡ bóng, cả hai tay duỗi thẳng ra trước rồi dang ra hai bên hơi rộng hơn vai, thân mình tiếp tục ở tư thế không điểm tựa. Trọng tâm cơ thể bị chuyển ra trước - xuống dưới do tiếp xúc với mặt sân. Khi tiếp đất bằng hai tay, sự giảm chấn được thực hiện chủ yếu bằng cơ cơ nhượng bộ của nhóm đai chi trên. Uốn mạnh thân ở phần cột sống thắt lưng, hạ thấp về trước - xuống dưới cho tới khi ngực và bụng tiếp xúc với mặt sân. Sự tiếp đất thường đi kèm với động tác trượt của thân trên, lúc đó cảm hơi nâng lên.

7.5.3. Đạp bóng tấn công

Đặc trưng của kỹ thuật đạp bóng tấn công là sự kết hợp nhiều động tác phối hợp phức tạp được thực hiện trong khoảng thời gian rất ngắn với sự tập trung cao độ sự nỗ lực cơ bắp tạo nên sức mạnh tốc độ, sự khéo léo và độ chính xác.

Một quả đạp bóng tấn công là một hệ tổng thể của các giai đoạn gồm: chuẩn bị (chạy đà, nháy, vung tay), giai đoạn chính (động tác đạp) và giai đoạn kết thúc (rơi xuống và tiếp đất).

Việc chuẩn bị thực hiện những quả đạp tấn công được thực hiện nhờ đi bộ tăng tốc chuyển dần sang chạy. Chạy đà gồm từ 2 - 4 bước. Điều đó được thực hiện bởi tư thế ban đầu khi chuẩn bị tấn công và mục đích chiến thuật của quả chuyển hai. Những chỉ số trung bình về thời gian thực hiện bước một (0.54-0.58s) chứng tỏ nó có độ biến dạng cao. Bước hai của chạy đà có thể là tư thế có hai điểm tựa, một điểm tựa và không có điểm tựa (như trong chạy). Lúc này vận động viên sẽ xác định quỹ đạo bay của bóng để điều chỉnh tốc độ chạy đà.

Bước thứ ba của chạy đà diễn ra trước khi nhảy, từ tư thế một điểm tựa và không có điểm tựa. Yếu lĩnh thực hiện trước khi nhảy chính là tư thế không có điểm tựa của bước thứ 3 - “bước trượt”. Động tác đặt hai chân theo kiểu domino khi bật nhảy chính là đặt chân theo trình tự lần lượt (chiếm 98.7%).

Tổng thời gian thực hiện hoạt động chạy đà được biểu thị bằng công thức: $T_0 = T_p + T_r$ trong đó T_p là thời gian bay của bóng trong quá chuyển hai, T_r là độ khác biệt về thời gian giữa thời điểm bắt đầu chạy đà và quả chuyển hai. Giá trị của đại lượng T_r có ký hiệu dương (+) nếu chạy đà bắt đầu trước thời điểm chuyển bóng, thường diễn ra khi thực hiện những quả đập tấn công liên tiếp và có ký hiệu âm (-) khi chạy được bắt đầu muộn hơn thời điểm chuyển bóng.

Khi tấn công, thời điểm bắt đầu chạy đà so với thời điểm chuyển bóng và khoảng thời gian di chuyển trực tiếp của vận động viên thường hay thay đổi nhất (Bảng 7.4).

Bảng 7.4. Thời gian tạo đà

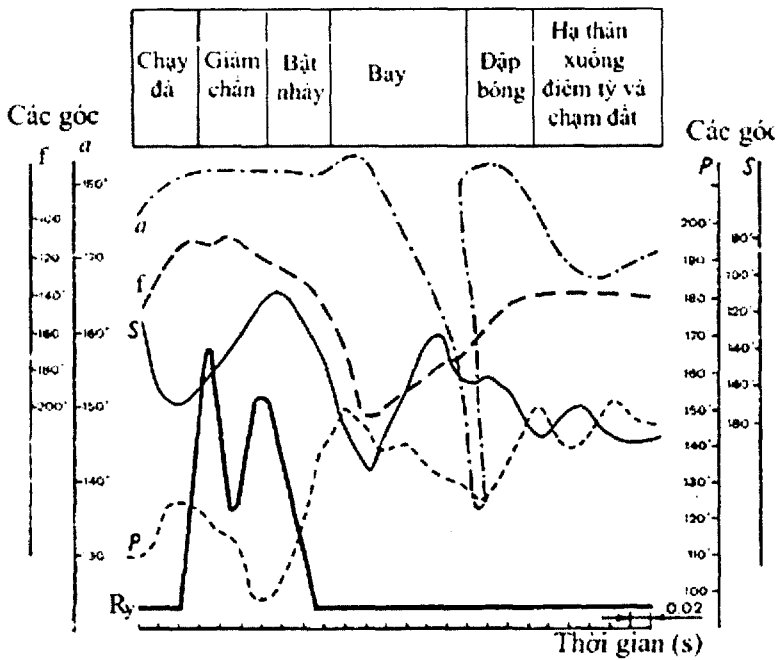
Quả chuyển	T_0 (s)	T_p (s)	T_r (s)
Ngắn	1,960± 60	0,540 ± 50	1,420±32
Chuyển cách quãng	2,010± 174	0,980 ± 41	1,030±169
Trung bình - số 3 đến số 4	2,030 ± 72	1,440± 15	0,590 ± 70
Cao - từ số 3 đến 4	2,030± 59	1,630±16	0,400 ± 57
Từ khu vực xa đến số 4	1,930± 68	1,640±22	0,290 ± 64

Nhờ sự phân loại nói trên người ta xác định được những yếu tố cơ bản quyết định tính hiệu quả của việc thành thực kỹ thuật chạy đà hợp lý. Những yếu tố đó là: khả năng phán đoán đường bóng trên cơ sở thông tin sơ bộ về tình huống thi đấu; các kỹ năng và kỹ xảo điều chỉnh hoạt động chạy đà trong khi thực hiện nó.

Kỹ thuật tiếp cận bóng có thể có sự khác biệt cơ bản: tổng thời gian của động tác, thời gian giậm nhảy, tốc độ chạy đà trên mặt phẳng ngang v.v...Căn cứ vào những đặc tính động học đó, cần phân loại các kiểu tiếp cận bóng đối lập nhau theo cơ cấu thành các kiểu dự đoán - nhanh và điều chỉnh - chậm.

Cự ly chạy đà thường từ 2 - 4m (2 - 3 bước và giậm nhảy). Khi giậm nhảy, bàn chân đưa ra trước, một chân đặt gót - “bước hãm”, còn chân kia đặt sát chân thứ nhất, hai tay duỗi thẳng ra sau. Hiệu quả sử dụng lực quán tính được tạo ra bởi tốc độ chạy đà theo phương nằm ngang, sau đó biến thành tốc độ nhảy theo phương thẳng đứng phụ thuộc vào tính liên tục của các chuyển động trong thời điểm đó.

Trong bóng chuyền, động tác bật nhảy cần đạt độ cao tối đa, vì thế vận động viên cần phải giậm nhảy càng nhanh càng tốt nhằm tạo cho cơ thể một tốc độ theo phương thẳng đứng lớn nhất. Động tác bật nhảy được thực hiện bằng cách bật cả hai chân từ điểm tựa kết hợp với các động tác đánh lăng của hai tay. Những hoạt động này có mối liên quan mật thiết với nhau và tốc độ theo phương thẳng đứng phần lớn phụ thuộc vào sự phối hợp nhịp nhàng giữa chúng (Hình 7.35). Các lực căng cơ khi tác động với vai trò là những lực phát động là nguyên nhân tạo nên chuyển động tăng tốc trong các khâu vận động linh hoạt của vận động viên bóng chuyền.



Hình 7.32. Tính thống nhất giữa các mắt xích trong cơ thể khi thực hiện đập bóng tấn công: a. Thay đổi góc khớp khuỷu phải; f. Thay đổi góc khớp hông; S. Thay đổi góc khớp gối; Ry. Phản lực từ điểm tựa theo phương thẳng đứng

điểm tựa và phản lực từ điểm tựa tương ứng sẽ rất nhỏ, xung lượng của phản lực từ điểm tựa để đưa cơ thể lên cao sẽ không lớn.

Ở một khía cạnh khác, căn cứ vào biên độ hoạt động của khớp sẽ gián tiếp xác định thời gian giậm nhảy. Cánh tay đòn mômen lực kéo của các cơ ở đây có một ý nghĩa to lớn nhờ tư thế khác nhau của các khớp, có thể đáp ứng với cùng độ lớn của lực tác động lên điểm chống tựa. Vì thế, khi muốn nhảy thật cao, các vận động viên thường ngồi xổm ở tư thế thấp tùy vào năng lực sức mạnh của mình. Ở tư thế như vậy, mô-men lực phản xạ điểm tựa đối với trục chung của các khớp hông và mômen trọng lực đối với các trục phải - trái của các khớp gối lớn hơn rất nhiều so với khi ở

Tư thế của hai bàn chân khi bật nhảy có ý nghĩa cơ bản để đạt được độ cao tốt nhất. Tư thế hợp lý nhất là tư thế song song tự nhiên của hai bàn chân hoặc tư thế đặt có sự chênh lệch không lớn.

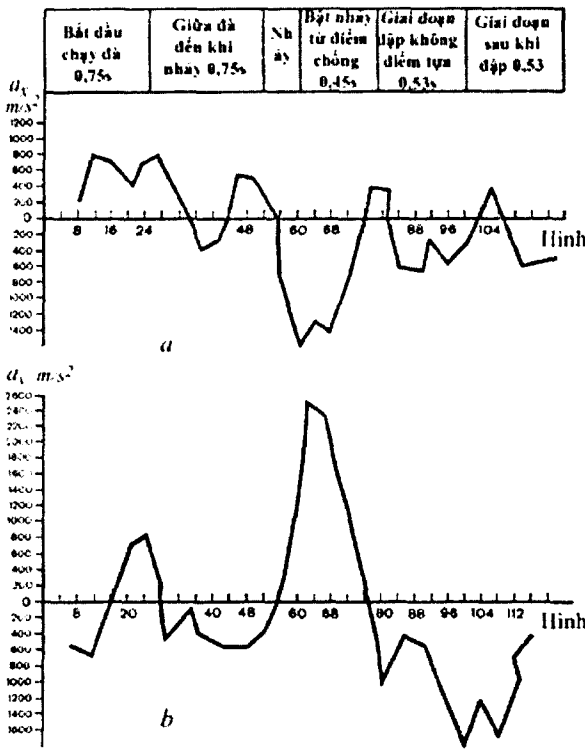
Có thể giảm thời gian bật nhảy tối đa bằng chân hơi gấp gối, tuy nhiên sự tác động lên điểm tựa lại rất nhỏ và do đó tạo ra một xung lượng không lớn. Ngược lại, thời gian giậm nhảy sẽ lớn nếu vận động viên không khăn trương đập mạnh hai chân. Nhưng lúc đó sự tác động lên

tư thế ngồi cao (với cùng trọng lực và phản lực từ điểm tựa). Các cánh tay đòn của những lực tương ứng ở trường hợp thứ nhất cũng lớn hơn do sự tăng phản lực từ điểm tựa vượt qua trọng lượng của cơ thể là chủ yếu, nên tư thế ngồi xõm thấp thường hợp lý hơn đối với một vận động viên có sức mạnh tương đối lớn hơn.

Khi tăng tốc độ hoạt động của các khớp, lực giới hạn do các cơ bắp sinh ra thường bị giảm đi. Vì thế, việc bắt đầu bật nhảy từ tư thế ngồi xõm quá thấp (với một vận động viên nào đó) là bất lợi. Do đó, cần tối ưu hóa mức độ gấp gối ban đầu trước khi bật nhảy.

Gấp gối nhiều (gần 120°) có tác dụng làm tăng quãng đường “tạo đà” của trọng tâm chung của cơ thể, nhưng lại làm giảm công suất giậm nhảy, trong khi đó gấp gối từ $120^{\circ} - 130^{\circ}$ làm tăng công suất lực khi bật nhảy nhưng lại làm giảm quãng đường

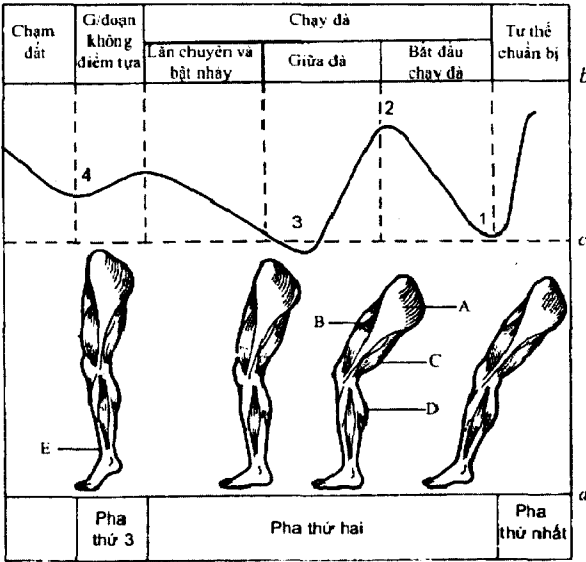
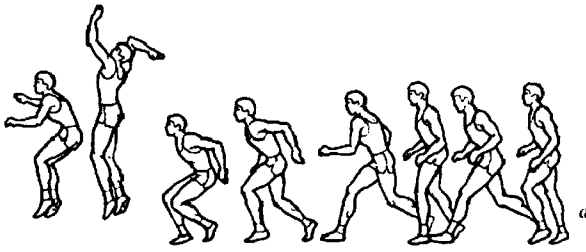
di chuyển của trọng tâm chung. Vì thế, khi lực của các chi dưới mà lớn cần phải gấp gối trong giới hạn từ $110 - 115^{\circ}$. Khi lực chân tương đối nhỏ hoặc yêu cầu tốc độ trong các động tác (ở các vận động viên bóng chuyền trẻ) thì bật nhảy với một góc co chân ở các khớp gối là $120 - 130^{\circ}$ là hợp lý. Nếu thực hiện bật nhảy tại chỗ thì hai chân gấp ở khớp gối khoảng gần $80 - 90^{\circ}$. Đó là do ở chế độ làm việc như trên, các cơ của chi dưới không thể hiện được sức mạnh tối đa. Vì thế, muốn tăng độ cao giậm nhảy cần phải tăng quãng đường di chuyển của trọng tâm chung của cơ thể lên rất nhiều (Hình 7.36).



Hình 7.36. Đồ thị theo trục ngang – a và trục dọc – b của gia tốc trọng tâm chung của cơ thể trong đập bóng tấn công

hoạt động tích cực của các cơ mông to, cơ bán gân, bán mạc và cơ nhị đầu đùi. Hoạt động lăng tay với biên độ rộng khi từ từ kéo giãn cơ đến giá trị gần giới hạn tạo nên sự co cơ nhượng bộ. Kết hợp các yếu tố trên, ngay từ đầu vận động viên có thể bật lên rất mạnh.

Qua phân tích điện cơ đồ, so sánh với lực ký đồ và hình dáng động tác bên ngoài của chuyển động cho thấy: hoạt động điện sinh học trong các cơ bắt đầu xuất hiện từ thời điểm giậm nhảy, sau đó biên độ điện sinh học tăng dần lên cho tới khi đạt được giá trị lớn nhất ở các cơ cẳng chân vào thời điểm cuối giậm nhảy. Nhờ hoạt động tích cực của các cơ tam đầu của cẳng chân, cơ chày sau, cơ gấp ngón chân cái dài, cơ mác dài và mác ngắn, đã tạo nên hoạt động gấp mạnh mẽ bàn chân (gấp gan chân) vào thời điểm cuối cùng của giậm nhảy. Những hoạt động này tạo điều kiện cho việc hoàn thành động tác giậm nhảy kết hợp với hoạt động đánh lăng của tay được thể hiện bằng đường cong trên đồ thị (Hình 7.37).



Hình 7.37. Tạo đà trong đập bóng tấn công:

- a) các giai đoạn thực hiện; b) biểu đồ thời gian; c) đồ thị lực ký: 1. Xung lực đặt chân lên điểm chống; 2. Giảm áp lực khi gấp gối; 3,4. Tăng áp lực lên điểm chống khi giậm nhảy; d) cấu trúc giải phẫu của giai đoạn giậm nhảy: A. Cơ mông to, B. Cơ tứ đầu đùi, C. Cơ bán mạc, D. Cơ tam đầu cẳng chân, E. Cơ dài gấp ngón cái

Khi bật nhảy từ tư thế ngồi xổm, hai chân duỗi ở tất cả các khớp và rời khỏi điểm tựa, thân mình chuyển động lên trên và hơi ra trước một chút.

Ở trạng thái không điểm tựa, quỹ đạo của cơ thể được quy định bởi một mômen véctơ vận tốc, độ lớn và hướng. Vận tốc bay ban đầu, nghĩa là vận tốc vào thời điểm rời khỏi điểm chống tựa cũng được xác định trước bởi các lực tác động đến cơ thể xảy ra trước thời điểm chuyển sang trạng thái không điểm tựa. Việc phân chia vận tốc của cơ thể ở trạng thái không điểm tựa thành các yếu tố thẳng đứng và nằm ngang là hợp lý.

Quỹ đạo của cơ thể ở trạng thái không điểm tựa luôn luôn có dạng parabol và nằm trên mặt phẳng thẳng đứng (khi phương của vận tốc chính xác lên phía trên hoặc xuống phía dưới parabol, parabol chuyển thành đường thẳng đứng).

Thời gian bay được xác định bằng tổng thời gian nâng người (sau khi thô tiếp xúc với đất) và thời gian rơi của nó (cho tới khi tiếp đất).

Mối tương quan giữa thời gian bay lên và rơi xuống gần như nhau (0.32 - 0.33s), xác nhận việc thực hiện động tác đập bóng tại vị trí cao nhất của trọng tâm chung của cơ thể.

Theo định luật bảo toàn mômen động lượng, vận động viên có thể thay đổi hướng của cơ thể và tốc độ quay quanh một trục bất kỳ trong số ba trục cơ bản: trục phải - trái, trục trên - dưới và trục trước - sau. Sự thay đổi tư thế ở trạng thái không điểm tựa làm biến đổi không chỉ vị trí sắp xếp của các mắt xích liên hệ mật thiết với nhau của cơ thể mà còn cả về hướng của chúng trong không gian.

Vận động viên thực hiện động tác vung tay đánh bóng lên trên - ra sau đồng thời với hoạt động trên không, cơ thể gập ở phần ngực và thắt lưng, hai chân hơi co ở khớp gối, vai phải đưa ra sau. Cùng lúc đó, tay trái hơi co ở khớp khuỷu, đưa lên trên, cùng phía.

Hiệu quả lớn nhất khi thực hiện các động tác tốc độ là nhờ các cơ co từ trạng thái bị kéo giãn, để thực hiện điều đó người ta sử dụng những động tác chuẩn bị dưới hình thức kéo căng các cơ vùng vai, bụng và chi trên tự do ở tất cả các mắt xích. Sự kéo giãn các nhóm cơ ngực và bụng hết mức sẽ làm tăng tính năng của chúng khi co một cách tích cực và nhanh chóng, giúp tập trung lực vào thời điểm đập bóng.

Tốc độ di chuyển tối đa của mắt xích cuối cùng đạt được nhờ sự "cố định" liên tục của các khớp ở các chi và sự biến đổi nó từ chuỗi vận động mềm thành cánh tay "đòn bẩy" vững chắc, cho phép vào thời điểm tiếp xúc bóng "kết nối" với khối lượng của các mắt xích cuối cùng với khối lượng các mắt xích khác của chuỗi (đầu gối), cũng như của thân mình. Đổi lại, điều đó tạo nên sự hãm cánh tay đánh bóng trước khi đập trong quá trình vung - đập ở các mắt xích đầu gối của chuỗi, được kết thúc ở đầu xa. Động tác hãm nói trên thể hiện đặc tính quan trọng của chuyển động "hình cánh cung" của con người - sự truyền dẫn năng lượng động (động lực) liên tục từ các mắt xích đầu gối tới các mắt xích đầu xa.

Động tác đập bóng là sự truyền vận tốc lớn từ mắt xích đánh bóng trong một khoảng thời gian tiếp xúc rất nhỏ. Vào thời điểm đập bóng, tay đánh bóng duỗi thẳng ở khớp khuỷu, trong khi các cơ bụng, cơ ngực và tay vung được kéo căng rồi co mạnh đột ngột. Tay duỗi thẳng, bàn tay tiếp xúc bóng trong trạng thái thả lỏng từ phía trên - ra sau. Tốc độ được tạo ra không phải do sự dịch chuyển của mắt xích đánh bóng mà là do hoạt động quay ở các khớp. Điều đó cho phép trong một khoảng thời gian ngắn nhất, phát huy được tốc độ lớn nhất. Tất cả các mắt xích nằm ở vị trí sau cùng đều tham gia vào việc tạo ra tốc độ của mắt các xích trước đó. Chúng tiếp nhận tốc độ chậm hơn do tính ì lớn, những mắt xích ở xa điểm tựa phát huy được tốc độ trong khoảng thời gian ngắn nhất và đạt được những giá trị lớn.

Việc truyền một số lượng lớn các chuyển động trong chuỗi động học diễn ra trong mối quan hệ phụ thuộc như sau: tốc độ của mắt xích ở đầu gần bắt đầu bị giảm xuống, còn tốc độ của mắt xích ở đầu xa tại thời điểm đó lại bắt đầu tăng lên. Tốc độ tối đa của thân người trong khi đập bóng tại chỗ là 3 - 4m/s tương ứng với điểm bắt đầu tăng của đường cong biểu thị tốc độ cánh tay đòn sau đó đạt tới 6m/s. Tiếp theo tốc độ của cẳng tay đạt khoảng gần 10m/s và tốc độ của bàn tay đạt gần 15m/s. Thời điểm bắt đầu hãm, mắt xích dưới diễn ra cùng với sự tăng tốc của mắt xích ở phía trên nó.

Mối quan hệ hàm số tuyến tính giữa tốc độ trước và sau của các mắt xích và bóng hoàn toàn không diễn ra, nhưng sự chi phối tốc độ sau khi đập bóng sẽ diễn ra vào thời điểm tiếp xúc với bóng và phụ thuộc vào mức độ sẵn sàng của chuỗi động học đến khi đập bóng.

Sự nắm vững những kỹ xảo của động tác đập bóng không bị giới hạn bởi cấu trúc động tác chỉ trong hệ động học, đó là chuỗi mắt xích trực tiếp thực hiện quả đập. Ngược lại, tất cả trường lực được tạo nên từ mắt xích điểm tựa qua thân người đến mắt xích đập trực tiếp với sự sử dụng tối đa các bậc tự do có thể.

Động tác đập của tay đánh bóng được thực hiện bằng cách sử dụng trọn vẹn cánh tay đòn chủ yếu nhờ vào hoạt động quay khớp vai quanh trục phải - trái và động tác duỗi cẳng tay. Thời điểm phối hợp chính động tác đập của tay đánh bóng là sự truyền năng lượng động lực do chuyển động quay của vai đến hoạt động duỗi của cẳng tay. Do vậy, trong quá trình diễn ra động tác đập, vai như một mắt xích của chuỗi động học có nhiệm vụ truyền năng lượng động lực từ mắt xích này tới mắt xích khác, sau đó với vị trí là mắt xích có nhiều bậc tự do hơn so với cẳng tay, sẽ thực hiện vai trò chủ yếu trong sự lựa chọn hướng đập.

Tốc độ chuyển động lớn của bàn tay đảm bảo một lực đập đủ mức cần thiết. Vì vậy, khi thực hiện những quả đập tấn công, chủ yếu cần phải chú ý không chỉ đến lực đập, mà còn đến tính kịp thời và hướng của bóng.

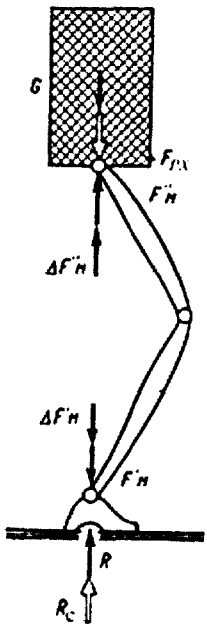
Trong khi thực hiện những quả đập tấn công, các cơ hoạt động theo trình tự sau: đầu tiên là lực tác động của những cơ mạnh hơn, sau đó cùng với sự tăng tốc của các mắt xích trong chuỗi động học của những cơ kém mạnh hơn và cuối cùng là những cơ của các mắt xích kết thúc động tác.

Tư thế của đầu có một ý nghĩa nhất định đối với việc thực hiện quả đập tấn công. Cúi đầu ra trước sẽ kích thích hoạt động của các cơ ở mặt trước cơ thể, có nghĩa là nó cho phép phát huy một lực và công suất lớn của động tác gập thân. Khi đó tư thế của đầu sẽ cản trở việc uốn thân, duỗi chân ra sau và tay ra sau từ tư thế tay trên cao. Ngược lại, ngả đầu ra sau làm giảm khả năng của vận động viên trong

các động tác hướng ra trước. Quay đầu sang trái giúp cho động tác xoay cùng một lúc của thân cùng với đưa tay trái ra sau khi đang buông xuống hoặc đang gior về một phía, khi đó làm cản trở chuyển động đối xứng của tay phải.

Những động tác sau khi đập thường được thực hiện theo quán tính với sự hãm đồng thời của các cơ đối kháng. Vận động viên bóng chuyền tiếp đất bằng hai chân co ở khớp gối, tốc độ thành phần theo phương thẳng đứng giảm xuống tới số 0, và dừng lại. Trong khi cơ thể hạ thấp, một phần thế năng của nó chuyển thành động năng và một phần bị tiêu hao do tác động của lực cản và hoạt động căng cơ. Điều đó tạo ra khả năng bảo vệ bộ máy vận động khỏi bị chấn thương, duy trì độ bền vững của cơ thể và chuẩn bị cho việc thực hiện động tác tích cực tiếp theo.

7.5.4. Chấn bóng



Vận động viên bóng chuyền di chuyển bằng cách xoay chân hoặc bằng những bước phụ về phía bóng theo dự tính một khoảng cách gần 2m, nếu trên 3m thì di chuyển bằng cách chạy bình thường. Khi đó, hai chân của cầu thủ hơi co lại ở khớp gối, hai tay buông xuống dưới và hơi gấp ở khớp khuỷu, bàn tay ở trước ngực. Ở tư thế ban đầu, vận động viên tăng mức độ gấp ở khớp gối và khớp cổ chân, khớp khuỷu gấp đặt ở ngang thắt lưng hoặc ngang đầu, hai chân rộng bằng vai. Khi giậm nhảy theo phương thẳng đứng, lực hãm của trọng lực O tác động lên điểm tựa. Lực P_M chuyển qua hai bàn chân xuống điểm tựa và tạo ra phản lực từ điểm tựa K (Hình 7.38). Nội lực P_N đặt lên các mắt xích còn lại của cơ thể và xét về mặt động lực học thì nó tác động như một ngoại lực lên các mắt xích này.

Hình 7.38. Lực tác dụng khi giậm nhảy: F'_M - áp lực của cẳng chân lên điểm chống; F''_M - áp lực của đùi lên khung chậu; R - phản lực từ điểm chống lên F''_M tác động qua bàn chân; $\Delta F''_M$ - lực cân bằng với trọng lực; F_{Px} - lực quán tính; R_c - phản lực từ điểm chống lên toàn bộ cơ thể

Khi chấn bóng tại chỗ, những quả đập tấn công được thực hiện từ những quả chuyền thông thường, vận động viên giậm nhảy khỏi điểm tựa vào lúc đối phương ở giai đoạn trên không. Điều đó là do quỹ đường di chuyển trọng tâm chung (TTC) của vận động viên chấn bóng ngắn hơn so với vận động viên tấn công. Sau khi ước tính về không gian - thời gian hành động của vận động viên tấn công, vận động viên chấn bóng mới giậm nhảy khỏi điểm tựa. Động tác được bắt đầu bằng hai tay, sau đó là hai chân.

Chấn bóng được diễn ra trong khoảng 2 - 2,5s qua 3 pha: phán đoán các hành động của đối thủ và xác định vị trí ô cần phải thực hiện động tác chấn trong khoảng 0,3 - 0,5s; di chuyển đến ô chấn bóng - từ 1 - 1,15s; nhảy và đưa hai tay lên phía trên lưới - từ 0,4 - 0,5s.

7.6. Bóng rổ

7.6.1. Kỹ thuật thực hiện các động tác di chuyển

Các động tác di chuyển được thực hiện từ các tư thế đứng khác nhau. Kết hợp với việc ứng dụng đi bộ, chạy, nhảy, dừng lại và xoay người

7.6.2. Các tư thế đứng

Việc thực hiện các động tác bắt bóng trong bóng rổ được thực hiện từ tư thế thuận lợi và vững chắc nhất đó là tư thế đứng. Tư thế đứng trong khi chơi phòng thủ khác với tư thế đứng khi chơi tấn công, chủ yếu bởi tư thế hai tay và hai chân. Trong trường hợp khi đứng ở vị trí cách xa người tấn công, hai tay của người phòng thủ ở tư thế tự do, co ở khớp khuỷu. Nếu đối phương đang không chế bóng và chưa chuyển sang dẫn bóng, người phòng thủ đưa một tay về phía bóng, còn tay kia buông xuống về phía có lối thoát. Nếu đối phương đã dẫn bóng thì cả hai tay đưa về phía bóng, tư thế hai chân người phòng thủ cũng thay đổi tùy thuộc vào các tình huống thi đấu. Khi kèm sát đối phương đang đứng ở vị trí phía bên trái hoặc bên phải của rổ, người phòng thủ đưa một chân ra phía trước làm cản bước tiến của đối phương dọc theo đường biên dọc và đường biên ngang. Khi kèm đối phương đang đứng ở giữa sân, hai chân đặt nằm trên một đường thẳng hoặc đặt trước chân đối phương, mà từ phía đó vận động viên thường thực hiện động tác lách người qua.

7.6.3. Đi

Được áp dụng trong thi đấu thường ít hơn so với các phương pháp di chuyển khác. Nó được sử dụng chủ yếu để thay đổi vị trí thi đấu của các cầu thủ trong thời gian những quãng nghỉ ngắn và để thay đổi nhịp độ chuyển động kết hợp với chạy. Khác với đi bộ thông thường, vận động viên bóng rổ di chuyển bằng hai chân hơi co ở khớp gối.

7.6.4. Chạy

Là hình thức di chuyển chủ yếu của vận động viên bóng rổ. Khác với chạy trong điền kinh, vận động viên bóng rổ cần phải có kỹ năng thực hiện các động tác tăng tốc trong phạm vi của sân về một hướng bất kỳ, thay đổi nhanh hướng chạy và tốc độ chạy. Một đặc điểm của chạy trên đường thẳng là sự tiếp xúc của chân với mặt sân cần được thực hiện bằng cách chuyển từ gót chân sang mũi chân hoặc đặt

nhẹ cả bàn chân xuống đất. Sự tăng tốc đột ngột, bất ngờ đối với đối thủ hoặc sự tăng tốc độ xuất phát được thực hiện dưới dạng chạy lao mạnh. Để thực hiện động tác chạy lao mạnh, vận động viên tiến hành 4 – 5 bước ngắn và kết hợp nhanh với di chuyển bằng mũi chân. Khi đó, thân người ngả ra trước, hai tay co lại ở khớp khuỷu và chuyển động tích cực theo nhịp các bước chạy. Sự thay đổi hướng chạy được thực hiện bằng đạp mạnh chân trước về phía ngược chiều với chuyển động dự định. Thân người nghiêng về phía mới được lựa chọn.

7.6.5. Các động tác nhảy trong bóng rổ

Được thực hiện bằng một hoặc hai chân. Trước khi nhảy bằng cách bật mạnh chân, bước cuối cùng trong chuyển động được thực hiện dài hơn, chân giậm nhảy hơi co được đặt bằng gót. Chân lăng đưa ra trước – lên trên đồng thời co lại thành góc vuông. Những cú nhảy bằng cách bật cả hai chân được thực hiện với đà hoặc tại chỗ. Trong trường hợp thứ nhất, bước cuối được thực hiện giống như khi nhảy bằng cách bật một chân. Chân lăng đặt cách chân trụ một bàn chân rồi sau đó tiến hành giậm nhảy cùng lúc. Khi thực hiện các cú nhảy tại chỗ, giậm nhảy được thực từ tư thế đứng nhờ đạp duỗi mạnh hai chân và chuyển động của hai tay ra trước – lên trên cùng với động tác tiếp đất bằng hai chân hơi giạng và co ở khớp gối.

7.6.6. Các động tác dừng

Các động tác dừng được thực hiện bằng động tác nhảy và bằng hai bước chạy đà. Ở cách thứ nhất, cầu thủ thực hiện động tác nhảy không cao và trượt đi khi đang chuyển động. Khi dừng lại bằng hai bước, vận động viên vẫn duy trì nhịp điệu chạy và thực hiện bước cuối cùng dài hơn rồi dừng lại bằng gót chân.

Các động tác xoay người được vận động viên tận công sử dụng để thoát khỏi sự kèm người của đối phương hoặc che chắn bóng và thực hiện các thủ pháp khác.

7.6.7. Kỹ thuật không chế bóng

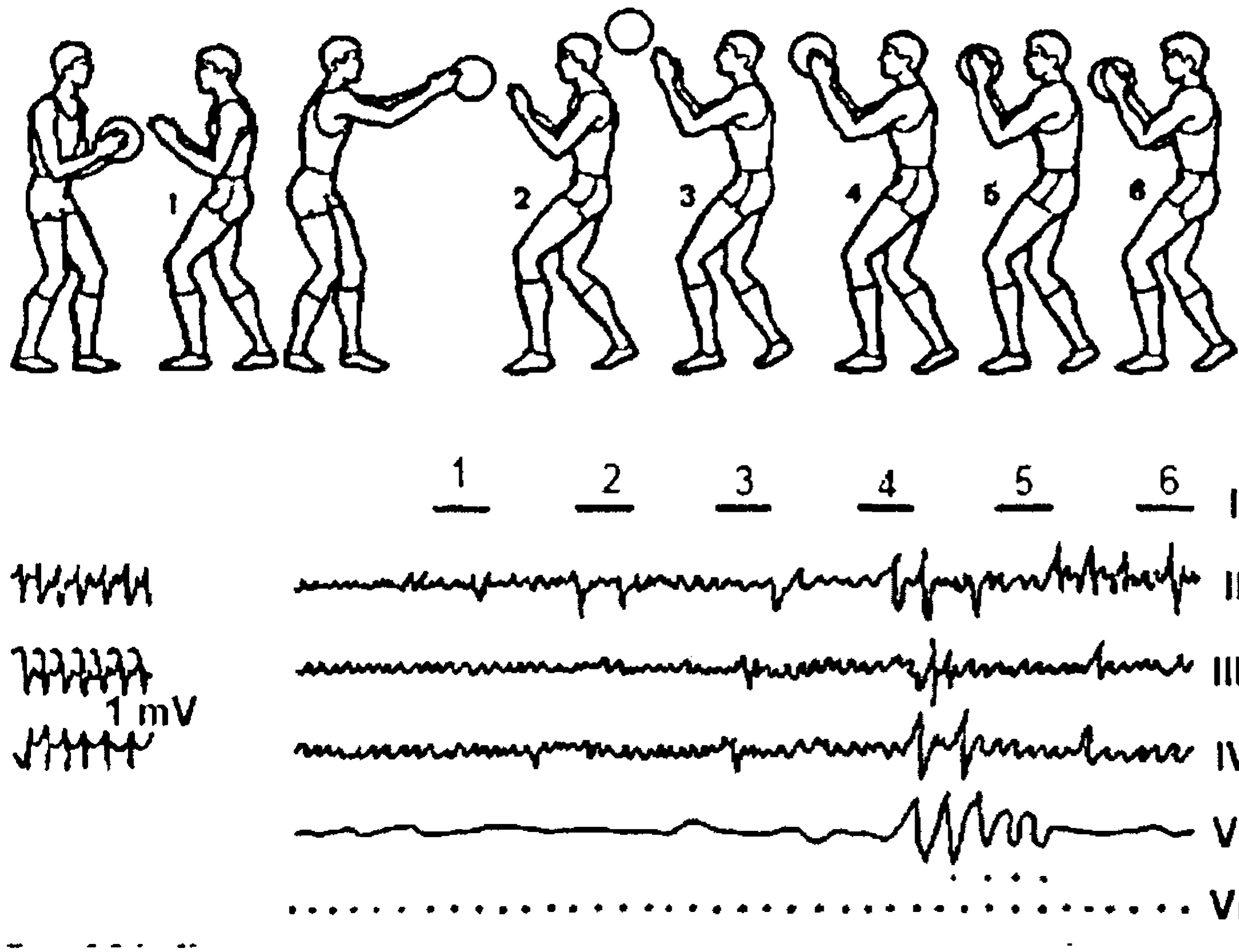
Kỹ thuật không chế bóng bao gồm các thủ pháp sau: bắt bóng, chuyền bóng, dẫn bóng và ném bóng vào rổ.

Bắt bóng

Là thủ pháp mà nhờ nó có thể không chế bóng và tiến hành các bước tiếp theo. Bắt bóng được thực hiện bằng một tay và hai tay. Người ta phân biệt bắt bóng ở độ cao trung bình, bắt bóng đang bay trên cao và bay dưới thấp, ngoài ra còn có bắt bóng đang lăn và bật đất. Sau khi không chế bóng, vận động viên tận công thực hiện các động tác: dẫn bóng, chuyền bóng, ném bóng vào rổ. Bắt bóng có thể thực hiện tại chỗ, trong khi di động và nhảy bắt bóng.

Khi bắt bóng, hoạt động điện sinh học các cơ của tham gia bắt bóng dần được tăng lên. Điện thế động lớn nhất gần 1,5 mV, đạt được ngay sau khi bóng chạm vào 2 lòng bàn tay, trong thời gian bắt và giữ bóng (Hình 7.39). Việc giữ bóng thường đi kèm với hoạt động điện sinh học tích cực của cơ gấp cổ tay quay.

Các động tác chuyền bóng



Hình 7.39. Phim ghi hình và sóng điện cơ trong hoạt động chuyền - bắt bóng của vận động viên với đồng đội: I - dấu mốc khuôn hình; II, III, IV – điện cơ đồ (EMG) ở cơ gấp cổ tay quay của vận động viên bắt bóng; V – sóng dao động ghi được trong hoạt động của bàn tay người bắt bóng; VI – mốc thời gian (20s). Các số trong khuôn hình tương ứng với các số đánh dấu trên điện cơ đồ

chuyền bóng bằng hai tay và bằng một tay. Những quả chuyền chủ yếu là chuyền bóng bằng hai tay từ ngực và phía trên ngực.

Chuyền bóng bằng một tay ở sau lưng thường được sử dụng trong khi tấn công trực tiếp của vận động viên tấn công cùng với bóng ở phía trước.

Chuyền bóng từ dưới ra sau cho người cùng đội đang kèm ở phía sau được thực hiện khi đối mặt với đối phương. Người cầu thủ đập bóng xuống dưới – ra sau và đồng thời chuyền bóng vào bàn tay ném bóng đồng thời xoay nó vào trong – ra sau. Sau đó, bằng động tác tăng tốc của cẳng tay và bàn tay chuyền bóng qua bên cạnh đùi

Ngoài những kiểu nói trên, quả chuyền có thể được thực hiện từ các tư thế rất khác nhau của tay giữ bóng nhờ chuyển động đột ngột theo hướng dự định của bàn tay

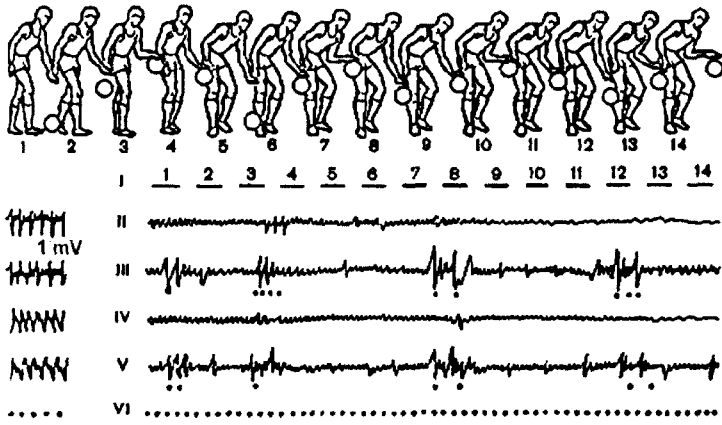
Là thủ pháp kỹ thuật chủ yếu mà qua đó có sự tương tác giữa các cầu thủ cùng đội. Tùy thuộc vào tình huống thi đấu, các quả chuyền được tiến hành từ các tư thế ban đầu khác nhau: chuyền tại chỗ, trong khi di chuyển và nhảy. Chúng thường khác nhau về tính chất: chuyền ngắn, chuyền dài; với tọa độ thấp và cao; quả bóng có bật lên hay không bật lên khỏi mặt sân; chuyền theo hướng: chuyền dọc, chuyền ngang, chuyền chéo. Tính bất ngờ, tốc độ và độ chính xác trong bất kỳ sự cản phá nào của đối phương - chính là những yêu cầu đối với các quả chuyền. Có hai kiểu chuyền bóng:

7.6.8. Dẫn bóng

Khi dẫn bóng, vận động viên bóng rổ có thể di chuyển trên mặt sân vượt qua đối thủ, chọn vị trí thuận lợi để ném bóng vào rổ hoặc để tương tác với người cùng đội. Dẫn bóng trong thời gian đột phá nhanh, đặc biệt trong giai đoạn kết thúc, khi tấn công tất cả các hệ thống phòng thủ khác nhau, trong những hành động cá nhân của các cầu thủ và trong những lần vượt qua đối thủ tới dưới bảng để ném bóng vào rổ có một ý nghĩa to lớn.

Có hai dạng dẫn bóng: dẫn bóng cao tay và dẫn bóng thấp tay. Dẫn bóng cao tay có đặc trưng là sự duỗi tay tích cực ở khớp khuỷu.

Hoạt động điện sinh học lớn nhất ở cơ đen-ta và cơ gấp cổ tay quay thường đạt được khi sự nỗ lực của cơ tác động lên bóng để đập bóng xuống dưới (Hình 7.40).



Hình 7.40. Phim ghi hình và sóng điện cơ đồ của động tác dẫn bóng: I - dấu mốc khuôn hình; II, III - điện cơ đồ của cơ đen-ta phải và trái; IV, V - điện cơ đồ cơ gấp cổ tay quay phải và trái; VI - mốc thời gian (20s). Các số trong khuôn hình tương ứng với số đánh dấu sóng dao động

Vấn đề chính trong kỹ thuật dẫn bóng là: không có sự kiểm soát bằng mắt, sự hoạt động đồng bộ của hai tay và hai chân, hoạt động của tay phải và tay trái như nhau, tốc độ di chuyển cao. Dẫn bóng thường được thực hiện theo đường thẳng, đường vòng cung, đường tròn; dẫn bóng đổi hướng, tốc độ chuyển động; thay đổi độ nảy của bóng; dẫn bóng ở phía trước và sau lưng.

7.6.9. Ném bóng vào rổ

Là những thủ pháp mà độ chính xác của chúng quyết định thắng lợi cuối cùng trong trận đấu. Hiện nay các đội bóng thường thực hiện trung bình trong một trận đấu tới gần 75 quả ném bóng vào rổ trong thi đấu và gần 25 quả ném phạt. Những quả ném rổ có thể khác nhau về tính chất: ném bóng tại chỗ, trong khi di chuyển, trong khi nhảy. Chúng có thể được thực hiện từ các cự ly khác nhau: từ cự ly ngắn (gần 3 mét) cự ly trung bình (3,5 mét) và cự ly xa (trên 7 mét). Người ta phân biệt

các kiểu ném bóng bằng một tay và bằng hai tay. Những quả ném bóng vào rổ thường được thực hiện với sự cản phá mạnh của đối thủ, do vậy khả năng của cầu thủ biết kết hợp sự căng và thả lỏng từng nhóm cơ riêng lẻ cho phép giữ được sự thăng bằng và hoàn thành các động tác phối hợp ở một tư thế bất kỳ có ảnh hưởng lớn tới độ chính xác khi ném.

Những sự khác biệt về vận tốc góc trung bình của động tác ở các khớp chi trên (khớp khuỷu và khớp cổ tay) trong khi thực hiện những quả ném với độ xa khác nhau (3,5,7 mét) là không đáng kể.

Người ta nhận thấy có sự thay đổi về tốc độ duỗi các khớp chi dưới (khớp hông và khớp gối) khi thay đổi cự ly ném. Tốc độ bay của bóng tính trung bình ở các cự ly 3, 5, 7 m có giá trị tương ứng là 5,8; 8,6; 9,9 m/s. Những thay đổi đáng kể về tốc độ ném bóng có thể được thực hiện do sự hoạt động tích cực hơn của chân hoặc là do sự lựa chọn thời điểm ném bóng của tay đối với tốc độ chuyển động thân người.

Động tác ném rổ một tay trên vai tại chỗ là một trong những kiểu ném bóng vào rổ phổ biến từ các cự ly trung bình và xa.

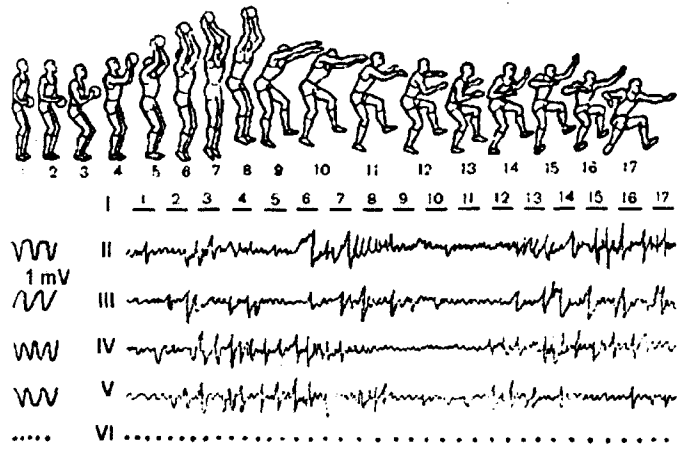
Cấu trúc thời gian khi ném bóng và mối quan hệ giữa các thành tố của nó với kết quả của động tác thường bị thay đổi tùy thuộc vào những điều kiện thực hiện quả ném. Trong những quả ném được thực hiện trong khi nhảy, thời gian nhảy trong pha ném bóng không dừng lại có ảnh hưởng lớn nhất tới kết quả của động tác.

Nhóm giai đoạn cơ bản được phân chia thành pha chuẩn bị và pha thực hiện. Thời điểm giới hạn giữa các pha là sự ngắm đích, là khoảng thời gian được biểu thị bằng toán học là khoảng 0.02s, liên quan đến pha thực hiện với đặc trưng là tốc độ không đổi của bàn tay cầm bóng. Nhóm giai đoạn hỗ trợ bao gồm sự trở lại sẵn sàng hoạt động của những mắt xích của tay và cơ thể vận động viên về trạng thái cân bằng tương đối, nghĩa là trở về tư thế ban đầu để thực hiện các hành động tiếp theo.

Cấu trúc biên độ – thời gian của động tác ném trong khi nhảy bị thay đổi rõ rệt cùng với lứa tuổi. Khi đó, những biến đổi lớn nhất thường diễn ra ở độ tuổi 14 - 15, khi đó thời gian hoạt động của chân bị giảm đi và tốc độ góc trung bình trong chuyển động của chúng được tăng lên, đồng thời thời gian nhảy, thời gian của những bộ phận ném không có điểm tựa, thời gian của pha thực hiện... cũng tăng lên. Sự thay đổi lớn nhất về các đặc tính biên độ – thời gian của quả ném thường xuất hiện ở những học sinh phổ thông lứa tuổi 13. Trong tất cả các nhóm tuổi, sự thay đổi các đặc tính biên độ – thời gian trong động tác của tay thường ảnh hưởng xấu đến độ chính xác khi ném.

Những nhóm cơ tham gia thực hiện động tác ném bóng là: cơ đen-ta, cơ gấp cò tay trụ, cơ thẳng đùi. Khi thực hiện ném bóng bằng cách nhảy đi chuyển của hai chân và thân mình cũng giống như ném bóng bằng một tay, ném bóng bằng hai tay từ phía dưới, từ trên – xuống, về mặt kỹ thuật thực hiện cũng giống như ném bóng bằng một tay.

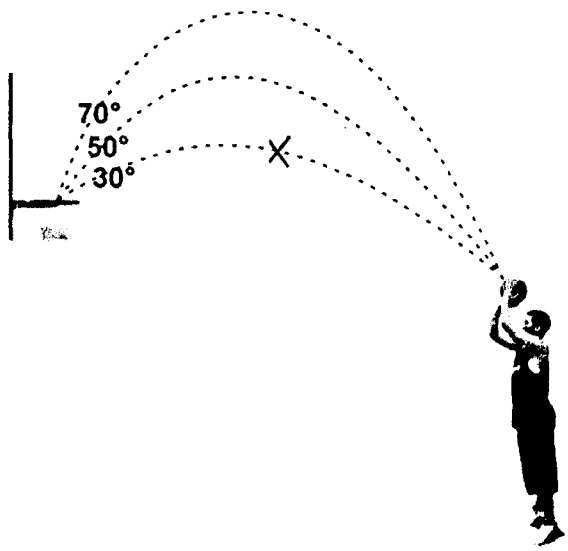
Điểm rơi của bóng



Hình 7.41. Phim ghi hình và sóng điện cơ đồ trong một quả ném rổ: I – dấu mốc khuôn hình; II – điện cơ đồ của cơ gấp cò tay quay; III – điện cơ đồ của cơ đen-ta; IV – điện cơ đồ của cơ thẳng đùi chân phải; V – điện cơ đồ của cơ thẳng đùi chân trái; VI – mốc thời gian (20s). Các số trong khuôn hình tương ứng với các số đánh dấu trên sóng dao động

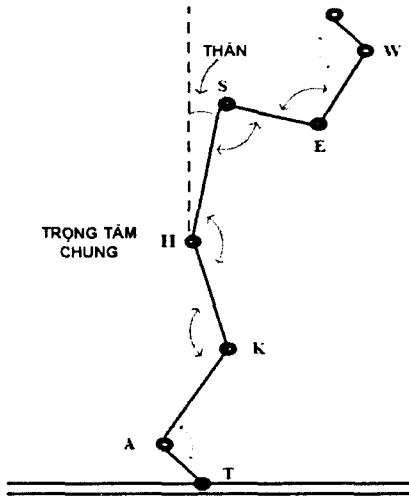
Điểm rơi của bóng khi ném là điểm mà người ném chủ đích đưa bóng đến. Điểm rơi của bóng không chuẩn xác do nhiều nguyên nhân. Khi ném rổ, quỹ đạo bay của bóng quyết định nhiều đến việc đưa bóng vào rổ, quỹ đạo bay càng thấp càng làm giảm cơ hội bóng vào rổ. Nếu góc rơi (góc giữa quỹ đạo bay của bóng với rổ) từ 70° đến 90°, bóng sẽ dễ dàng lọt vào rổ do đơn giản là đường kính của rổ lớn hơn so với góc rơi từ 30° đến 50° (Hình 7.42).

Mô hình chuyển động cơ bản của các khớp khi ném bóng vào rổ không có người kèm (ném phạt)



Hình 7.42. Quỹ đạo bay của bóng quyết định hiệu quả ném rổ

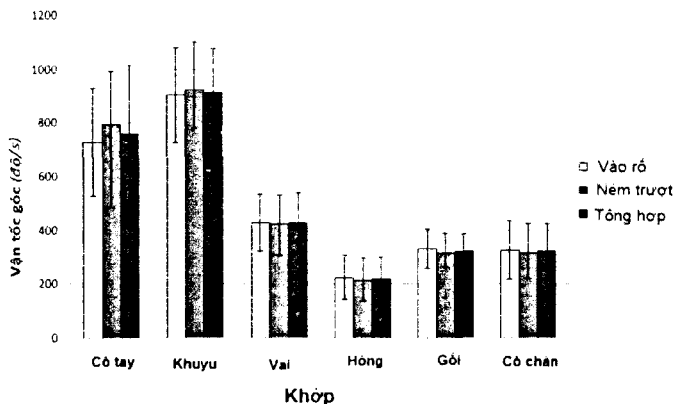
Ném bóng không có người kèm là một chuyển động phức tạp liên quan đến sự phối hợp giữa các khớp ở khắp cơ thể. Nhìn chung tất cả các khớp được bắt đầu từ tư thế gấp và kết thúc ở tư thế duỗi tại thời điểm bóng ra tay. Tốc độ tối đa ở các khớp có thể thay đổi giữa các quả ném. Tuy nhiên, tốc độ tối đa của khớp cổ tay và khớp khuỷu luôn cao hơn so với khớp vai và các khớp gần trọng tâm cơ thể (Hình 7.43). Vận tốc ở các khớp có xu hướng tăng dần ở các mắt xích đầu xa ở cả chi trên và chi dưới. Khoảng biến thiên của vận tốc góc tối đa của các khớp chi trên lớn hơn so với các khớp chi dưới (xem bảng 1). Mức độ biến thiên của vận tốc góc tối đa là $1316,2^\circ$ ở khớp cổ tay và $796,5^\circ$ ở khớp khuỷu.



Hình 7.43. Mô hình hình que được tạo ra từ các điểm số hóa. Mô hình gồm bảy phân đoạn cơ thể: bàn tay, cẳng tay, cánh tay, thân, đùi, cẳng chân và bàn chân. Các điểm số hóa là: đầu ngón tay, khớp cổ tay (W), khớp khuỷu (E), khớp vai (S) khớp hông (H), khớp gối (K), khớp cổ chân (A) và các ngón chân (T). Trọng tâm chung của cơ thể được giả định ở khớp hông. Những vòng cung góc độ khớp được đo liên quan đến phân đoạn kế cận, góc của thân mình được đo so với đường thẳng đứng chiếu từ khớp hông

Bảng 7.5. Độ biến thiên giữa các thành phần nghiên cứu của các khớp và các tham số của chúng

Khớp	Góc ném (độ)			Vận tốc góc tối đa của khớp (độ/s)			Biến thiên thời gian của vận tốc góc tối đa của khớp (s)		
	B.thiên	Max	Min	B.thiên	Max	Min	B.thiên	Max	Min
Cổ tay	42.7	176.4	133.7	1316.2	1574.1	257.9	0.433	0.133	-0.300
Khuỷu	65.8	173.7	107.9	794.5	1307.5	513.0	0.133	0.033	-0.100
Vai	53.1	150.9	97.8	444.2	699.8	255.5	0.400	0.067	-0.333
Hông	23.9	180.1	156.2	325.2	421.7	96.5	0.400	0.133	-0.267
Gối	37.9	178.5	140.6	295.9	512.3	216.4	0.400	0.133	-0.267
Cổ chân	37.1	141.8	104.8	457.2	629.5	172.3	0.367	0.133	-0.233
Thân	11.4	11.8	0.3	-	-	-	-	-	-
TTCX	-	-	-	0.86	1.16	0.30	0.500	0.167	-0.333
TTCY	-	-	-	1.53	2.45	0.93	0.300	0.033	-0.266

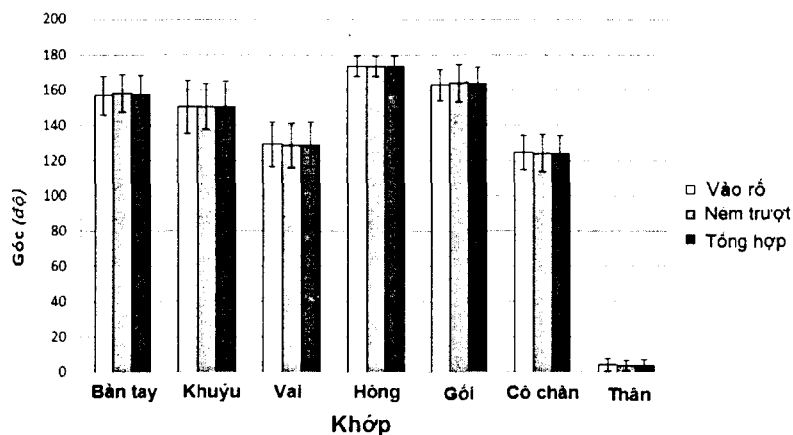


Hình 7.44. Giá trị trung bình của vận tốc góc của các khớp khi ném rổ. Vạch sai số là độ lệch chuẩn

Góc độ khớp khi ném tương đối ổn định hơn so với vận tốc góc. Góc ném tương đối ổn định giữa ném vào rổ và ném trượt cũng như giữa các lần thực hiện khác nhau (Hình 7.44). Góc độ khớp lớn khi ném (gần 180°) đối với khớp gối và khớp hông,

góc của thân mình gần như bằng không (0°) tại thời điểm ném và gần như duỗi hết. Điều đó cũng tương tự như những quan sát

trong môn đẩy tạ. Khớp cổ tay và khớp khuỷu có góc ném tương ứng khoảng 160° và 150° . Nghĩa là khớp cổ tay hơi gập và khuỷu gần như duỗi hết. Góc ném của khớp khuỷu có độ biến thiên lớn nhất với giá trị là $65,8^\circ$ và nhỏ nhất là thân mình $11,4^\circ$. Sự biến thiên của góc khớp ở chi trên khi ném rổ lớn hơn so với chi dưới (Hình 7.45).



Hình 7.45. Giá trị trung bình của góc khớp tại thời điểm ném. Vạch sai số là độ lệch chuẩn

Biến thiên thời gian của vận tốc góc lớn nhất (peak) cho thấy chuyển động được bắt đầu từ các khớp gần trọng tâm (các khớp gần trọng tâm – khớp vai và khớp hông) và sau đó dịch chuyển ra ngoài là các khớp ở đầu xa.

Trong hầu hết các trường hợp, với cả hai phía trên và dưới, các

khớp ở đầu gần đạt vận tốc góc lớn nhất trước rồi sau đó mới đến các khớp ở đầu xa. Vận tốc góc lớn nhất của khớp khuỷu và khớp cổ tay đều diễn ra ở thời điểm bóng ra tay. Ngoại trừ khớp khuỷu, mức độ biến thiên theo thời gian của vận tốc góc lớn nhất của các khớp đều nhau ($\approx 0,4s$).

7.7. Bóng ném

Trong bóng ném, các động tác di chuyển được thực hiện tương tự kiểu di chuyển được sử dụng trong bóng rổ. Mỗi cầu thủ cần phải học động tác xuất phát và thay đổi nhanh hướng chạy, sử dụng các động tác dừng và xoay người, tự do di chuyển lưng về phía trước và những bước bổ trợ.

Kỹ thuật chủ yếu của bóng ném bao gồm:

7.7.1. Dẫn bóng

Kiểu dẫn bóng điển hình trong bóng ném là kiểu dẫn bóng bằng cách đập bóng một lần kết hợp với các động tác khác.

Khi bắt đầu dẫn bóng, cầu thủ đưa bóng về phía trước – sang một bên và bằng chuyển động của bàn tay đưa bóng xuống phía dưới. Sau khi bật lên khỏi mặt sân, bóng chạm vào các ngón tay và dưới tác động của sự đẩy nhẹ lại tiếp tục chuyển động xuống phía dưới – lên phía trước. Trong khi dẫn bóng vòng qua đối thủ cần phải dẫn bóng bằng tay ở vị trí xa đối thủ và ở tư thế thấp hơn nhằm giữ bóng không bị va vào thân người hoặc hai chân.

7.7.2. Bắt bóng

Trong đa số các trường hợp người ta thường bắt bóng bằng hai tay. Cầu thủ quay mặt về phía quả bóng đang bay. Xòe các ngón tay được căng cơ về hai bên còn những ngón tay còn lại tạo thành “hõm” lớn hơn kích thước của quả bóng. Vào thời điểm chạm bóng các ngón tay nắm chặt lấy bóng, hai tay gấp lại ở khớp khuỷu nhằm làm giảm lực của quả bóng đang bay và từ từ thực hiện tư thế để làm những động tác tiếp theo. Ngoài ra người ta cũng bắt bóng bằng một tay. Trong đó khi chạm vào bóng, tay gấp ở khớp khuỷu và đưa ra sau để giảm tốc độ của bóng.

7.7.3. Chuyển bóng

Kiểu chuyển bóng phổ biến nhất là chuyển bóng bằng một tay co ở phía trên, còn khi sử dụng động tác che chắn bóng thường bằng hai tay hay bằng một tay từ phía dưới.

Các động tác chuyển bóng cần được thực hiện với sự hoạt động tích cực của bàn tay, nhưng không cần phải xoay. Chuyển bóng bằng bàn tay có ưu thế về tốc độ và sự chính xác. Chúng giống như các động tác ném, nhưng ít tổn sức hơn.

7.7.4. Ném bóng

Động tác ném bóng đặc trưng bởi chuyển động của tay giống như chuyển động của “đuôi ngựa”, trong đó mỗi mắt xích lần lượt đạt đến một tốc độ nhất định nhờ sự nỗ lực của cơ bắp. Trước đó, các mắt xích được tăng tốc mạnh, nhưng sau đó bị hãm

đột ngột tạo nên điểm tựa có tác dụng làm tăng tốc các mắt xích kế tiếp nhau của cơ thể. Kiểu tác động tương hỗ của các yếu tố trong hệ thống như vậy là kiểu tác động tối ưu trong các động tác ném và có liên quan tới những quy luật chuyển động sinh lý học và sinh cơ học.

Chuyển động của tay ném trong thời gian tiến hành động tác ném được thực hiện theo trình tự sau: đầu tiên vai và khuỷu tay được đưa ra trước, cẳng tay vung lên, sau đó duỗi mạnh tay ra trước và ném bóng bằng động tác vẩy mạnh của cổ tay.

Các động tác ném bóng

Trong giai đoạn chuẩn bị, cần đảm bảo tư thế ban đầu tối ưu của tay ném khi bắt đầu động tác ném. Ở giai đoạn cơ bản, diễn ra sự tăng nhanh và truyền sóng xung động lực trực tiếp từ các mắt xích ở phía dưới cơ thể tới tay ném. Trong giai đoạn kết thúc, các mắt xích trong chuỗi động học của tay ném và cơ thể vận động viên lại trở về tư thế ban đầu để thực hiện các động tác tiếp theo.

Độ chính xác khi ném bóng trước hết phụ thuộc vào sự phối hợp các chuyển động trong nhiều khớp của chuỗi động sinh học của cơ thể vận động viên. Như vậy là, những chuyển động của các mắt xích lớn tạo ra một hướng chung cho động tác ném, còn chuyển động của bàn tay có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của quả ném. Tính hiệu quả của những quả ném cũng phụ thuộc vào kỹ năng xác định đúng thời điểm và kiểu ném của vận động viên.

Toàn bộ những mắt xích tác động tương hỗ của cơ thể đảm bảo cho việc sử dụng hợp lý nhất nguồn năng lượng và phối hợp của cơ thể tạo nên cấu trúc cơ bản của động tác ném bóng. Tác động của cơ cấu này làm tăng sóng xung động của các cơ chân đến thân người, cánh tay, cẳng tay và bàn tay cầm bóng. Trong quá trình học động tác ném đối với các vận động viên bóng ném trẻ, khả năng điều khiển các mắt xích của cơ thể từ đầu gần tới đầu xa dần dần được tăng lên.

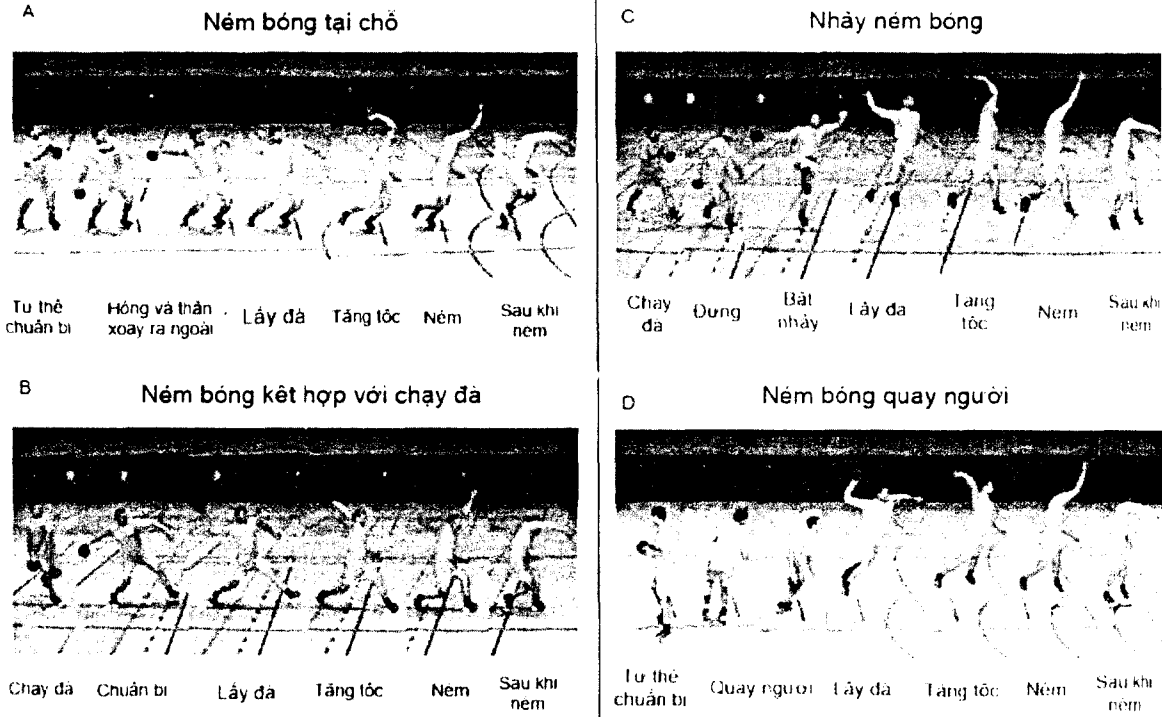
Nắm vững các kỹ thuật động tác ném, thời gian thực hiện động tác được ổn định và độ lớn về gia tốc của các mắt xích cơ thể được tăng lên. Đối với những người mới tập, độ lớn của gia tốc theo chiều dọc từ cánh tay đến cẳng tay và bàn tay sẽ dần được tăng lên. Khi ném bóng ở tư thế có điểm tựa với chạy đà các giá trị tương ứng với tốc độ từ cánh tay đến cẳng tay rồi bàn tay là: $6,9 + 0,7$; $5,4 + 0,6$; $8,6 + 0,6$ m/s, thời gian thể hiện là $0,20 + 0,04$; $0,18 + 0,03$; $0,19 + 0,04$ s. Trong quá trình hình thành cấu trúc các động tác ném, tính ổn định cao nhất là đặc trưng đối với những chuyển động của các mắt xích của tay ném (về độ lớn gia tốc, độ hãm và thời gian thực hiện), còn tính biến dạng lớn nhất chính là đặc trưng đối với các chuyển động của thân người và hai chân.

Ném bóng bằng một tay: Đây là dạng chuyên bóng chủ yếu trong bóng ném, các tư thế cơ bản (Hình 7.46) gồm ném có điểm tựa:

- Ném bóng tại chỗ.
- Ném bóng kết hợp với chạy đà.

Và ném không điểm tựa:

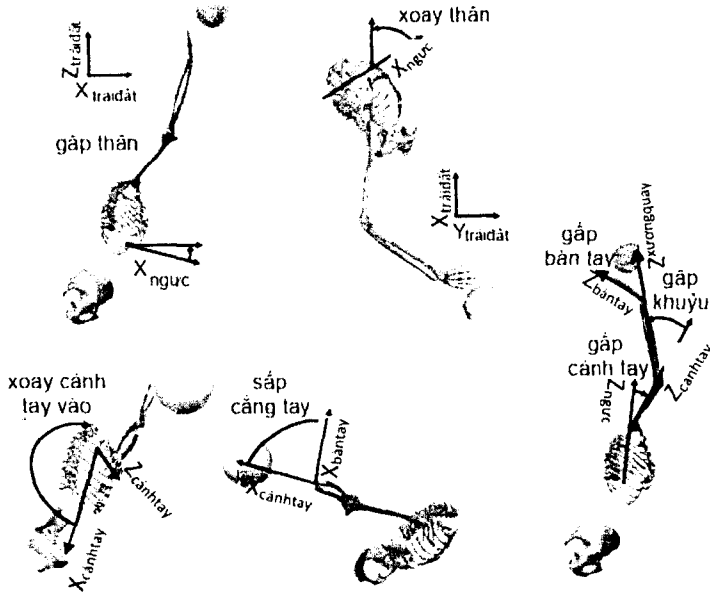
- Nhảy ném bóng.
- Ném bóng quay người.



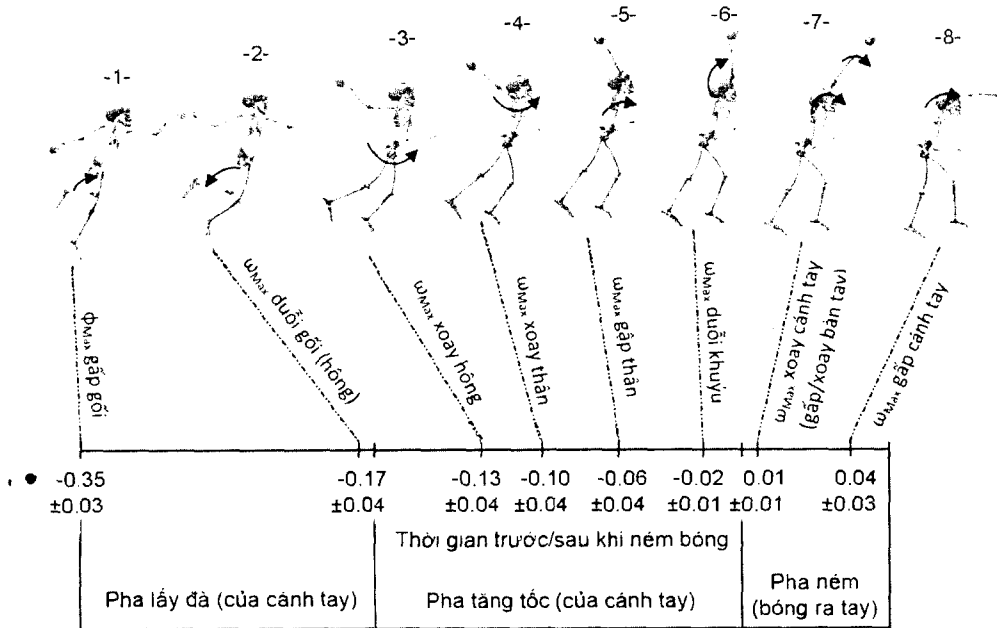
Hình 7.46. Các tư thế ném bóng bằng một tay có điểm tựa (A; B) và không điểm tựa (C; D)

Về cơ bản, các giai đoạn khi lấy đà, tăng tốc, ném và sau khi kết thúc ở các tư thế không có sự khác biệt đáng kể. Độ chính xác của động tác ném được xác định bởi vị trí tác động và hướng của lực tác động lên quả bóng. Vì vậy, những yếu tố quyết định độ chính xác khi ném chính là động tác giữ bóng và động tác ra tay của bàn tay. Lực ném bóng phụ thuộc nhiều vào biên độ của động tác khi lấy đà và tăng tốc. Tốc độ ném bóng phụ thuộc vào tư thế, lực, gia tốc, khối lượng tác động và trình độ của vận động viên; ở vận động viên trình độ cao có thể đạt tốc độ bóng $26,3 \pm 3,4\text{m/s}$ trong tư thế nhảy ném có chạy đà; đứng ném là $23,5 \pm 2,2\text{m/s}$ và nhảy ném

là $22,7 \pm 2 \text{ m/s}$ (theo nghiên cứu của Bayios và Boudolos (1998) từ đội bóng ném quốc gia Hy Lạp).



Hình 7.47. Tài cấu trúc những điểm đánh dấu xác định theo trục các phân đoạn ném bóng cũng như góc khớp cho cầu thủ thuận tay phải



Hình 7.48. Sự phối hợp giữa các mắt xích từ đầu gần đến đầu xa ở các chi ứng với vận tốc góc tối đa của động tác nhả ném trong bóng ném (φ là góc; ω là vận tốc góc)

Vận tốc góc tối đa các động tác ở một số khớp của các vận động viên có trình độ cao được trình bày trong bảng 7.5.

Bảng 7.5. Bảng tóm tắt động tác xoay tối đa (xoay thân, xoay cánh tay, sấp cẳng tay) và vận tốc góc gấp duỗi (độ/s) của các tham số (gập thân, gập cánh tay, gập bàn tay và duỗi khuỷu) kết hợp với các tham số ném bóng ở tư thế đứng ném (theo Tillaar và Ettema, 2004; 2007; Wagner và Müller, 2008)

Xoay	
Xoay thân sang phải tối đa	756 (\pm 52)
Xoay cánh tay vào tối đa	5039 (\pm 896)
Sấp cẳng tay tối đa	1354 (\pm 491)
Gấp/duỗi	
Gập thân tối đa	474 (\pm 100)
Gập cánh tay tối đa	1112 (\pm 219)
Duỗi cẳng tay tối đa	1626 (\pm 133)
Gập bàn tay tối đa	807 (\pm 166)
Ném bóng	
Gập thân	258 (\pm 104)
Xoay cánh tay vào	4428 (\pm 1129)

Qua nghiên cứu, người ta nhận thấy rằng, không có sự khác biệt đáng kể về vận tốc góc tối đa của động tác xoay cánh tay vào giữa các vận động viên đẳng cấp cao và trung bình, họ có thể cùng đạt vận tốc góc khoảng 5000rad/s. Chỉ một số ít cầu thủ trên thế giới có thể đạt được vận tốc góc tối đa ở động tác xoay cánh tay vào tới 7000rad/s, khi đó họ có thể ném với tốc độ nhanh hơn 25m/s trong tư thế nhảy ném.

7.7.5. Động tác cản phá bóng

Tay ở vị trí gần hoặc xa đối thủ, cản đập mạnh vào bóng khi người giữ bóng có sơ hở. Phá bóng còn có thể thực hiện khi đối phương ném bóng. Thủ pháp này đòi hỏi tính toán chính xác và sự phối hợp tốt các động tác. Phương tiện chủ yếu để cản phá các cầu thủ đang ném bóng vào khung thành chính là động tác chắn bóng. Vận động viên chắn bóng càng tiếp cận gần với cầu thủ tấn công thì góc ném vào

khung thành càng hẹp. Khi cầu thủ ném bóng nhảy lên thì người chắn bóng cũng nhảy theo song cần chú ý xác định thời điểm bắt đầu và hướng ném.

7.7.6. Các động tác giả

Được thực hiện không bóng và có bóng. Động tác giả không bóng (các động tác tăng tốc, xoay người, các động tác dừng, nhảy, xoạc và các động tác khác phù hợp với tình huống cụ thể) thường được các vận động viên tấn công áp dụng nhằm chiếm được vị trí tốt nhất hoặc thu hút sự chú ý của hậu vệ về phía mình. Các động tác giả có bóng được ứng dụng khi chuyền bóng, ném bóng, vượt qua đối thủ v.v... Tất cả các động tác giả đều gồm hai giai đoạn có liên hệ chặt chẽ với nhau: giai đoạn động tác giả thực hiện tương đối chậm thu hút sự chú ý của đối phương rồi đột ngột chuyển hướng, thực hiện nhanh động tác chính. Người ta phân chia các động tác giả thành các động tác đơn giản chỉ có một hành động thu hút sự chú ý và các động tác phức tạp bao gồm 2 – 3 hành động.

Các động tác giả vờ thay đổi phương hướng, cách thức và sự trì hoãn thời điểm thực hiện thường được sử dụng trong khi chuyền bóng, phổ biến nhất là động tác giả ném rồi đột ngột chuyền bóng đi (ra sau, ở trên vai).

Thủ pháp động tác giả sử dụng khi ném rỏ rất đa dạng: giả chuyền hoặc ném từ phía trên, ném từ phía mạn sườn hoặc từ phía dưới; giả ném trong khi nhảy tiếp đất và dẫn bóng rời khỏi người hậu vệ; giả lẳng một tay, đặt lại bóng và ném bằng tay khác,... Để vượt qua người phòng thủ, việc sử dụng các động tác giả có một vị trí đặc biệt lớn. Các động tác đánh lừa có thể là các bước chạy, các động tác xoạc chân, giả chuyền và giả ném bóng.

7.7.7. Tư thế đứng của thủ môn

Có ý nghĩa lớn đối với việc thực hiện những thủ pháp thi đấu tiếp theo. Tư thế tối ưu là tư thế đứng trong đó hai bàn chân song song với nhau và đặt cách nhau không quá 25 – 30cm, hai tay co nhiều và hướng về hai bên - lên trên, hai bàn tay nằm ở vị trí ngang vai (hoặc cao hơn một chút) hai lòng bàn tay khum ra trước, thân người hơi ngả về phía trước.

Kiểu di chuyển hợp lý nhất của thủ môn là di chuyển liên tục sang trái – sang phải và lên trước. Động tác cản phá bóng đang bay vào cầu môn được thực hiện bằng hai tay. Khi chạm tay vào bóng, lòng bàn tay phải hơi hướng xuống dưới. Điều đó cho phép hướng quả bóng xuống nền sân, không cho nó có khả năng nảy trên nền. Nhưng nếu quả bóng được ném rất mạnh thì tốt nhất là gạt bóng bằng cẳng tay, cố gắng đẩy bóng qua phía xà ngang. Khi bóng được ném vào góc trên cầu môn, thủ môn bật nhảy bằng một chân và đưa tay lên trên – sang bên nhằm khép góc cầu

môn. Nếu bóng được ném vào cầu môn ở tầm thấp thì dùng chân chặn bóng lại bằng cách xoạc về phía quả bóng đang bay.

Quá trình hình thành trạng thái sẵn sàng giải quyết một tình huống cụ thể để bảo vệ khung thành trong trận đấu bóng ném thường chia thành bốn giai đoạn: 1) dự đoán đường bóng; 2) ra quyết định và bắt đầu hành động bảo vệ khung thành với nhiều bậc tự do; 3) giảm bớt các bậc tự do và xác định hướng bay của bóng được ném vào khung thành; 4) di chuyển chính xác để bắt được bóng và đánh giá hiệu quả đạt được của hành động bảo vệ.

Với giai đoạn thứ nhất, đặc trưng của nó là sự bao quát toàn bộ tình huống thi đấu hình thành ở từng thời điểm cụ thể. Việc lựa chọn vị trí phòng thủ trong khung thành được xác định theo tình huống thi đấu tại thời điểm đó, nghĩa là cự ly và góc mà vận động viên tấn công đang khống chế bóng. Khi lựa chọn vị trí trong khung thành để bắt bóng, thủ môn cần phải chiếm vị trí trên vạch tưởng tượng chia góc ném thành các phần. Vị trí này phải đảm bảo cho thủ môn có khả năng thay đổi hành vi vận động của mình ở thời điểm cần thiết. Nó kéo dài từ 4 - 25 giây.

Bản chất của giai đoạn hai là đưa ra quyết định và bắt đầu hành động bảo vệ với nhiều bậc tự do có liên quan tới trạng thái sẵn sàng thực hiện các hành vi vận động của thủ môn. Trong giai đoạn này, thường dự kiến quá trình hành động thi đấu tay đôi giữa thủ môn và vận động viên tấn công.

Trong tình huống thực hiện quả ném vào khung thành từ khu vực giữa sân, việc bắt đầu động tác phòng vệ của thủ môn sẽ phải nhanh hơn quả ném được thực hiện từ khoảng cách 6 mét tới 0,14 - 0,15s; khoảng cách 7m là 0,13 - 0,14s; 8m là 0,07 - 0,08s; 9m là 0,03 - 0,04s; 10m là 0,01 - 0,02s.

Trong hoạt động thi đấu của thủ môn thường diễn ra sự chênh lệch về thời gian cần thiết để bắt đầu hành động bảo vệ về phía nhiều hơn hoặc nhỏ hơn mà trong thực tiễn thường quyết định tính hiệu quả các hành động của anh ta. Giai đoạn thứ 2 kéo dài từ 0,2 đến 0,4s.

Trong giai đoạn ba diễn ra sự lựa chọn hành động bảo vệ phù hợp với tình huống thi đấu cụ thể. Thủ môn xác định hướng bay của bóng, khi đó cần chú ý tới hướng và khoảng cách thực hiện quả ném, sự di chuyển của các mắt xích cơ thể cầu thủ đối phương, đặc biệt là di chuyển của tay cầm bóng của anh ta; cách thực hiện quả ném, vị trí của đồng đội khi bảo vệ khung thành và hành động của họ vào thời điểm ném bóng. Ở giai đoạn thứ ba, có một nét đặc trưng là diện tích điểm tựa bị

giảm và trương lực các cơ tham gia hoạt động bảo vệ khung thành của thủ môn tăng lên. Thời gian của giai đoạn thứ này kéo dài từ 0,06 đến 0,12s.

Giai đoạn thứ tư bắt đầu từ lúc đưa ra phương pháp bảo vệ khung thành một cách hiệu quả.

7. 8. Bóng đá

7.8.1. Sút bóng

Sút bóng được thực hiện bằng những bộ phận chủ yếu sau: sút bằng lòng bàn chân; sút bằng mu bàn chân: mu trong, mu giữa (chính diện) và mu ngoài; đá bằng má trong, má ngoài; bằng mũi chân và gót chân. Có thể phân chia thành các giai đoạn chuyển động chủ yếu và cũng là giai đoạn chung cho nhiều kiểu sút bóng.

Giai đoạn ban đầu là chạy lấy đà, tạo điều kiện làm tăng tốc độ ban đầu của những mắt xích sút bóng.

Giai đoạn chuẩn bị là vung chân sút, được thực hiện trong thời gian chạy bước cuối cùng, ở giai đoạn này là hoạt động duỗi đùi và gấp căng chân đến hết tầm vận động của khớp, nhờ vậy, quãng đường di chuyển của bàn chân được tăng lên cùng với các cơ ở mặt trước đùi cũng được kéo căng (cơ tứ đầu đùi). Bước chạy đà cuối cùng được thực hiện dài hơn so với các bước khác từ 30 - 50%. Điều đó giúp cho giai đoạn này được thực hiện một cách đúng đắn. Chân trụ hơi khụy và ở vị trí bên cạnh bóng.

Giai đoạn thực hiện là động tác sút bóng, cần duy trì thời gian tiếp xúc với bóng càng lâu càng tốt, bởi vì tốc độ và hướng bay của bóng phụ thuộc vào lực tác động và thời gian tác động của nó. Động tác sút được thực hiện khi đạt được tốc độ di chuyển lớn của các mắt xích chi dưới, phần lớn có dạng chuỗi động học mở. Do tốc độ chuyển động của chi dưới có những giới hạn nhất định nên cần phải tăng khối lượng của mắt xích cuối cùng. Điều đó thực hiện được nhờ sự liên kết theo trình tự kế tiếp nhau của các khớp của chi và sự biến đổi của nó từ chuỗi động học mềm mại thành cánh tay đòn vững chắc, cho phép huy động những mắt xích đầu gần của chuỗi động học vào thời điểm tiếp xúc với bóng liên kết với những mắt xích cuối cùng, đôi khi là cả thân người. Hiện tượng này gây ra sự hãm lại của chân sút bóng trước khi thực hiện động tác sút. Sự hãm lại đó diễn ra trong thời gian vung chân - sút bóng ở các mắt xích đầu gần của chuỗi động học và kết thúc ở các mắt xích cuối (đầu xa).

Bảng 7.6. Bảng biến thiên sự chuyển dịch các khớp của chân sút ở các thời điểm khác nhau với kiểu đá mu chính diện khi ghi bàn liên tiếp

Hoạt động	Khớp hông						Khớp gối				Khớp cổ chân			
	Trục phải-trái		Trục trước-sau		Trục trên-dưới		Trục phải-trái		Trục trên-dưới		Trục phải-trái		Trục trên-dưới	
	Gập	Duỗi	Dạng	Khép	Sấp	Ngửa	Gập	Duỗi	Sấp	Ngửa	Gập	Duỗi	Sấp	Ngửa
Vào thời điểm duỗi thẳng tối đa ở khớp hông	-	24-30	3-6	-	-	3-14	65-68	-	2-5	1-4	-	3-15	0-3	0-18
Vào thời điểm gập tối đa ở khớp gối	16-20	-	7-10	-	-	2-9	92-110	-	3-8	1-4	-	5-16	0-2	0-8
Vào thời điểm tiếp xúc bóng	2-9	-	0-6	0-1	0-3	0-1	-	20-41	0-4	0-2	-	8-15	0-2	0-5

Việc phân tích sinh cơ học các động tác sút bóng cho phép xác định hai kiểu sút bóng: sút bóng với tốc độ cao và sút bóng với biên độ rộng. Kiểu thứ nhất cho phép thực hiện thủ pháp nhanh và mạnh, kiểu thứ hai đảm bảo độ chính xác khi sút. Những số liệu ở bảng 7.5 cho phép xác định những biến đổi cơ bản của sự chuyển động ở các khớp khi thực hiện sút bóng để nghiên cứu. Những cú sút sử dụng sức mạnh và những cú sút chính xác có sự khác biệt về cấu trúc sinh học và điện thế hoạt động ở các cơ tham gia thực hiện động tác. Cú sút xuyên qua tâm bóng hoặc phía trực tiếp gần với nó được gọi là sút thẳng (chính diện), trên thực tế, được thực hiện bằng tất cả các kiểu sút bóng.

Cú sút chính diện mạnh có đặc trưng là sự cố định của các mắt xích chân sút bóng trong giai đoạn thực hiện. Trong giai đoạn vung chân thể hiện tính tích cực hoạt động của các cơ nông phía sau đùi và cẳng chân, trong đó cơ tứ đầu đùi giữ vai trò tạo ra gia tốc chuyển động cho cẳng chân và bàn chân. Cú sút chính xác chính diện có đặc trưng là lực sút bóng cần yếu hơn. Động tác sút được thực hiện bởi mắt xích ở đầu xa với sự tham gia tích cực của bàn chân, các cơ bụng chân và cơ mào lớn hoạt động cùng một lúc và hoạt động điện của chúng hầu như không bị giảm sút. Cơ tứ đầu đùi và các cơ trước cẳng chân hoạt động không đồng thời.

Trong những cú đá bóng xoáy, hướng chuyển động của chân đi theo đường tiếp tuyến với bóng làm cho bóng xoáy, ảnh hưởng tới quỹ đạo bay. Khi trục quay của bóng ở vị trí nằm ngang và vuông góc với mặt phẳng chuyển động của nó, quỹ đạo bay sẽ thấp và ngắn so với quỹ đạo bay thực khi bề mặt phía trên của bóng xoay theo hướng chuyển động. Nếu trục quay không ở vị trí nằm ngang thì bóng sẽ bay ra ngoài mặt phẳng quỹ đạo lý thuyết. Lệch sang trái và xuống dưới, ngược lại với quỹ

đạo lý thuyết; độ xa của nó bị giảm. Cú *sút bóng xoáy* bằng mu ngoài giống cú sút chính diện về sức mạnh và có đặc điểm là gia tốc của cẳng chân lớn hơn so với sút chính diện. Trong những cú sút xoáy mạnh, sự quay của bóng diễn ra nhờ vào khớp gối và khớp cổ chân, còn khi thực hiện những cú sút không mạnh, thiên về chuẩn xác thì chỉ nhờ sự hoạt động của khớp cổ chân.

Khi trình độ chuyên môn của vận động viên được nâng cao, tốc độ di chuyển ở bước chạy đà cuối cùng được tăng lên, tính chất phân phối lực hoạt động của các cơ ở chân sút được thay đổi do thay đổi góc di chuyển giữa khớp gối và khớp hông. Kỹ thuật thực hiện các cú sút có một số đặc điểm mang tính đặc thù.

Sút bóng bằng lòng bàn chân thường được thực hiện bằng gập đùi hướng lòng bàn chân sút ra ngoài. Vào thời điểm sút bóng, bàn chân được đặt chính xác một góc 90^0 so với hướng bay của bóng.

Sút bóng bằng mu trong có sức mạnh và độ chính xác cao. Khi thực hiện cú sút này, thân hơi ngã ra trước so với chân trụ, vào thời điểm sút bóng, mũi chân hướng xuống dưới.

Sút bóng bằng mu giữa (mu chính diện): động tác vung chân và sút bóng được thực hiện trên cùng một mặt phẳng. Khi sút bóng, mũi chân đưa ra sau hết mức. Cấu trúc thời gian bao gồm: chạy đà 0,29s; vung chân 0,08s; di chuyển của chân sút đến bóng 0,08s; thời gian tiếp xúc với bóng 0,04s; di chuyển của chân sau khi sút 0,13s.

Sút bóng bằng mu ngoài: về cấu trúc chuyển động tương tự như sút bóng bằng mu giữa và mu trong. Vào thời điểm sút bóng, cẳng chân và bàn chân xoay vào trong.

Sút bóng bằng mũi chân: vào thời điểm sút bóng, mũi chân hơi nhấc lên.

Đánh gót: được thực hiện bằng hoạt động đột ngột của chân ra sau. Bàn chân ở tư thế song song với mặt đất.

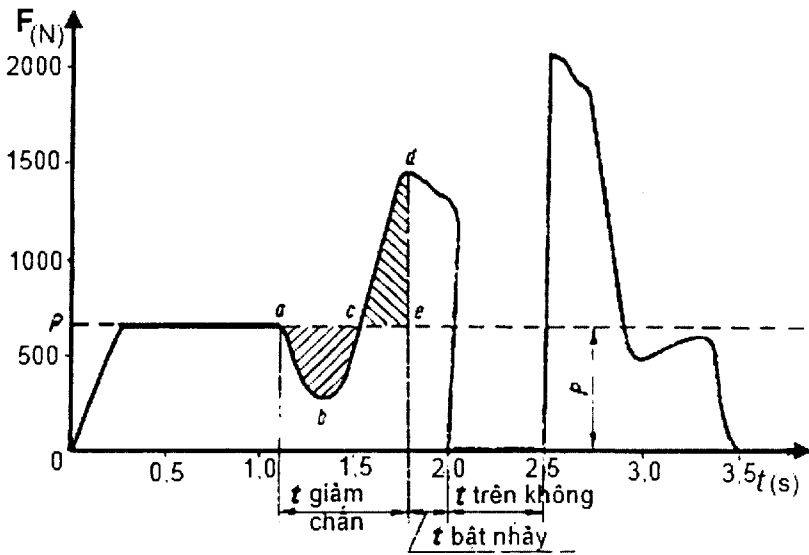
Sút bóng kết hợp quay người: chân trụ xoay theo hướng sút, trọng lượng thân mình dồn lên chân trụ.

Sút bóng ở tư thế bay người (quá valler): được thực hiện bằng kiểu sút mu chính diện ngay sau khi bóng nảy lên từ mặt sân. Chân trụ gần với điểm rơi của bóng, cẳng chân vào thời điểm sút bóng theo hướng thẳng đứng, mũi chân duỗi thẳng (gập gan chân).

7.8.2. Đánh đầu

Các quả đánh đầu được thực hiện cùng với nhảy hoặc không nhảy, với các điểm chạm giữa đỉnh đầu, trán hoặc hai bên đầu. Động tác đánh đầu bằng trán không

nhảy, được bắt đầu bằng hoạt động duỗi thẳng chân, vươn thẳng thân mình, trọng lượng cơ thể dồn lên chân trụ và kết thúc bằng chuyển động mạnh đột ngột của đầu về hướng cần đưa bóng tới. Trọng lượng cơ thể lúc đó dồn vào chân trước. Khi nhảy đánh đầu, có thể thực hiện giậm nhảy bằng một hoặc hai chân (Hình 7.49).



Hình 7.4. Biểu đồ lực kế tenxơ ghi lại thành phần thẳng đứng của phản lực từ điểm chống tựa khi giậm nhảy bằng hai chân; P – giá trị của phản lực, tương đương với khối lượng cơ thể vận động viên

Khi phân tích thành phần thẳng đứng của phản lực từ điểm chống tựa cho phép phân chia các giai đoạn giậm nhảy bằng hai chân bao gồm: giai đoạn giảm chân, được bắt đầu vào thời điểm phản lực bị giảm đi và kết thúc vào thời điểm góc gấp ở khớp gối đạt giá trị lớn nhất, nghĩa là diện tích hình c,d,e trên biểu đồ lực kế tenxơ bằng diện tích hình abc ; giai đoạn giậm nhảy kết thúc vào thời điểm thành phần thẳng đứng của phản lực có trị số bằng 0; giai đoạn trên không, vào lúc thành phần thẳng đứng lực phản điểm tựa bằng 0.

Khi đánh đầu bằng một trong hai bên đầu, hai chân đặt cách nhau 30 - 50cm, thân nghiêng về phía bóng, chân duỗi thẳng, thân mình vươn thẳng, trọng lượng dồn lên chân trụ.

7.8.3. Dừng bóng

Gồm các giai đoạn chung cho các kiểu dừng bóng bằng chân khác nhau. Trong giai đoạn chuẩn bị, cầu thủ thực hiện tư thế ban đầu có đặc trưng là sự chuyển dời trọng tâm cơ thể lên chân trụ, vận động viên đưa chân ra đón bóng. Ở giai đoạn thực hiện diễn ra sự giảm chân (chế động) của chân. Khi tiếp xúc bóng, chân đưa ra sau

với tốc độ chậm dần. Trong giai đoạn kết thúc động tác, trọng tâm chung của cơ thể chuyển sang phía chân dùng bóng để chuẩn bị cho các hoạt động kế tiếp.

Khi dùng bóng bằng lòng bàn chân, chân giơ về hướng bóng, bàn chân xoay ra ngoài một góc 90^0 , mũi chân nâng lên khoảng $30 - 40^0$, bóng tiếp xúc với toàn bộ cạnh trong của bàn chân. Khi dùng bóng bằng mũi chân, bàn chân dùng bóng song song với mặt đất, chuyển động giảm chấn được thực hiện xuống dưới - ra sau. Dùng bóng bằng ngực - hai chân rộng bằng vai, chuyển động của ngực đón bóng có hướng ra sau kết hợp với uốn thân (mức độ uốn phụ thuộc vào tốc độ bay của bóng), hai vai và hai tay đưa ra trước. Dùng bóng bằng đầu chủ yếu sử dụng trán, chuyển động giảm chấn xuống dưới ra sau.

7.8.4. Tiếp cận bóng

Cầu thủ chuyên nghiệp thường thực hiện cú đá mu chính diện, bóng tại chỗ với góc độ 43^0 theo hướng bay của bóng, cách bóng vài bước, cho dù góc tiếp cận với bóng là 45^0 sẽ tạo ra tốc độ bóng tối đa (theo Isokawa & Lees, 1988). Nếu thực hiện từ 2 - 4 bước đệm thì tốc độ bóng đạt khoảng 3 - 4m/s. Dạng tiếp cận bóng như vậy sẽ rất hiệu quả cho những quả đá phạt. Chiều dài của bước cuối có ý nghĩa quan trọng khi thực hiện quả đá mu chính diện - tối đa là 0,72 và 0,81m so với một cú đá dưới tối đa là 0,53 và 0,55m (theo Lees và Nolan -2002). Các cầu thủ chuyên nghiệp thường sử dụng cách chạy đà theo đường vòng nhằm tạo cho cơ thể một độ nghiêng nhất định khi đá bóng vì thứ nhất, bàn chân đá bóng nghiêng sẽ tiếp xúc với bóng tốt hơn; thứ hai là độ nghiêng thấp của cơ thể cho phép gối của chân sút duỗi mạnh hơn, tạo cho vận tốc của chân cao hơn. Thứ ba là cách tiếp cận bóng theo đường vòng tạo nên tư thế ổn định để thực hiện cú sút, vì thế góp phần làm cho đường bóng chính xác và ổn định (Lees, Steward, Rahnama và Barton, 2009).

7.8.5. Tác dụng hỗ trợ của chân trụ và khung chậu

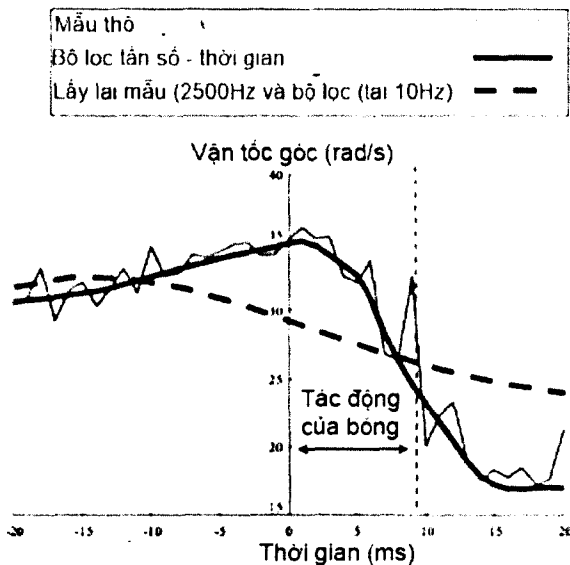
Phản lực từ mặt đất tác động lên chân trụ trong một cú đá mu chính diện là 15 - 20N; 4 - 6N theo phương thẳng đứng, và 5 - 6N/1kg hướng ra sau và sang bên (phía chân trụ). Những lực ngang hướng ra sau và sang bên (phía chân trụ) Những lực này cùng với vận tốc của khớp hông giảm sau khi tác động lên chân trụ làm cho chuyển động của cơ thể bị chậm hẳn lại khi thực hiện hành động sút bóng. Chuyển động chậm có thể có lợi cho việc ổn định hoạt động, kích hoạt lực của những cơ lớn hoặc tác động đến hoạt động của chân sút.

Khung chậu thu lại trước khi chân trụ tiếp xúc với mặt đất và sẽ duỗi dần ra với một biên độ lớn khi thực hiện động tác va đập vào bóng. Người ta đã xác định được biên độ quay trung bình từ khi co đến khi duỗi khung chậu vào lúc tiếp xúc bóng ở những cầu thủ lão luyện là 30 và 36^0 .

7.8.6. Chân sút

Gần đây chân sút bóng đã được nghiên cứu và đánh giá rộng rãi qua các dữ liệu động học (kinematic) và động lực học (kinetic) trong không gian ba chiều (3D), các dữ liệu động học 3D trong tự nhiên tương đối ít về các trục dạng/khép và xoay vào/xoay ra. Nhiều nghiên cứu chứng minh sự giảm vận tốc góc và/hoặc vận tốc tuyến tính của chân sút ngay trước khi bóng tác động. Nhiều tác giả cũng chỉ ra mối quan hệ chặt chẽ giữa vận tốc của chân sút và tốc độ bóng. Điều đó cho thấy rằng, để đạt được hiệu suất tối đa, năng lượng sinh ra trước khi tiếp xúc bóng không được giảm.

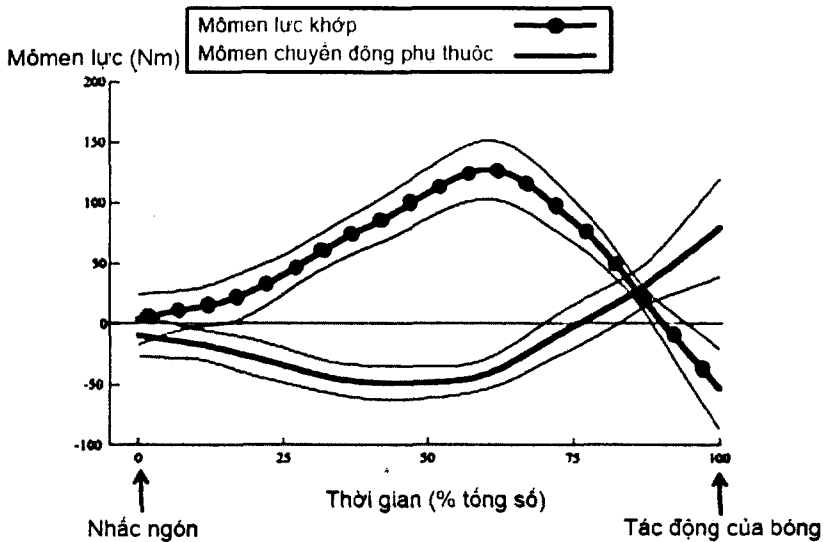
Bản chất của cử động lăng chân đã được nhiều nhà nghiên cứu quan sát thấy trong pha cuối cùng của động tác đá bóng vẫn còn một bí ẩn mà một số tác giả giải thích đó là cách thức kiểm soát vận động để "tăng cường độ chính xác" (Teixeira, 1999). Ngược lại, nhiều huấn luyện viên thường khuyên các cầu thủ "đá vuốt bóng". Liên quan đến sự mâu thuẫn này, Nunome và các đồng nghiệp (Nunome, Lake, Georgakis, & Stergioulas, 2006b) đã công bố kết quả nghiên cứu các đặc tính động học đặc trưng của kỹ thuật sút mu chính diện bằng công nghệ hiện đại có tốc độ xử lý mẫu cao (1000 Hz) và quy trình sàng lọc mới (lọc tần số - thời gian). Họ đã phát hiện ra rằng, cẳng chân vẫn còn tăng tốc cho đến khi tác động vào bóng (Hình 7.50), điều này khác xa so với các báo cáo trước đó. Tuy nhiên, nó lại có ảnh hưởng đến độ chính xác của bóng.



Hình 7.50. So sánh sự thay đổi vận tốc góc của cẳng chân trong khi va đập vào bóng tính được ở ba kỹ thuật sàng lọc và xử lý lấy mẫu khác nhau: (1) mẫu thô, (2) áp dụng bộ lọc tần số thời gian, và (3) sử dụng mẫu (250 Hz) và áp dụng bộ lọc thông thường (10 Hz). (Nunome và cộng sự - 2006b)

Nghiên cứu trên mô hình 2D và 3D đối với cầu thủ chuyên nghiệp về các chỉ số mômen lực của khớp hông của chân sút bóng cho thấy: động tác gấp, khép và xoay ra có mômen lực tương ứng là 168, 100 và 41Nm; ở người chơi nghiệp dư là 94, 115 và 26Nm).

Mâu thuẫn giữa mômen lực cơ và chuyển động các phân đoạn (ví dụ: mômen lực gấp khớp gối trong khi duỗi gối) được các nhà khoa học gọi là “ nghịch lý bóng đá” giống như động tác đứng lên khi ngồi trên một cái ghế. Nhưng từ một khía cạnh khác, nghịch lý này cho thấy, động lực học về chuyển động có nguồn gốc từ mômen lực cơ, chịu trách nhiệm cho những dạng đặc biệt của chuyển động các phân đoạn khi sút bóng. Người ta đã xác định được số lượng công được thực hiện bởi chuyển động phụ thuộc vào mômen lực nhờ vận tốc góc của đùi trong đá mu chính diện. Nó tương ứng với 20% công thực hiện bởi mômen lực duỗi gối. Trong các nghiên cứu gần đây người ta nhận thấy rằng, mômen lực duỗi gối giảm nhanh trong pha cuối khi sút bóng đồng thời với hoạt động ngược lại (hoạt động gấp) ngay trước khi chân chạm bóng, trong khi *mômen chuyển động phụ thuộc* nhanh chóng tăng lên cho đến khi mômen lực duỗi gối tác động lên bóng (Hình 7.51). Điều đó có thể do mômen chuyển động phụ thuộc giúp bù đắp cho sự ức chế mômen lực cơ, nhờ đó làm tăng vận tốc góc trong pha cuối khi sút bóng. Các huấn luyện viên thường có kinh nghiệm thường khuyên nên tập trung vào các cơ ngoài các cơ ở khớp gối, như ở khớp hông, ở thân mình có sự tham gia hiệu quả.



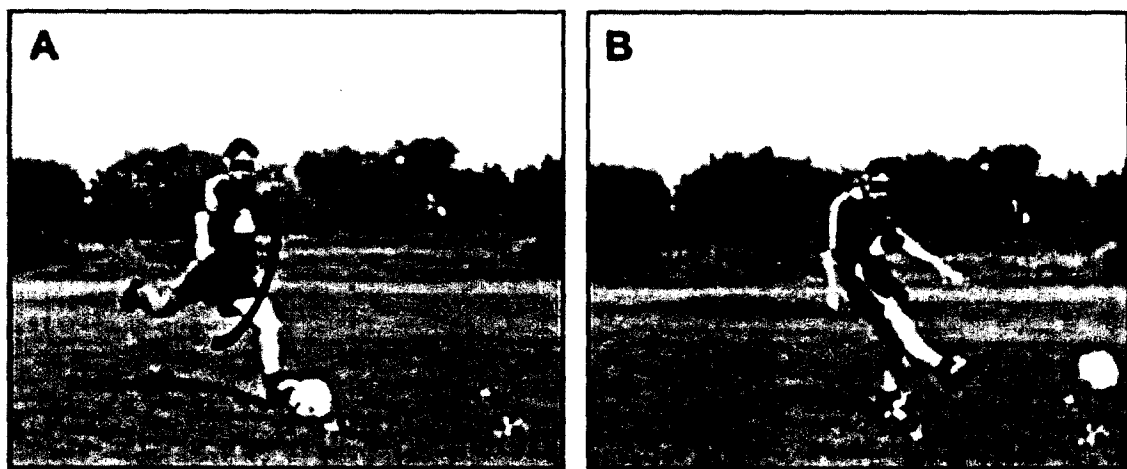
Hình 7.51. Sự biến đổi bình quân của khớp và mômen chuyển động phụ thuộc trong lúc khớp gối thực hiện quả đá mu chính diện (theo Nunome và cộng sự, 2006)

Robertson và Mosher (1985) đã tính được công suất tiêu hao ở khớp hông và khớp gối của chân sút khi sút bóng, với khớp hông là 2000W trong khi khớp gối chỉ

không quá 100W. Nói cách khác, công tích cực thực hiện bởi khớp hông là 113J (jun), trong khi với khớp gối chỉ 5J. Điều này cho thấy, khớp hông là động lực chủ yếu khi sút bóng và công được thực hiện bởi khớp gối góp phần rất nhỏ đối với gia tốc góc của cẳng chân.

7.8.7. Hỗ trợ của thân trên

Phần trên của cơ thể thể hiện một số tính chất quan trọng của kỹ thuật. Cánh tay bên đối diện chân sút thường dang và duỗi ngang trước khi chân trụ đặt làm điểm tựa và khi cánh tay khép lại và gấp ngang thì bóng được sút đi, đồng thời phần vai cũng kết hợp xoay theo cùng với xoay khung chậu. Điều đó làm thay đổi tư thế của thân mình trong pha chuẩn bị sút bóng và hỗ trợ trong pha thực hiện sút. Ở bước sai cuối trước khi sút đối với vận động viên chuyên nghiệp, khớp vai đối diện chân sút duỗi ngang 158° và khép 36° , so với 63° và 20° tương ứng ở những bước trước đó. Những kết quả này cũng phù hợp với đối tượng cầu thủ là nữ. Xét trên phương diện lớn hơn về chuyển động, người ta nhận thấy rằng, cánh tay đối diện với chân sút có một vai trò quan trọng với cú sút. Việc nâng theo chiều ngang của cánh tay thường được cho là duy trì sự thăng bằng, nhưng thực ra điều đó hình thành một “vòng cung lực” đi ngang qua cơ thể từ chân sút bóng cho đến tay đối diện khi làm động tác duỗi và dang cánh tay (Hình 7.52). Chuyển động của riêng chân và tay cũng hình thành một “vòng cung lực” (vòng cung ngắn) là biểu hiện của một chu kỳ “kéo giãn-co cơ” (xem phần....) từ khớp hông, khớp gối đến khớp cổ chân.



Hình 7.52. Minh họa về vòng cung kéo giãn (A) và vòng cung co cơ (B) khi sút mu chính diện

7.8.8. Sự tương tác giữa chân với bóng

Sự tiếp xúc giữa chân khi sút bóng chỉ kéo dài chưa tới 10ms (miligiây). Khi sử dụng máy ảnh tốc độ cao (500Hz) để xác định sự tác động của bóng với bàn chân

trong quả sút bóng mu chính diện, và thấy rằng, nó nằm ở vị trí đầu xa gây nên động tác gấp gan chân. Khi sử dụng máy quay video tốc độ cao, người ta nhận thấy rằng, bóng được tác động với lực tối đa nghĩa là tốc độ bóng đạt đến tối đa khi điểm tác động nằm gần trọng tâm của bàn chân và ước tính lực tác động lớn nhất là 1200N đối với tốc độ bóng là 16,3m/s. Thậm trí ở một số tư thế thuận lợi có chuẩn bị trước lực tác động lớn nhất có thể vượt quá 2800N ở một cú đá có tốc độ tối đa (theo Shinkai, Nunome, Ikegami và Isokawa, 2008).

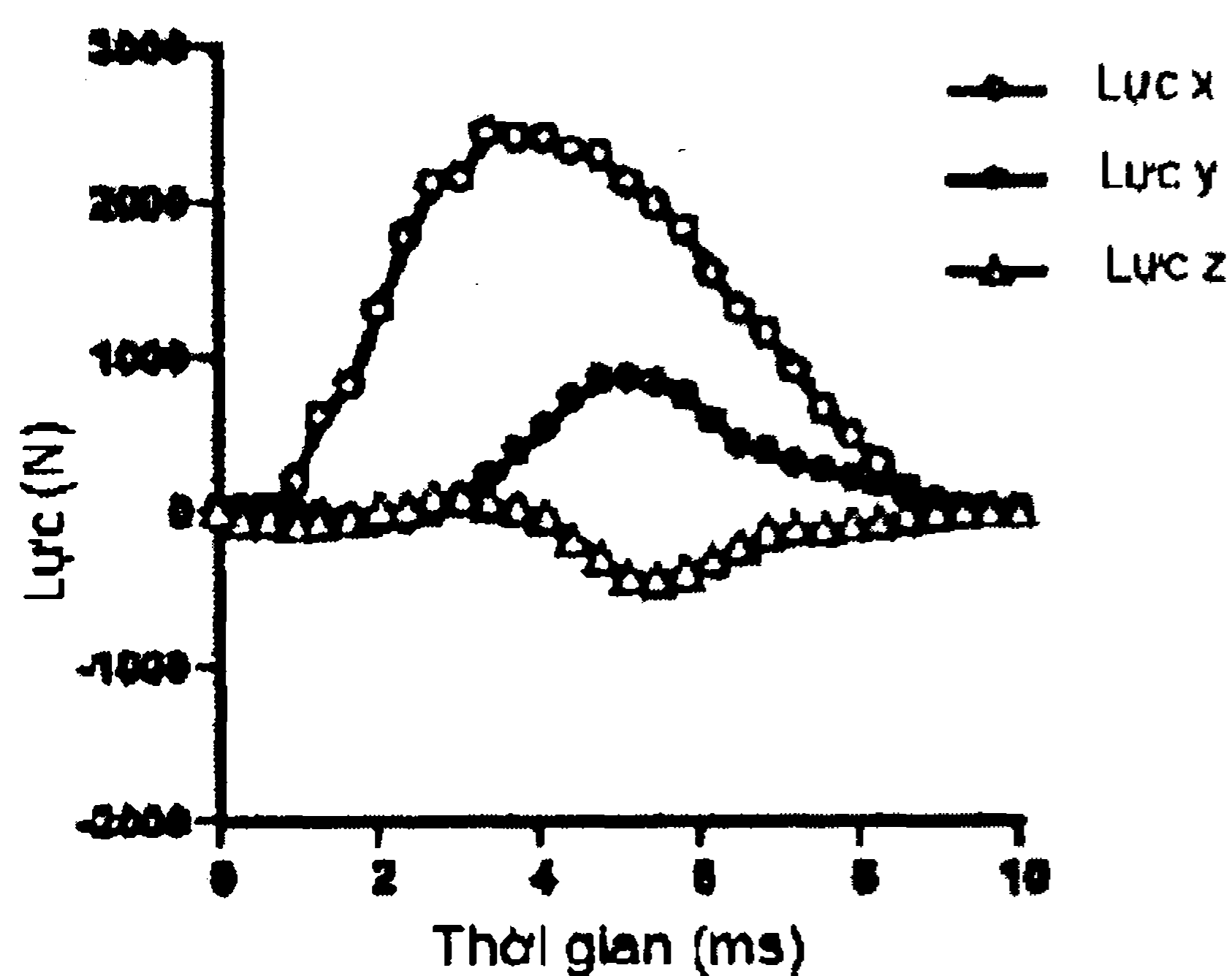
Giày bóng đá cũng làm ảnh hưởng đến lực tác động, tuy mang lại một số lợi ích như giảm đau, tăng ma sát khi chạy, tăng lực phản xạ điểm tựa lên chân trụ song nó lại làm giảm tốc độ sút bóng và giảm tới 1,5% tốc độ bóng so với đá bằng chân không giày. Giả thuyết đưa ra của hiện tượng này là khi đi giày thì khớp cổ chân không thể gấp (gấp gan chân) ngay lập tức trước khi tác động mà buộc phải gấp trong quá trình tác động. Khi đá bằng chân không, bàn chân đã được gấp hoàn toàn lúc bắt đầu tác động, tạo ra một bề mặt rắn chắc hơn và do đó sự va đập cơ học tốt hơn. Một điều cần lưu ý rằng, trọng lượng của giày không làm ảnh hưởng đến tốc độ của bóng mà chỉ làm giảm tốc độ của chân sút.

Giày bóng đá có thể cải thiện độ chính xác bóng so đá chân đất lên đến 20%. Sự khác biệt về độ chính xác giữa các loại giày lên đến 13% khi đá mu chính diện.

Cấu trúc của bóng cũng ảnh hưởng đến sự tương tác giữa chân với bóng. Bóng bị biến dạng trong quá trình tác động ước chừng 68mm sau khi bị tác động. Các thử nghiệm đá bằng chân rô bốt cho thấy áp lực của bóng (0.6; 0.9; 1.2bar*) không ảnh hưởng đến vận tốc bóng. Tuy nhiên, với quả bóng có áp lực thấp hơn (0.6 so với 1.2bar), góc bay khi rời khỏi chân sút của nó cao hơn khoảng 2°. Ngoài ra, góc bay khi rời khỏi chân sút của bóng sẽ thấp hơn khi van bóng hướng thẳng xuống dưới (ở dưới đáy quả bóng). Khi thực hành nghiên cứu bóng đá, cần chú ý tới những đặc điểm trên. Gần đây, người ta đã việc xây dựng được mô hình phân tích các phần tử giới hạn để nghiên cứu một cách hệ thống các yếu tố ảnh hưởng đến sự tương tác giữa chân - bóng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy sự biến dạng của khớp cổ chân làm giảm tốc độ của quả bóng, điều này khẳng định những phát hiện trước đây về tác dụng của việc gấp gan bàn chân là bắt buộc. Asai và các đồng nghiệp (Asai, Carre, Akatsuka & Haake, 2002) sử dụng phân tích phần tử giới hạn để định lượng ảnh hưởng của khoảng cách giữa tâm điểm của khu vực va đập và tâm của quả bóng đến tốc độ và độ xoáy của bóng. Vận tốc bóng đạt đến tối đa khi khoảng cách này bằng không không, nhưng điều này cũng có kèm theo một độ xoáy nhỏ, được cho là

* 1Pa \equiv 1N/m² \equiv 10⁵barn

do sự tác động không đồng đều của bàn chân. Khi khoảng cách này tăng, tốc độ của bóng giảm và độ xoáy tăng lên. Độ xoáy của bóng đạt đến tối đa là 101 rad/s thì sẽ làm giảm vận tốc của bóng từ 26m/s xuống còn 11m/s. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy: khi khoảng cách giữa tâm điểm của khu vực va đập và tâm của quả bóng ở những giá trị rất lớn thì cả độ xoáy và tốc độ của bóng đều giảm do năng lượng tác động không được truyền cho quả bóng. Ngoài ra, độ xoáy của bóng tăng khi hệ số ma sát giữa chân và bóng tăng lên, tuy nhiên sự thay đổi hệ số ma sát có tác dụng ít hơn sự thay đổi khoảng cách giữa tâm điểm của khu vực va đập và tâm của quả bóng. Dựa vào đồ thị trong hình 7.53 người ta có thể dự đoán được lực tác động ở quả sút mu chính diện với lực tối đa khi vận tốc góc khớp cổ chân là 25m/s là khoảng 2500N.



Hình 7.53. Lực tác động của cú sút mu chính diện dựa trên những phân tích yếu tố có giới hạn. Trục x chỉ hướng ngang, trục y chỉ hướng thẳng đứng và trục z chỉ hướng bên

7.8.9. Đường bay của bóng

Quỹ đạo bay của bóng khi đá hoặc ném bị ảnh hưởng không chỉ bởi tình trạng ban đầu trước khi bay mà còn chịu ảnh hưởng bởi dòng không khí gây ra bởi chuyển động quay của bóng trên đường bay của nó. Do đó khi phân tích quỹ đạo bay của bóng thì không thể không phân tích các đặc tính khí động học của nó.

Lực tác dụng lên đường bay hình vòng cung của bóng theo lý thuyết bởi lực cản (xem thêm mục 5.8) và lực nâng và nó được xác định bằng hệ số lực cản và hệ số lực nâng tương ứng. Khi vận tốc của bóng thấp, hệ số lực cản sẽ cao (khoảng 0,5) và hệ số này giảm nhanh chóng đến 0,1 (lúc mà số Reynolds (Re) tới giới hạn) và sau đó dần tăng trở lại làm tốc độ của bóng tăng. Thí nghiệm trong hầm gió, hệ số lực cản giả từ 0,5 đến 0,2 trong giai đoạn chuyển tiếp (tương ứng với số Reynolds từ 90.000 đến 130.000). Hệ số lực cản tăng dần lên tuyến tính nhưng không quá 0,25 vào lúc cao nhất (từ 130.000 đến 500.000 tương đương tốc độ bóng từ 9 đến 32m/s).

Dựa trên quan sát từ máy quay video tốc độ cao cùng với việc so sánh các đường bóng bay mô phỏng với đường bay trong thực tế, người ta đã tính được hệ số lực cản và nâng trung bình trên toàn bộ quỹ đạo bay của bóng. Hệ số lực cản trung bình tăng từ 0,05 đến 0,35 làm cho vận tốc ban đầu tăng từ 17 đến 30m/s. Sự gia tăng hệ số lực cản đưa đến giả thuyết rằng số Reynolds giới hạn đã bị vượt qua và

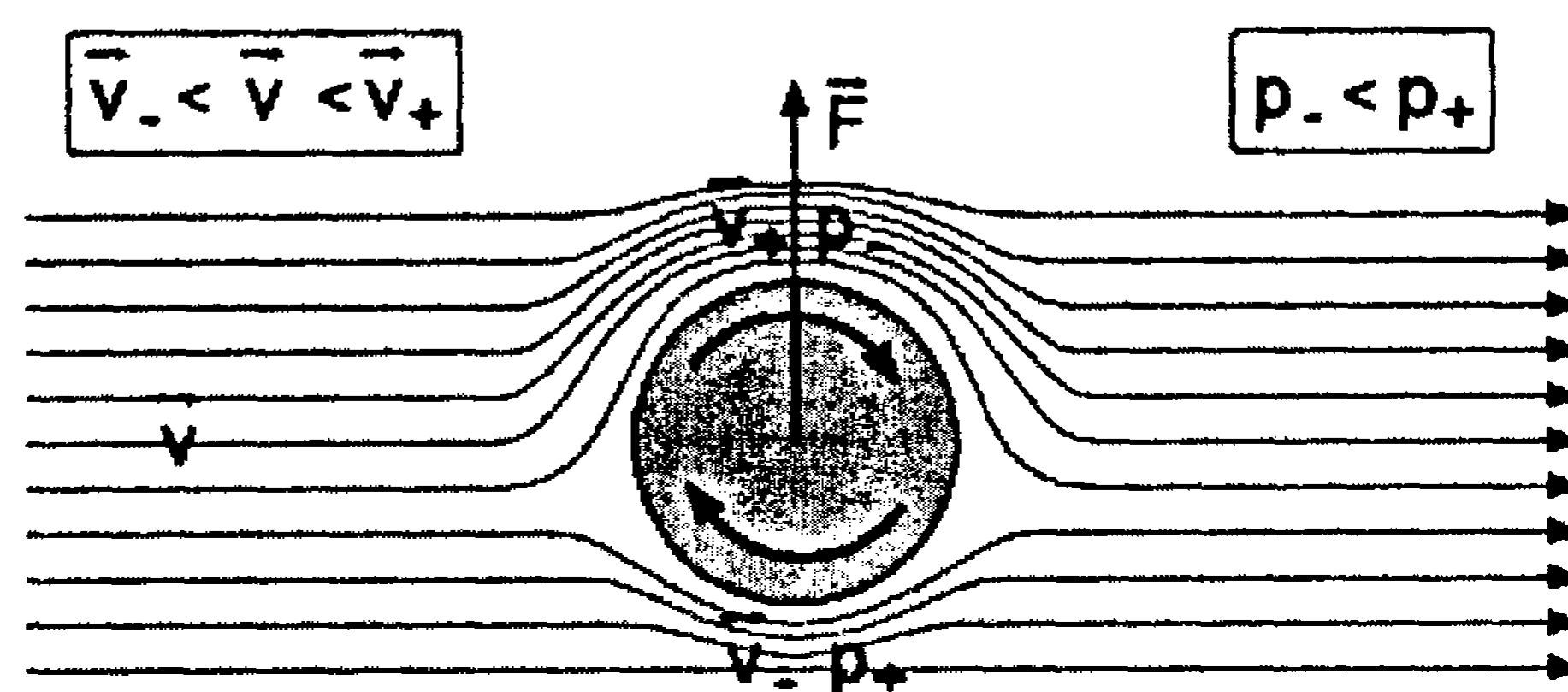
các dữ liệu nằm trên phần tăng lên của hệ số lực cản trên đường cong (Asai và cộng sự, 1998; Carre và cộng sự, 2002). Rõ ràng đã có một sự khác biệt giữa đường bóng thử nghiệm trong hầm gió và trên thực tế về hệ số lực cản và chúng thay đổi như thế nào khi tốc độ bóng tăng. Sự khác biệt này hiện vẫn chưa được giải đáp, song nó có giá trị ghi nhận rằng, lực cản tác động lên bóng (khoảng 3,25N khi tốc độ bóng thông thường là 25m/s) sẽ làm bóng bay chậm lại khoảng 6m/s trong suốt cự ly 18m đá phạt trực tiếp, theo đó lực cản cũng giảm mỗi lúc một nhiều hơn. Như vậy lực cản trung bình là giá trị trung bình khi nó thay đổi từ giá trị cao hơn đến giá trị thấp hơn trong suốt thời gian bay của bóng. Làm rõ vấn đề này sẽ rất hữu ích để hiểu được ảnh hưởng của lực cản đến đường bay của bóng và đặc biệt quan trọng đối với những quả đá phạt penalty và đá phạt trực tiếp ở cự ly ngắn.

Đường bay hình vòng cung (sang phải hoặc sang trái) của bóng được gây ra bởi hiệu ứng Magnus hoặc lực nâng sinh ra bởi sự quay của bóng và được xác định bởi hệ số lực nâng. Sử dụng thí nghiệm bằng máy bắn bóng để tăng độ quay của bóng, người ta nhận thấy rằng hệ số lực nâng trung bình tăng lên nhanh chóng từ 0 đến độ quay thí nghiệm. Giá trị tối đa đạt được là 0,26 với độ xoáy của bóng khoảng 100rad/s và không tăng lên nữa khi độ xoáy tăng lên tới 240rad/s. Ngoài ra, người ta cũng nhận thấy rằng, hệ số lực cản trung bình bị ảnh hưởng bởi độ xoáy của bóng, nếu tăng dần hệ số lực cản từ 0,2 với độ xoáy là 0 thì hệ số lực cản 0,5 độ xoáy đã là 240rad/s. Griffiths cùng đồng nghiệp (2005) đã sử dụng một hệ thống chụp ảnh chuyên động để theo dõi quỹ đạo và sự quay (xoáy) của quả bóng đá bay với tốc độ 15 – 18m/s, họ thu được hệ số lực nâng trong phạm vi 0,15 đến 0,36, và cũng cho thấy sự gia tăng về tốc độ quay. Trong trường hợp một quả bóng đang quay, tăng tốc độ từ 13 đến 32m/s cho thấy một sự gia tăng tương ứng về hệ số nâng từ 0,31 đến 0,39 (thí nghiệm đường hầm gió của Spampinato và đồng nghiệp).

Các số liệu của các nhà nghiên cứu được liệt kê trên cho phép suy đoán đường bay và chiến lược các quả đá phạt. Carre và đồng nghiệp (2002) đã tính đường bay được thực hiện bởi 2 cú sút hơn 18m: quả thứ nhất sút với tốc độ 26m/s bóng không xoáy và quả thứ hai, bóng theo đường vòng với cùng tốc độ chân nhưng vị trí tác động lệch tâm 8cm. Dựa trên các dữ liệu, tác động lệch tâm làm giảm tốc độ của bóng còn 18,5m/s và gây ra độ xoáy 64rad/s quanh trục thẳng đứng. Điều đó làm thay đổi đường bay đáng kể tạo ra một đường vòng làm lệch hướng từ hướng chuyển động ban đầu tới hơn 3m nhưng cần phải có một góc sút lớn và dài hơn 78% thời gian bay. Trong những năm gần đây các dạng chuyển động không theo quy luật hoặc hiệu ứng “knuckling” hay được sử dụng với bóng không xoáy hoặc ít xoáy. Hiệu ứng “knuckling” làm cho đường bóng đi thất thường, thay đổi liên tục trong quỹ đạo thậm trí theo đường đích dắc.

Hiệu ứng Magnus.

Hiệu ứng Magnus mô tả tác động của một lực ngang cho một vật thể đang quay chuyển động trong một dòng không khí chuyển động, theo nguyên lý tương đối Galileo, cũng tương tự như quả bóng đang bay và xoay trong dòng khí đứng yên. Tại một phía mặt trên của bóng, chiều quay của nó cùng chiều với chuyển động của dòng không khí và như vậy dòng khí ở mặt bên này sẽ đi nhanh hơn so với dòng khí ở phần giữa gần trục quay của bóng. Theo định luật Bernoulli, áp suất tại một mặt bên của bóng, nơi có dòng khí chuyển động nhanh hơn sẽ nhỏ hơn áp suất ở phần giữa. Tại mặt bên kia của bóng thì điều này xảy ra ngược lại, vì tại đó chiều quay của bóng sẽ ngược với chiều chuyển động của dòng khí, làm giảm tốc độ dòng khí và từ đó làm tăng áp suất (Hình 7.54). Như vậy, có một sự không cân bằng về lực và quả bóng sẽ đi lệch sang một bên. Hiện tượng như thế được gọi là “hiệu ứng Magnus”.



Hình 7.54. Hiệu ứng Magnus: Một vật xoay trong một chảy (với \vec{F} là lực nâng, \vec{v} là vận tốc của dòng khí, \vec{v}_+ là vận tốc dòng khí phía trên của bóng, \vec{v}_- là vận tốc dòng khí phía dưới bóng, P_+ là áp suất dòng khí phía dưới, P_- là áp suất dòng khí phía trên)

Ta có:

$$\vec{F} = \Delta p \cdot A$$

Trong đó: với Δp là chênh lệch áp suất giữa phía trên và dưới của bóng; A là thiết diện ngang bị tác động bởi dòng khí.

Những lực làm lệch đường đi của quả bóng khi quay gồm hai loại: lực nâng và lực cản (mục 5.8). Lực nâng hướng lên trên hoặc hướng sang ngang, đại diện cho hiệu ứng Magnus. Lực cản tác động theo hướng ngược với đường đi của quả bóng.

Giả sử rằng vận tốc của quả bóng là 30m/s và tốc độ quay là khoảng 8 - 10 vòng mỗi giây, khi đó lực nâng vào khoảng 3,5N. Nếu lấy khối lượng chuẩn của một quả bóng dành cho thi đấu là 410-450g, khi đó nó sẽ có gia tốc là khoảng 8m/s². Và bởi vì trong một giây, quả bóng có thể đi về phía trước được 30m nên lực nâng sẽ

khiến nó bị lệch khoảng 4m so với quỹ đạo thẳng, nghĩa là bóng đi theo hình vòng cung.

7.8.10. Các khía cạnh khác

Các kỹ thuật đá bóng liên quan với các nguyên tắc cơ bản của chuyển động. Các nguyên tắc nhằm nâng cao chất lượng chuyển động được dựa trên các nguyên tắc cơ học hoặc sinh học. Người ta đã xác định được 5 nguyên tắc như vậy có thể áp dụng trong kỹ thuật đá bóng: phạm vi chuyển động, chu kỳ kéo giãn – co cơ, tốc độ điểm đầu cùng, hành động và phản ứng, chuỗi động học từ đầu gần đến đầu xa. Những nguyên tắc này không nhất thiết phải độc lập (ví dụ, trình tự chuyển động theo chuỗi các phân đoạn từ đầu gần đến đầu xa cũng tạo nên tốc độ cao của điểm đầu cùng) và chúng cũng không nhất thiết phải được áp dụng như một khía cạnh của kỹ thuật (ví dụ, chu kỳ kéo giãn – co cơ được áp dụng để gấp và duỗi khớp gối khi đá, cũng như việc căng thân trên được tạo ra bằng cách nâng, gấp và duỗi ngang cánh tay bên đối diện chân sút).

7.9. Bơi lội

Tất cả các kiểu bơi đều dựa trên cơ sở sự tác động tương hỗ của vận động viên với nước, khi đó sẽ tạo ra các lực giúp cho vận động viên di chuyển và nổi trên mặt nước. Những đặc tính sinh cơ học mang tính đặc thù của bơi thường có mối liên quan chặt chẽ với lực cản khi di chuyển, chúng luôn thay đổi và tác động liên tục.

Vận động viên thường xuyên ở trạng thái không điểm tựa để tiến lên trước, điểm tựa được tạo ra trong thời gian quạt và đạp nước. Ngoài ra, cơ thể vận động viên luôn chịu tác động của trọng lực lên trọng tâm chung. Lực đẩy được tạo ra do sự khác biệt của các áp lực nước tác động vào mặt dưới và trên của cơ thể vận động viên, độ lớn của nó tương ứng với khối lượng nước trong một đơn vị thể tích của phần chìm xuống của cơ thể.

Khi chìm xuống sâu hơn hoặc chìm hoàn toàn, lực đẩy sẽ tăng lên, các bộ phận cơ thể có xu hướng bị đẩy lên mặt nước (hoạt động của tay quạt nước trên không bị hạn chế). Do vậy, trọng lực luôn luôn không đổi về độ lớn, nhưng làm thay đổi điểm tác động khi thay đổi tư thế bơi. Lực đẩy làm biến đổi cả độ lớn, cả điểm tác động tùy thuộc vào mức độ chìm của cơ thể dưới nước và tư thế của cơ thể. Cơ thể của vận động viên ở dưới nước duy trì được tư thế cân bằng khi trọng lực và lực đẩy bằng nhau và tác động của chúng theo một đường thẳng.

Do lực chuyển động phụ thuộc vào chuyển động của các mắt xích của cơ thể đối với nước, vận động viên chuyển động về phía trước nhờ những thành phần lực được tạo ra. Chúng song song với mặt nước và hướng về trước. Hướng tác động của

lực song song và ngược chiều với hướng chuyển động của nước, vuông góc với bề mặt của “bàn chân ếch” đẩy nước. Lực quạt nước phụ thuộc vào những yếu tố được tạo nên bởi các đặc điểm chức năng của cơ và bộ máy vận động nói chung.

Khi quạt nước vào phía trong tạo thành một lực có hiệu quả lớn nhất nhờ tăng tốc của cẳng tay. Lực cản của mặt nước đối với chuyển động của bàn tay chủ yếu hướng sang một bên mà không làm cản trở chuyển động của cơ thể vận động viên vì được bù trừ hiệu quả nhờ hoạt động của đôi tay.

Quạt nước được chia thành hai giai đoạn: chuẩn bị và thực hiện. Giai đoạn chuẩn bị trong bơi trườn sấp gồm pha chuyển động của tay trên mặt nước và ở dưới nước. Giai đoạn thực hiện có 3 phần: phần tạo đà, phần cơ bản và phần kết thúc.

Giai đoạn chuyển động của tay trên mặt nước được bắt đầu từ thời điểm bàn tay của vận động viên đưa lên khỏi mặt nước và kết thúc khi tay chạm nước. Giai đoạn tay dưới nước có những thời điểm giới hạn sau: bàn tay bắt đầu có sự tương hỗ tích cực với nước. Phần đầu của giai đoạn thực hiện là tạo đà, được đặc trưng bởi sự tăng dần tốc độ chuyển động của tay, ở phần này, tay di chuyển theo trục phải - trái từ $10 - 15^\circ$ đến $40 - 50^\circ$.

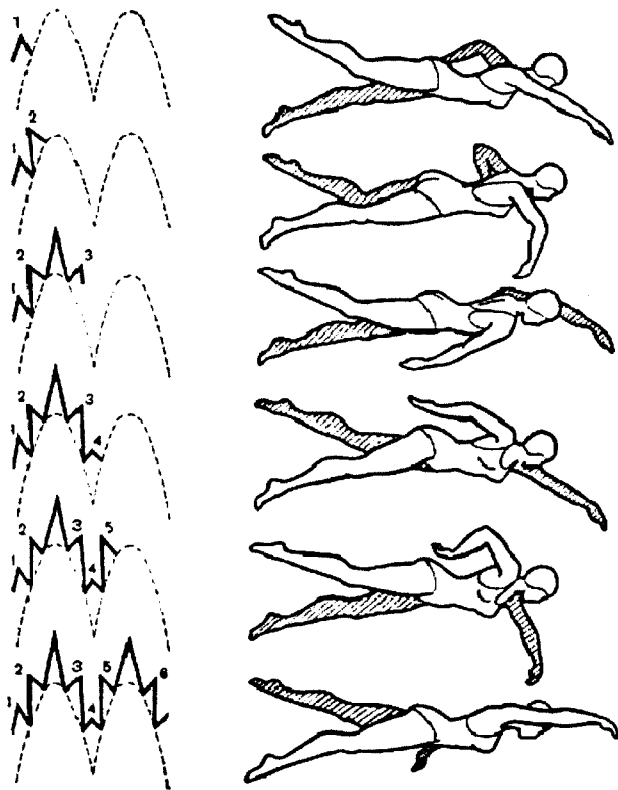
Thời điểm giới hạn kết thúc phần này là bàn tay chuyển từ hoạt động thẳng đứng sang mặt phẳng nằm ngang khi gấp khuỷu. Phần cơ bản của giai đoạn thực hiện, tốc độ của tay bị giảm đi, sau đó lại tăng lên ở nửa quạt nước thứ 2. Ở phần này những lực chủ yếu được tạo ra để đẩy vận động viên lên phía trước, trong đó, tốc độ bơi tăng lên tới giá trị cực đại. Tương ứng với phần cơ bản, tư thế của tay từ $40 - 50^\circ$ trước khi tay chuyển sang phương thẳng đứng. Phần kết thúc được bắt đầu từ thời điểm chuyển động của khuỷu tay lên trên và kết thúc khi bàn tay thoát khỏi mặt nước. Phần này được đặc trưng bởi sự giảm tốc chuyển động của bàn tay đối với nước, xảy ra do sự di chuyển của tay theo phương thẳng đứng và chuyển sang trườn mạnh lên trước.

Những vận động viên có trình độ kém thường thực hiện quạt nước với tần số cao hơn, mức độ vung tay yếu hơn để duy trì được tốc độ quạt nước cao. Với các vận động viên trình độ cao có khả năng phát triển tốc độ tương tự của tay trong nước trên cự ly dài hơn nhờ gấp nhanh khớp khuỷu.

Khi thực hiện toàn bộ động tác quạt nước, trừ hoạt động của hai chân trong bơi trườn sấp, các mắt xích tham gia quạt nước đều chuyển động về phía sau và vượt qua một quãng đường trong môi trường nước theo hướng ngược lại từ vị trí bắt đầu quạt. Nhờ đó, sự tác động tương hỗ của vận động viên với nước dựa trên cơ sở những biến đổi lực cản của nước diễn ra trước hết là do tốc độ chuyển động của các mắt xích của cơ thể tác động tới nước.

Hình dáng và hướng của các mắt xích quạt nước, quỹ đạo và sự phân phối sức lực, tất cả những bộ phận hoạt động trong môi trường nước đều làm ảnh hưởng đến hiệu quả của các động tác quạt nước. Hình dáng khum lòng bàn tay và góc độ tác động với nước của nó có tác dụng làm tăng hiệu quả của động tác quạt nước.

Khi thực hiện động tác quạt nước, hai chân duỗi tích cực được bắt đầu ở khớp hông, tiếp theo là khớp gối và bàn chân. Các động tác quạt nước của hai chân đi kèm với động tác xoay đùi ra tích cực và làm cho chuyển động của cẳng chân có động tác "vẩy". Cần chú ý rằng, vào thời điểm kết thúc quạt nước sau khi duỗi thẳng hai chân, khớp hông vẫn có xu hướng duỗi đùi. Động tác này không phải là quạt nước mà chỉ là hoạt động hỗ trợ giúp cho cơ thể trở về tư thế nằm ngang.



Hình 7.40. Phối hợp tay và chân trong bơi trườn sấp

độ nhỏ nhất theo hướng tăng dần. Độ dài của một chu kỳ quạt nước tăng lên khi tốc độ trung bình dưới 1,42m/s. Độ dài của giai đoạn thứ hai giảm đi do tốc độ trung bình tăng lên nhiều, từ 0,47 đến 0,79s, cuối giai đoạn này, tốc độ bơi bắt đầu giảm. Độ dài của giai đoạn 3 dao động trong khoảng 0,10 đến 0,18s chỉ khi tốc độ bơi bị giảm đi đáng kể (xuống gần 0,93s) và đột ngột tăng lên 0,39s. Hình 7.40 trình bày sự

Gấp và duỗi bàn chân với tác dụng hỗ trợ: Khi gấp bàn (gấp gan chân), độ lướt của cơ thể tốt hơn, còn khi duỗi (gấp mu chân), diện tích điểm tựa của bàn chân tăng lên. Việc phân tích sự biến đổi tốc độ bên trong của một chu kỳ quạt nước cho phép chia chu kỳ thành 3 giai đoạn: *giai đoạn tăng tốc*, trong đó, nhờ động tác quạt nước tích cực của hai tay và hai chân, tốc độ di chuyển của vận động viên tăng lên đến giá trị cực đại; *giai đoạn giảm tốc độ*, trong đó hiệu quả các động tác quạt nước bị giảm sút. *Giai đoạn ổn định tốc độ tương đối*: giai đoạn này có thể không tồn tại hoặc trong khi thực hiện diễn ra sự biến đổi tốc

phối hợp hợp lý của hai chân với lực quạt nước của hai tay khi bơi trườn sấp. Động tác đập nước của hai chân (số 1 và 4) diễn ra liên tục khi lực kéo nước của hai tay bị triệt tiêu ở cuối động tác; các động tác đập (2 và 5) là các động tác tăng cường, giúp nâng cao hiệu quả của giai đoạn 1 của động tác quạt nước bằng hai tay. Tốc độ bơi chịu ảnh hưởng của những đặc điểm giải phẫu của vận động viên như chiều dài cơ thể và các mắt xích của tứ chi, chiều rộng của bàn tay và bàn chân.

Nhảy xuất phát: hiệu quả của xuất phát phụ thuộc trước hết vào thời gian nhảy lao và thời gian lướt (Bảng 7.6).

Bảng 7.6. Thời gian của động tác xuất phát

Chỉ số	Ký hiệu	X, (s)
Thời gian nhảy lao	T1	0,930
Độ trễ thời gian	T1.1	1,156
Thời gian khởi phát	T1.2	0,774
Thời gian động tác chuẩn bị	T1.2.1	0,395
Thời gian đập	T1.2.2.	0,378
Thời gian bay	T2	0,378

Các động tác của vận động viên khi xuất phát phải đảm bảo: a) thời gian nhảy lao ngắn nhất (cực tiểu T1); b) tốc độ bay theo phương nằm ngang (cực đại V_{max}); c) tốc độ bay theo phương thẳng đứng (tối ưu $V_{tối\ ưu}$). Thời gian nhảy lao phụ thuộc vào thời gian phản ứng, thời gian khởi phát và thời gian thực hiện động tác chuẩn bị. Do đó, có thể tăng hiệu quả xuất phát nhờ giảm thời gian phản ứng T1.1 và thời gian thực hiện động tác chuẩn bị T1.2.1. Thời gian bay T2 phụ thuộc vào độ cao và tư thế cơ thể khi tiếp xúc với mặt nước. Tốc độ bay theo phương nằm ngang phần lớn phụ thuộc vào lực chống lại phương nằm ngang của điểm chống và hướng tác dụng của nó.

Các động tác quay vòng: có nhiều kiểu quay vòng khác nhau, nhưng bất kỳ kiểu nào cũng có thể phân thành các giai đoạn sau: chạm thành bể, ôm gôi và quay vòng, trước khi đạp đuôi, đạp đuôi và lướt, các động tác bơi đầu tiên sau khi quay vòng. Kỹ thuật quay vòng cần đáp ứng những yêu cầu sau: thực hiện quay vòng nhanh; cuối động tác quay vòng, vận động viên cần phải ở tư thế có thể thực hiện động tác đạp mạnh về hướng đúng; động tác đạp cần phải mạnh để đảm bảo lướt nhanh về hướng đã định; tiết kiệm sức khi quay vòng, không hao tổn năng lượng

vào những động tác thừa và đảm bảo hít vào đầy đủ trước khi quay vòng. Do đó, để thực hiện có hiệu quả động tác quay vòng cần phải: ôm gối và quay người kịp thời; đặt hai bàn chân vào thành bể kết hợp định hướng từ mặt nước và đường bơi; đạp mạnh, lướt và thực hiện kịp thời các động tác bơi đầu tiên. Khi bơi tới gần thành bể, vận động viên không được giảm tốc độ và thay đổi hướng di chuyển của cơ thể.

Muốn thay đổi hướng chuyển động, khi bơi tới gần thành bể, vận động viên phải quay người một góc 180° . Tốc độ quay vòng phụ thuộc vào độ lớn của mômen quay và bán kính vòng quay: bán kính vòng quay càng nhỏ, kết thúc động tác càng nhanh. Bán kính vòng quay phụ thuộc vào khoảng cách từ các bộ phận của cơ thể tới trọng tâm chung của cơ thể. Bán kính quay vòng sẽ có giá trị nhỏ nhất trong trường hợp, khi vận động viên ôm gối sát người - hai chân co lại ở tất cả các khớp, hai gối sát ngực, hai gót chân sát mông. Sau đó co hai tay và đưa chúng sát thân mình. Hai tay ôm gối ngay khi bắt đầu quay và duy trì đến giữa vòng quay. Gần tới thời điểm kết thúc, vận động viên thả lỏng tay buông gối để dừng quay và trở về tư thế ban đầu trước khi đạp đuôi.

Để tạo ra mômen quay, vận động viên sử dụng lực cản của nước và chuyển động quán tính của cơ thể. Nếu rút một tay ra sau - sang bên và sau đó quạt nước về trước, thì việc hãm lại không chỉ làm dừng di chuyển, mà còn làm cho nó xoay về hướng tay đó. Nếu hạ nhanh vùng đai vai xuống dưới khi đang bơi gắng sức, áp lực của nước lên bề mặt của lưng sẽ làm hãm chuyển động của vận động viên và làm cho cơ thể xoay quanh trục ngang. Khi bơi đến thành bể, quay vòng với một tốc độ vừa đủ và đặt một tay lên cao hơn mặt nước, sự hãm lại sẽ tạo ra mômen quay xung quanh trục ngang theo hướng lưng. Mômen quay trong tất cả các trường hợp đó có thể tăng lên nhờ chuyển động của đầu và đai vai.

Trước khi đạp đuôi, thân mình vận động viên cần phải chìm xuống nước sao cho lưng hoặc ngực phải thấp hơn mặt nước từ 35 - 50cm. Trục dọc của thân mình hầu như ở tư thế nằm ngang, hai tay đặt cùng nhau và đưa thẳng về trước, đầu nằm giữa hai tay, hai chân co lại, hai bàn chân đặt lên thành bể quay vòng sao cho điểm chạm các ngón nằm ở tư thế ngang với khớp hông. Lực đạp đuôi đạt giá trị lớn nhất, nếu tư thế của khớp hông và khớp gối trước khi đạp khoảng gần 90° .

Đạp đuôi được bắt đầu tương đối uyển chuyển. Các khớp hông và gối của chân tiến hành đạp mạnh vào thời điểm đạt xấp xỉ 90° . Khi bắt đầu đạp, tư thế của cơ thể và hai tay được điều chỉnh chính xác sao cho hướng đạp trùng với hướng trục dọc cơ thể.

Sau khi đạp duỗi, động tác kế tiếp là lướt. Nếu thực hiện đúng động tác đạp duỗi, vận động viên lúc đầu lướt theo chiều hầu như nằm ngang, từ từ quay người lên phía trên. Khi kỹ thuật đạp duỗi được thực hiện không chuẩn xác hoặc tư thế thân người không đúng vào thời điểm bắt đầu lướt, chuyển động của vận động viên sẽ hướng về trước, hơi xuống dưới hoặc lên trên.

7.9.1. Lực cản trong bơi lội

Cơ thể của một vận động viên bơi di chuyển trong nước, chịu sự tác dụng của một lực làm chậm tốc độ gọi là lực cản hay trở lực. Bản chất của lực cản thủy động học được giải thích bởi các tính chất vật lý như áp suất, mật độ (tạo nên lực thủy tĩnh) và độ nhớt của nước. Khi di chuyển trong nước, cơ thể sẽ thay thế khối lượng nước mà nó chiếm chỗ. Các lực của nước tác dụng vào cơ thể xuất hiện gồm: (i) áp lực tác dụng vuông góc với mặt chính diện và (ii) lực ma sát tác dụng dọc theo bề mặt cơ thể. Do hoạt động bơi diễn ra trong trạng thái “không trọng lượng thủy tĩnh” nên phần lớn công cơ học mà vận động viên thực hiện đều được dùng để thắng lực cản thủy động học; lực này làm giảm vận tốc bơi. Hiểu rõ về sự tương tác giữa cơ thể và dòng chảy, vận động viên bơi có thể giảm lực cản bằng cách sử dụng các kỹ năng thích hợp trong khuôn khổ luật thi đấu bơi lội, giúp tăng vận tốc bơi và tối đa hóa thành tích bơi.

Lực cản thủy động học (HDR) có thể phân thành hai loại:

- Lực cản thụ động: xuất hiện khi cơ thể của vận động viên bơi khi chồi lên trong khi tiếp xúc với nước, lướt đi mà không thực hiện cử động nào.
- Lực cản chủ động là lực cản xuất hiện do các động tác bơi (quạt tay và đạp, đạp chân) của vận động viên khi bơi.

Trên thực tế, cả lực thụ động và chủ động đều ảnh hưởng đến chuyển động về phía trước của vận động viên, do một số thành phần:

- 1) Lực cản bởi không khí từ phía trên phần nước của cơ thể và cánh tay thu lại (chỉ có khi bơi hoặc lướt trên mặt nước)
- 2) Lực ma sát giữa nước và bề mặt cơ thể,
- 3) Lực cản do áp suất (lực áp suất), bao gồm:
 - a. Các dạng lực cản sinh ra bởi sự hình thành các xoáy trên đường rẽ nước của cơ thể và các phân đoạn của nó.
 - b. Lực cản do sóng

Lực cản khí động học là rất nhỏ so với toàn bộ lực cản làm chậm vận tốc bơi. Và lại chỉ có một phần nhỏ cơ thể tiếp xúc với không khí. Như vậy, sự quan tâm

hàng đầu của huấn luyện viên bơi là tập trung vào lực cản do ma sát, lực cản do sóng và các thành phần áp lực của lực cản thủy động học.

Lực cản thủy động học thụ động (trở lực thụ động).

Vận động viên bơi chỉ chịu tác động của lực cản thụ động khi lướt nước sau xuất phát, quay vòng cũng như ở một số tư thế chuyển tiếp trong chu kỳ bơi (đặc biệt là trong bơi ếch và bơi bướm). Kiến thức về các thành phần cấu thành lực cản thủy động học thụ động và sự tương tác của chúng với cơ thể của vận động viên ở các mức vận tốc dòng chảy khác nhau và sự phối hợp các bộ phận cơ thể là căn cứ để phát triển kỹ thuật bơi thích hợp.

Độ lớn của lực cản thụ động thủy động học có thể được tạo ra theo cách thực nghiệm với phương thức lai kéo vận động viên trong bể bơi hoặc đặt đối tượng vào dòng nước chảy trong một máng lớn. Ta có công thức sau:

$$F_{DP} = \frac{1}{2} C_{DP} \rho V^2 S_M \quad (7.2)$$

Trong đó: ρ là mật độ nước, V là vận tốc của dòng chảy tương tác với cơ thể; S_M là diện tích của thiết diện phần thất lưng; C_{DP} là hệ số thủy động học hay *hệ số cản* – một đại lượng không thứ nguyên được xác định bằng tỷ số $F_{DP} / [(\rho V^2 / 2) S_M]$. Hệ số cản là hàm của một đại lượng không thứ nguyên khác, được gọi là số Reynolds:

$$Re = \rho VL / \mu \quad (7.3)$$

Với ρ là mật độ nước; V : vận tốc nước (tốc độ kéo hoặc lướt); L : chiều dài cơ thể, và μ : hệ số độ nhớt động lực ($\mu = 0,987 \times 10^{-3} \text{ N.s.m}^{-2}$ ở nhiệt độ nước = 26°C).

Trong cơ học chất lưu, *số Reynolds (Re)* là một giá trị không thứ nguyên biểu thị độ lớn tương đối giữa ảnh hưởng gây ra bởi quán tính và độ nhớt đến sự cản trở đối với dòng chảy.

Dựa vào số Reynolds có thể phân loại dòng chảy theo độ rối của nó:

- Dòng chảy có $Re \leq 2300$ là dòng chảy lớp;
- Dòng chảy có $104 > Re > 2300$ là dòng chảy chuyển tiếp từ chảy lớp sang chảy rối;
- Dòng chảy có $Re \geq 104$ là dòng chảy rối;

Lực ma sát được tính theo công thức:

$$F_{fr} = \mu(dV/dZ)S_{fr} \quad (7.4)$$

Trong đó: μ : hệ số độ nhớt động lực ($\mu = 0,897 \times 10^{-3} \text{ N.s.m}^{-2}$ tại $t = 26^\circ \text{C}$), dV : Sự khác biệt giữa tốc độ của các lớp nước ($dV = V$); dZ : sự khác biệt trong độ dày của lớp nước, và cơ thể; S_f : diện tích bề mặt bị ướt.

Lực ma sát được coi là lực chủ yếu như một thành phần của lực cản thụ động, nó chắc chắn là tác nhân chủ yếu làm giảm tốc độ của động viên bơi. Trong khi bơi với vận tốc cao, hình thành các xoáy nước ở ranh giới các lớp nước làm chuyển hướng một số lực tác dụng đẩy cơ thể và do đó hiệu quả của kỹ thuật bơi giảm. Đó là lý do tại sao bề mặt cơ thể mịn màng và đồ bơi thiết kế đặc biệt giúp giảm ma sát bề mặt giữa nước và cơ thể. Đây là những biện pháp được coi là quan trọng để cải thiện hiệu suất bơi. Cơ thể nổi cao, giảm khu vực bị ướt, do đó hỗ trợ trong việc giảm ma sát.

Lực cản do áp suất.

Một dòng nước chảy nhanh tạo ra lực cản F_D lên bất kỳ vật cản nào trên đường đi của nó. Lực cản cũng phát sinh tương tự như khi vận động viên bơi lội bơi trong dòng nước yên lặng. Theo nguyên lý Bernoulli, bất kỳ sự thay đổi trong năng lượng động lực học của dòng nước đều đi kèm với một sự thay đổi tỷ lệ đổi diện với áp lực của nó trên bề mặt cơ thể:

$$pV_1^2/2 + p_1 = \text{const t.} \quad (7.5)$$

Với: $pV_1^2/2$: động năng của một khối lượng chất lỏng và p_1 : năng lượng tiềm tàng của áp lực của khối lượng.

Từ biểu thức 7.5, độ lớn của lực áp suất tác động theo phương vuông góc với sự biến đổi mặt nổi cơ thể với bình phương của vận tốc dòng chảy.

Bảng 7.7. Số Reynolds và hệ số các loại lực cản cho các hình dáng cơ thể khác nhau

Kiểu hình dáng	Số Reynolds (Re) (= VL/v*)	Hệ số lực cản (C_D)
Vật thể dạng giọt nước	10^4 - 10^6	0.05
Cá Dolphin	7.5×10^4 - 7.0×10^7	0.05-0.08
Cơ thể người	6.6×10^5 - 3.5×10^6	0.58-1.04

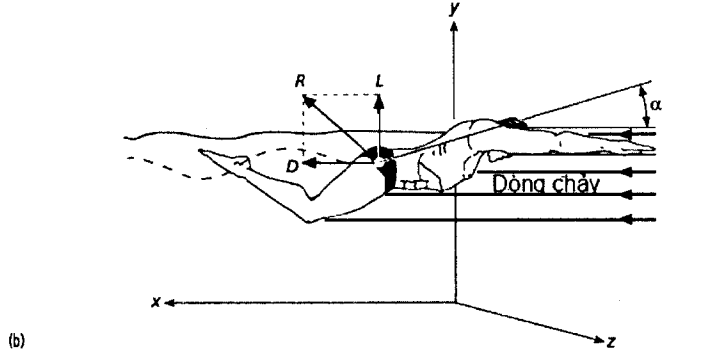
Lực áp suất thay đổi như sau:

$$F_p = C_D(\rho V^2/2)S_M \quad (7.6)$$

Với: S_M là thiết diện ngang lớn nhất qua cơ thể tương tác với dòng nước, và C_D là hệ số lực cản không thứ nguyên (dimensionless).

Tác động của mômen quay dưới nước chống lại lực áp suất.

Mômen quay dưới nước là kết quả của lực hấp dẫn hướng xuống dưới và lực đẩy hướng lên trên tác động lên cơ thể tại các điểm khác nhau và gây ra một cặp mômen quay. Lực hấp dẫn tác động qua trọng tâm của cơ thể, trong khi lực đẩy tác động qua các *tâm nổi* (xem mục 5.7). Mômen quay tổng hợp có xu hướng sắp xếp trọng tâm chung của cơ thể và trung tâm lực áp suất (*tâm nổi*) theo vị trí thẳng đứng trong nước. Trong quá trình bơi, mômen quay này có thể tác động đến lực cản thủy động học bằng cách thay đổi định hướng cơ thể so với dòng nước. Với vận tốc bơi bằng 0, cơ thể sẽ ở tư thế thẳng đứng dưới nước, lúc này lực cản C_D sẽ có giá trị tối đa. Khi bơi với vận tốc thấp hoặc trung bình, cơ thể vận động viên sẽ ở tư thế dốc xuống phía chân. Góc giữa



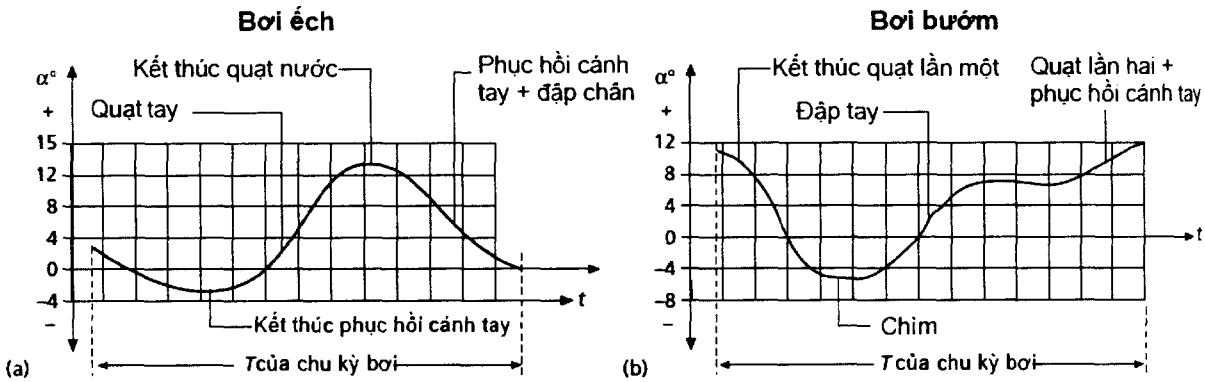
Hình 7.41. Các thành phần lực nâng và lực cản chính diện của tổng hợp lực thủy động học (R) do góc lao (α) được tạo ra bởi: a) mômen quay dưới nước và b) độ dốc của cơ thể so với phương nằm ngang. D : trở lực; L : lực nâng; R : lực cản tổng hợp; α : góc lao

trục dọc cơ thể và mặt nước gọi là *góc lao* ký hiệu là α . Do sự phóng đi của cơ thể theo hướng hướng bơi tăng lên cùng với góc tấn công, điều này sẽ làm tăng lực cản do áp suất chủ động/thụ động tác dụng lên vận động viên. Tổng hợp lực cản thủy động có một thành phần (nâng) tác dụng lên phía trên, vuông góc với dòng nước (hướng bơi), và một lực cản tác dụng ngược lại với hướng bơi (Hình 7.41)

Bảng 7.8. Tác động của mômen quay dưới nước lên lực cản thủy động lực (F_D) trong khi kéo trượt thụ động ở tư thế khí động học

	Tốc độ kéo (m · s ⁻¹)			
	0.85	1.1	1.45	1.9
$F_D \pm SD$ (N)				
Kéo không có hỗ trợ của chân:	3.98 ± 0.48	4.99 ± 0.45	7.17 ± 0.76	13.64 ± 1.0
Kéo với sự hỗ trợ của chân:	3.16 ± 0.27	4.46 ± 0.32	6.90 ± 0.72	13.48 ± 1.0
Khác biệt (%)	$P < 0.01$	$P < 0.05$		

Lực cản do sóng được sinh ra với một vận động viên di chuyển ở trên hoặc ít ngập dưới mặt nước



Hình 7.42. Sự thay đổi góc lao trong một chu kỳ bơi trong: a) bơi ếch; b) bơi bướm; α - góc lao; t - thời gian; T - thời gian của một chu kỳ bơi

Phần nước bị chiếm chỗ dọc theo đường di chuyển của cơ thể sẽ chuyển động từ một vùng áp suất cao lên một vùng áp suất thấp. Lực cản do sóng tỷ lệ thuận với năng lượng sinh ra từ chính diện hoặc chủ yếu do sóng tạo ra bởi cơ thể và có thể được tính như sau:

$$F_w = \rho(A^3/\lambda^2)(V \sin \alpha)^3 \cos \alpha \Delta t \quad (7.7)$$

Trong đó ρ = nước mật độ, A = biên độ của sóng, λ = chiều dài của sóng, V = vận tốc sóng (vận tốc bơi hoặc kéo), Δt = đơn vị thời gian, và α = góc giữa hướng di chuyển của trọng tâm chung của cơ thể (GCM) và phía trước của sóng chính.

Thường có hai dạng sóng được hình thành:

- Sóng phân rẽ, cụ thể là “sóng đuôi” và “sóng đầu” được đẩy ở chính diện và phía sau cơ thể.

- Sóng ngang, cũng được hình thành ở phía trước và phía sau cơ thể nhưng di chuyển vuông góc với hướng chuyển động.

Sự ảnh hưởng của độ sâu ngập nước đối với lực cản: Nếu cơ thể di chuyển dưới nước và không xuất hiện sóng trên mặt nước, thì có nghĩa là năng lượng tiềm tàng của các lớp nước phía trên cơ thể là lớn hơn hoặc bằng năng lượng áp lực dòng chảy của các lớp nước được tiếp xúc với cơ thể. Do đó độ sâu tối thiểu khi lặn hoặc bơi để không xuất hiện sóng trên mặt nước – *độ sâu của sự cân bằng sóng* – được xác định như sau:

$$h_p = V^2/2g \times C_w \quad (7.8)$$

Trong đó: V là vận tốc của cơ thể, g là gia tốc rơi do trọng lực, và hệ số C_w là hệ số tạo sóng không có thứ nguyên. Trong trường hợp một vận động viên bơi lội bị ảnh hưởng bởi sóng tạo ra từ đối thủ, h_p có thể được xác định như mức độ sâu, mà ở đó năng lượng sóng không còn có thể ảnh hưởng đến cơ thể:

$$h_p = \lambda/2 = V/2 \quad (7.9)$$

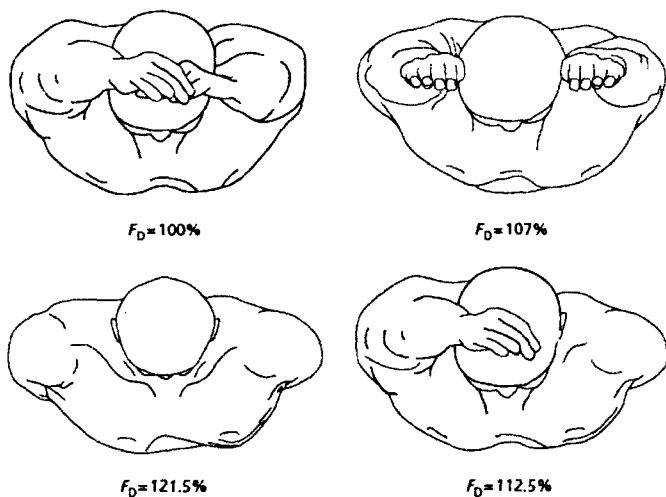
Trong đó λ là độ dài của sóng, bằng với vận tốc bơi.

Bảng 7.9. Các công thức và các giá trị (dao động) của các biến số để tính toán sự đóng góp của các loại lực cản vào tổng lực cản

Lực áp suất (F_p)	Lực ma sát (F_{fr})	Lực cản do sóng (F_w)
$F_p = C_{x,p} \rho V^2 S_M / 2$	$F_{fr} = \mu S_{fr} (dV/dZ)$	$F_w = \rho A^3 / \lambda^2 (V \sin \alpha)^3 \cos \alpha$
$C_{DP} = 0.85 (0.5-1.20)$	$\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$	$A = 0.75 \text{ m} (0.05-0.1 \text{ m})$
$S_M = 0.055 \text{ m}^2 (0.91-0.1 \text{ m}^2)$	$S_{fr} = 1.75 \text{ m}^2 (1-2.5 \text{ m}^2)$	$\lambda = 4A (3-5A)$
$\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$dV = V = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\alpha = 32.5^\circ (20-45^\circ)$
$V = 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	$dZ = 0.55 \text{ m} (0.01-0.1 \text{ m})$	$V = 2.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
		$\rho = 1000 \text{ m}^3$

A – biên độ của sóng; C_{DP} – hệ số cản; dV – sự khác biệt giữa tốc độ giữa các lớp nước; dZ – sự khác biệt giữa độ dày các lớp nước; S_{fr} – diện tích bề mặt cơ thể bị ướt; S_M – thiết diện ngang lớn nhất qua cơ thể; V – vận tốc; α – góc giữa hướng di chuyển trọng tâm chung và chính diện sóng chính; λ – độ dài của sóng; μ – hệ số độ nhớt động lực; ρ – mật độ của nước.

Lực cản thủy động học chủ động.



Hình 7.43. Tác động của hình dáng cơ thể chống lại lực cản thủy động lực trong thời gian bơi dưới nước (độ lớn của tổng lực cản trong khi lặn ở tư thế lướt quy định được coi là 100%)

Nếu lực cản thụ động là lượng lực cản tác động lên cơ thể trong quá trình kéo qua nước đứng yên hoặc tiếp xúc với dòng nước chuyển động trong một bể chứa ở một tư thế không thay đổi thì lực cản chủ động là lực cản gắn với với hoạt động bơi.

Trong lực cản thụ động, chắc chắn phụ thuộc vào kích thước và hình dạng cơ thể thì lực cản chủ động được xem là hàm số của các chuyển động đồng thời cũng là hàm của các đặc tính nhân trắc học và cơ học của cơ (phần khung xương). Các nghiên cứu thực nghiệm dựa trên các kỹ thuật

đo lường khác nhau cho thấy mối quan hệ giữa lực cản chủ động và vận tốc bơi là một hàm bậc hai. Điều này có nghĩa là, áp suất là thành phần chủ yếu tạo ra lực cản chủ động trong quá trình bơi. Ta có thể tính được độ lớn của lực cản chủ động theo biểu thức:

$$F_{DA} = KV^2 \text{ hoặc } F_{DA} = 1/2C_{DA}\rho V^2 A \quad (7.10)$$

Trong đó C_{DA} là hệ số lực cản chủ động và A là biến số nhân trắc học.

Gần đây, người ta nhận thấy giữa lực cản chủ động và thiết diện ngang lớn nhất qua cơ thể có mối tương quan chặt ($r=0.87$), và có sự khác biệt trong lực cản chủ động giữa hai giới nam và nữ.

7.9.2. Lực đẩy tiến trong bơi lội

Bản chất của các lực đẩy tiến trong bơi lội: Bản chất của bơi lội là hoạt động xảy ra trong nước, làm cản trở hoạt động của vận động viên bơi khi bơi xuyên qua nó. Lực cản thủy động (HDR) được biểu hiện như: (i) là lực làm chậm hoặc dừng chuyển động của vận động viên bơi xuyên qua nước; (ii) là phản lực thủy động học với các hoạt động của chân và tay vận động viên trong nước. Phản lực thủy động học (RF) là nguồn gốc của lực đẩy tiến tạo ra chuyển động của vận động viên bơi. Vận tốc bơi phụ thuộc vào độ lớn và hướng của RF (hoặc tổng số lực kéo) được tạo ra bởi sự di chuyển của các phân đoạn hoạt động của vận động viên bơi lội, và độ lớn của lực cản thủy động lực chủ động. RF được tạo ra bởi vận động viên bơi lội liên tục

thay đổi giá trị và hướng của nó trong chu kỳ chuyển động bơi lội do sự thay đổi của các giai đoạn hoạt động và giai đoạn phục hồi. Tương ứng theo đó, có sự thay đổi trong các lực kéo của hợp lực-một thành phần của RF ngang bằng với vector RF theo hướng của chuyển động. Trị số hoạt động của HDR cũng thay đổi liên tục trong chu kỳ bơi.

Sự tương tác trong chu kỳ bơi của hai lực theo chiều ngang (lực kéo có hiệu quả và lực cản thủy động lực chủ động) như một quy luật không phải là bằng nhau tại bất kỳ một thời điểm nào, có thể được mô tả bởi các phương trình hoạt động tĩnh lực của cơ thể vận động viên trong môi trường chất lỏng:

$$F_p(t) - F_{DA}(t) = (m_0 + \Delta m)dv_{(CM)} / dt \quad (7.11)$$

Trong đó: F_p – tổng giá trị lực đẩy hiệu quả tạm thời, sinh ra bởi các phân đoạn hoạt động của vận động viên (kết quả của hoạt động vận động của cánh tay, chân và thân mình); F_{DA} : (chính diện) (t) giá trị tạm thời của các thành phần lực cản thủy động chính diện ảnh hưởng đến cơ thể; m_0 : trọng lượng cơ thể; Δm : khối lượng nước bổ xung của gốc quán tính; $dv_{(CM)}/dt$: gia tốc tạm thời của trọng tâm chung.

Từ công thức 7.11 ta thấy rằng: khi $F_p = F_{DA}$: vận động viên di chuyển với tốc độ đều; khi $F_p > F_{DA}$: vận động viên di chuyển với vận tốc tăng dần; và khi $F_p < F_{DA}$: vận động viên di chuyển với vận tốc chậm dần.

Đề tạo ra lực đẩy cao trong thời gian bơi không phải là một nhiệm vụ dễ dàng. Không phải tất cả các thành phần của hợp lực RF đều góp phần vào một RF có hiệu lực (lực kéo) do độ lệch của các vector của lực phản xạ theo hướng bơi vào những thời điểm nhất định của hoạt động kéo. Đồng thời một phần quan trọng của năng lượng cơ học của các hoạt động kéo bị mất khi truyền năng lượng động học vào môi trường nước mà vận động viên sử dụng như một cái giá đỡ. Kết quả là, chỉ có một phần công cơ học được sử dụng có hiệu quả để vượt qua HDR.

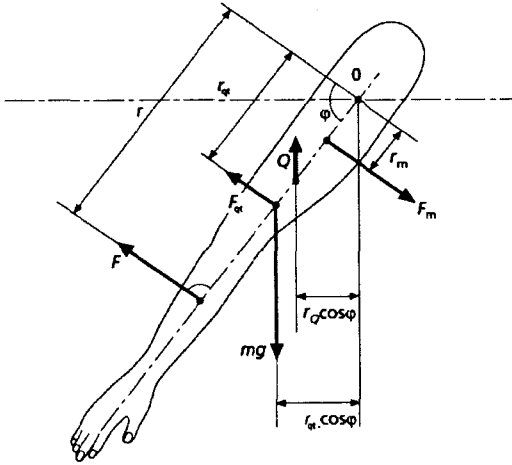
Chi tiết sinh học động lực của hoạt động kéo

Những lực đẩy trong bơi lội bắt nguồn từ sự co cơ bắp. Khi chuỗi động sinh học “vai – cẳng tay – bàn tay” và “hông – cẳng chân – bàn chân” bắt đầu di chuyển mà chúng gặp phải lực cản thủy động học. Khi các cơ kéo cân bằng lực thủy động lực học RF bên ngoài và sau đó cân bằng với HDR, trọng tâm chung của cơ thể bắt đầu tăng tốc theo hướng vận động. Như vậy, lực phản xạ thủy động học biến đổi thành một lực đẩy (kéo).

Khi hoạt động kéo là những chuyển động quay của các chi qua hệ thống khớp các lực có thể được thể hiện bởi phương trình sau (độ dịch chuyển theo trục quay tùy điều kiện được chấp nhận là zero- xem hình 15.5):

$$F_m r_m = I\omega + Fr - mgr_{qt} \cos \phi + Qr_Q \cos \phi \quad (7.12)$$

Trong đó: F_m : hợp lực của các cơ kéo (N); r_m : cánh tay đòn của hợp lực các cơ (m); I : mômen quán tính của cánh tay ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$); F : hợp lực phản xạ thủy động lực (N); r : cánh tay đòn của RF (m); mg : lực hấp dẫn (N); r_{qt} : bán kính của lực quán tính cánh tay (m); Q : lực thủy tĩnh (N); r_Q : cánh tay đòn của các lực thủy tĩnh (m); ϕ : vị trí góc tương đối của cánh tay (độ); và ω : gia tốc góc của cánh tay (\pm độ mỗi giây mỗi giây, có thể là tích cực cũng như tiêu cực).



Hình 7.44 Lực và cánh tay đòn của chúng (so với trục quay, 0); minh họa cho công thức 15.5

giữa bàn tay và vai ($= r$), đó là mômen quay của RF thủy động học khác nhau như lũy thừa ba với chiều dài cánh tay đòn của nó; trong khi mômen quay của quán tính khác nhau như lũy thừa hai của r_{qt} :

$$F_m r_m = mr_{qt}^2 \omega + C_D r^3 \omega^2 \quad (7.14)$$

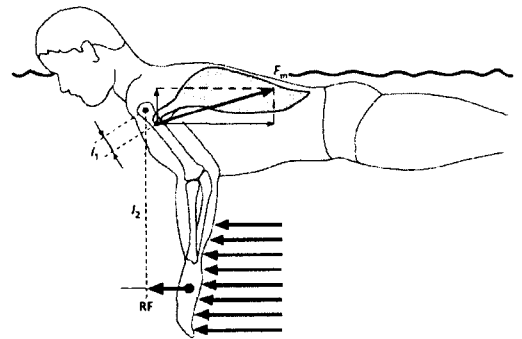
Trong đó: $F_m r_m$: mômen quay của lực cơ; ω : gia tốc góc của cánh tay (hoặc phân đoạn cánh tay); m : khối lượng cánh tay (phân đoạn cánh tay) (kg); và $C_D r^3 \omega^2$: mômen quay lực phản xạ thủy động học tạo ra bởi cánh tay (hoặc phân đoạn cánh tay).

Nếu giả thiết rằng, khi ở dưới nước lực hấp dẫn và lực thủy động học là tương đương, đối diện và thẳng hướng, phương trình trên được đơn giản hóa như sau:

$$F_m r_m = I\omega + Fr \quad (7.13)$$

Từ phương trình này cho thấy, việc giảm chiều dài cánh tay đòn của các lực bên ngoài (quán tính và lực phản xạ thủy động học) bằng cách gấp ở khớp khuỷu dẫn đến tăng của các đặc tính động lực và thời gian không gian kéo cánh tay và phải có mômen quay của cơ nhỏ hơn.

Nếu vận tốc bàn tay tỷ lệ thuận với vận tốc góc của vai nhân với khoảng cách



Hình 7.45 Sự hình thành mômen quay của cơ kéo (nước) và mômen quay RF trong thời gian cánh tay kéo:

$$I \cdot \omega + RF \cdot l_2 = |-F_{co} \cdot l_1|;$$

với ω là gia tốc góc

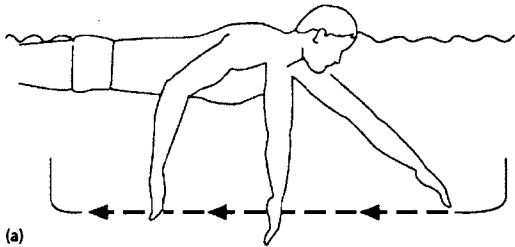
Từ công thức (7.14) chúng ta có thể thấy kiểu kéo nước với sự tuân tự gấp – duỗi cánh tay cô lợi về mặt sinh cơ học và lực thủy động học so với kiểu kéo không có cử động ở khớp khuỷu và khớp cổ tay.

- Chuyển động của khớp khuỷu cho phép một sự gia tăng có chọn lọc vận tốc góc và gia tốc của bàn tay và cẳng tay mà không cần đến phân đoạn lớn nhất của tay, tức là vai. Kiểu kéo gấp khuỷu tay yêu cầu mômen quay của cơ ít hơn nhiều để tạo ra một RF tương đương và một lực kéo hiệu quả hơn so với kiểu kéo cánh tay mà không gấp khuỷu tay.

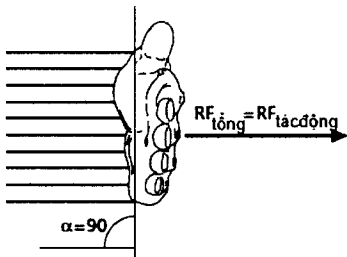
- Gập ở khuỷu tay và khớp cổ tay cung cấp định hướng không gian hiệu quả cho các phân đoạn đẩy tới. Nó làm tăng diện tích bề mặt tác động của các phân đoạn kéo (hướng các phân đoạn này với hướng kéo) và làm cho nó có thể hướng các lực lượng đẩy theo hướng bơi.

- Lực của cánh tay khi gập ở khớp khuỷu cao hơn đáng kể so với lực khi cánh tay thẳng. Khi đo sức mạnh tĩnh lực tối đa bằng cách mô phỏng các giai đoạn kéo riêng biệt cho thấy, kéo bằng tay gập tạo ra một lực trung bình lớn hơn 20% so với kéo thẳng tay

- Các kiểu kéo với sự luân phiên gấp và duỗi khuỷu cung cấp một sự gia tăng từ từ lực phản xạ thủy động học và thành phần đẩy của nó trong phần đầu khi kéo, sự ổn định ở phần giữa, và tăng mạnh lực đến tối đa ở phần cuối. Trong kiểu kéo không có sự hoạt động của các khớp khuỷu và cổ tay, lực thủy động học giảm đáng kể sau khi cánh tay kéo vượt qua nửa quãng đường.



(a)



(b)

Hình 7.46. (a) Kéo nước như mái chèo (nhìn phía bên); (b) góp phần của lực cản chính điện ($RF_{lông}$) trên bàn tay vào tác động của $RF_{tácđộng}$

Lý thuyết kéo bằng cánh tay thẳng “như mái chèo”: lý thuyết này xuất phát từ nỗ lực để chuyển đổi 100% các lực phản xạ thủy động học vào hiệu quả lực đẩy tiến. Nó xuất phát từ định luật thứ ba của Newton về chuyển động rằng các dạng kéo hiệu quả nhất là những người sử dụng chuyển động thẳng của bàn tay và cẳng tay cùng hướng chuyển động theo trục dọc của cơ thể, với góc giữa cánh tay và cẳng tay gần 90° so với hướng kéo

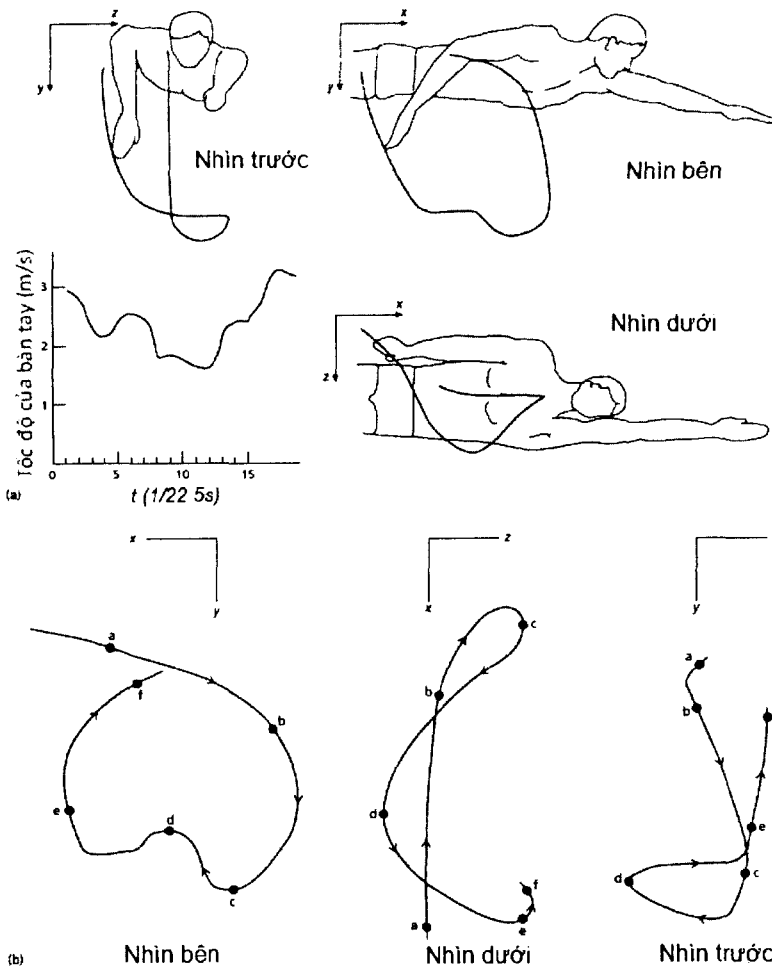
(Hình 7.46 a, b). Vì vậy trong kéo “như mái chèo”, lực đẩy tiến được tạo ra gần như hoàn toàn bằng áp lực áp suất (theo mẫu).

Độ lớn của lực đẩy tiến (RF) có thể được bắt nguồn từ công thức: $RF = \frac{1}{2} C_D \rho V^2 S$. Với ρ là mật độ nước; V là vận tốc dòng chảy tương tác với cơ thể; C_D là hệ số thủy động học của các phân đoạn đẩy; S là diện tích bề mặt của các phân đoạn đẩy.

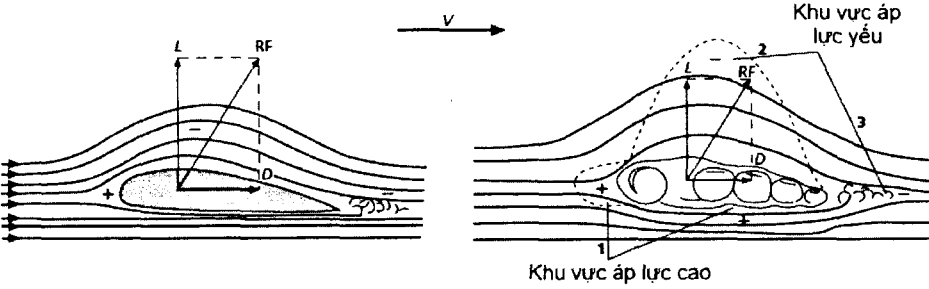
Trong nhiều thập kỷ, vai trò của lực cản chính diện được coi là tối quan trọng trong việc mô tả nguồn gốc của lực đẩy tiến trong bơi lội (Cureton 1930, Kiphut 1942; Silvia 1970). Các định luật cơ học của Newton (định luật về phản xạ, định luật bảo toàn mômen động lượng,...) đã được sử dụng để chứng minh cánh tay kéo thẳng “như mái chèo”- lực đẩy tiến (OLP) là hiệu quả nhất, là hướng của vectơ thủy động học RF được tạo ra bởi cánh tay vận động viên trùng với hướng chuyển động bơi. Điều đó đi đến giả thiết rằng, trong lực đẩy tiến (OLP), những nỗ lực mà người bơi tác động vào nước đã được chuyển hóa tối đa biến thành lực đẩy về phía trước khi hướng của các vectơ hợp lực của RF trùng với hướng bơi ($RF_{\text{tác động}} = RF_{\text{tổng}}$)

Lý thuyết về lực nâng và lực cản: đường cong của cánh tay kéo (PLP) (giống như chân vịt tàu thủy) Lý thuyết của các giả thiết về OLP cho rằng, trong bơi nên duy trì diện tích bề mặt tối đa của các phân đoạn đẩy ($C_D \cdot S$), liên tục tăng tốc độ kéo và áp lực được tạo ra bởi các phân đoạn này trong quá trình hoạt động kéo. Trên thực tế, tốc độ và lực của bàn tay kéo thể hiện có hai hoặc ba nhịp lớn ổn định, đều đều và giảm tạm thời ở phần giữa của cánh tay kéo. Hình 7.45 cho thấy những thay đổi trong một chu kỳ bơi với áp lực xuất hiện bởi bàn tay của một vận động viên trong thời gian bơi đường trường. Như vậy, trong áp lực động lực của chu kỳ bơi, một câu hỏi đặt ra về tầm quan trọng của lực phản xạ chính diện: là lực đẩy duy nhất hay chỉ là chủ yếu khi vận động dưới nước.

Các nghiên cứu sinh cơ học vào những năm 60 và 70 của thế kỷ trước đã cho thấy độ lệch đáng kể của cả hai tay trong quỹ đạo theo mặt phẳng đứng và mặt phẳng ngang từ hướng tối ưu của vận động viên ưu tú (Hình 7.46a). Khi bơi, vận động viên sử dụng một lực tác động vào nước, cơ thể bắt đầu di chuyển theo hướng chuyển động của bàn tay, dẫn đến có sự chênh lệch về tốc độ giữa bàn tay và nước, làm giảm hiệu quả của hoạt động kéo. Vì vậy, để tạo ra RF cao, các phân đoạn kéo cần tác động ở mọi điểm tiếp xúc với nước (yên tĩnh) một cách liên tục. Điều kiện này được thỏa mãn khi hoạt động kéo được thực hiện không theo một đường thẳng về phía sau, mà là một đường cong theo một quỹ đạo phức tạp (Hình 7.46b).



Hình 7.47 (a) Ví dụ về mô hình quỹ đạo di chuyển của đầu ngón tay của một vận động viên bơi lội và tốc độ của bàn tay. (b) quỹ đạo của bàn tay tương đối so với hệ tọa độ vuông góc trong cánh tay kéo (Theo Schleihauf 1979)



Hình 7.48 Định luật Bernoulli: nguồn gốc của lực nâng thủy động học: cánh tàu ngầm (trái) và bàn tay (phải). (1) khu vực ứ đọng nước – áp lực cao; (2) diện tích của áp lực thấp trên bàn tay; (3) khu vực bất ổn (áp lực thấp) trong vùng xoáy của bàn tay

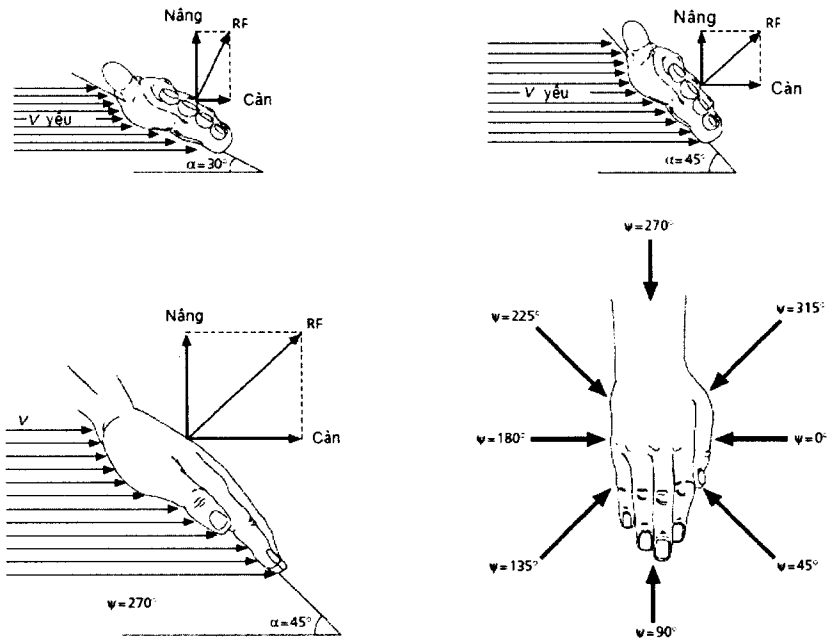
Councilman trích dẫn định luật Bernoulli để giải thích bản chất của lực đẩy tiến trong bơi lội (hình 7.48) Theo định luật này, lực nâng thủy động học có nguồn gốc như là kết quả của sự khác biệt giữa vận tốc các dòng chảy phía trên và thấp hơn bề mặt của bàn tay và cẳng tay. Councilman ước tính rằng thiết diện thủy động học của bàn tay con người tạo ra một lực nâng đáng kể. Vận tốc trung bình theo hướng ngược lại của bàn tay được tìm thấy là ít hơn so với vận tốc trung bình chuyển động ra trước của cơ thể. Đồng thời vận tốc bàn tay tuyệt đối so với lưu lượng nước đạt được là 3 - 4 m/s. Bằng cách sử dụng các chuyển động ngang và dọc bàn tay, các vận động viên bơi lội đạt được một cường độ cao của lực nâng để tạo ra hợp lực RF cao mà không cần chuyển đáng kể khối lượng nước ra sau, và kéo dài thời gian của tác động của lực đẩy. Những suy đoán lý thuyết và dữ liệu thực nghiệm đã hình thành cơ sở của lý thuyết của đường cong, cánh quạt giống như mô hình kéo (PLP).

Cả hai lực kéo và lực nâng có thể được bắt nguồn bằng cách sử dụng các phương trình thủy động học sau đây:

$$F_D = \frac{1}{2} \rho V^2 C_D S \text{ và}$$

$$L = \frac{1}{2} V^2 C_L S$$

Trong đó: L: lực nâng, C_L : hệ số lực nâng của các phân đoạn dây, S: diện tích bề mặt của các phân đoạn dây, và V: vận tốc của các phân đoạn dây.



Hình 7.49 Góc khum và góc cản nước của bàn tay

7.10. Đẩy tạ

Các quan điểm về kỹ thuật đẩy tạ đã thay đổi trong suốt lịch sử của nó. Nói chung, sự phát triển của kỹ thuật đẩy tạ từ đầu thế kỷ này cho đến ngày nay đều liên quan đến các dạng kỹ thuật thực hiện động tác đã được áp dụng bởi các thể hệ vận động viên khác nhau. Đó là:

- Đẩy tạ từ tư thế đứng (còn gọi là đẩy tạ tại chỗ);
- Đẩy tạ với kỹ thuật bước trượt (lưng hướng ném hoặc vai hướng ném);
- Đẩy tạ với kỹ thuật quay vòng.

Trong giai đoạn đầu của quá trình cải tiến kỹ thuật, động tác đẩy chủ yếu thực hiện bằng tay, trong giai đoạn thứ hai, động tác được thực hiện bằng sự phối hợp của cả thân trên và tay, trong giai đoạn ba, cả chân cũng tham gia vào thực hiện động tác và do đó huy động được tất cả các nguồn tiềm năng sức mạnh và lực của cơ thể. Cải tiến kỹ thuật đầu tiên sau kỹ thuật đẩy tạ tại chỗ là thực hiện di chuyển (lướt) dọc theo đường kính của vòng đẩy tạ trước khi ra tay. Vận động viên lướt ngang theo hướng chuyển động (kỹ thuật đẩy vai hướng ném). Các vận động viên đã sử dụng phương pháp đẩy tạ này trong nhiều năm với nhiều kiểu biến dạng khác nhau. Sự thay đổi tiếp theo là thay đổi căn bản, đã diễn ra vào những năm 1950. Kỹ thuật của vận động viên Mỹ P. O'Brian là cơ sở cho sự thay đổi này. P. O'Brian đã thực hiện đẩy tạ từ tư thế ban đầu quay lưng lại với hướng ném, tăng thêm mức độ gập thân và chú trọng các động tác quay trong giai đoạn đẩy tạ đi. Các động tác cơ bản đã được đơn giản hóa và cự ly tác dụng lực để đẩy tạ đi được tăng lên. Trong những năm 1970 động tác đẩy tạ với kỹ thuật quay vòng trở nên phổ biến. Ý tưởng chính của kỹ thuật này được vay mượn từ môn ném đĩa.

Đường bay của tạ

Cự ly di chuyển ngang của một vật thể được phóng đi với một góc độ nhất định so với phương nằm ngang phụ thuộc vào vận tốc ban đầu của nó (V_0), góc ra tay (α_0), và độ cao lúc vật thể rời khỏi tay ném (h_0). Điều này có thể được biểu diễn bằng công thức sau:

$$L = \frac{V_0^2}{g} \cos \alpha_0 \left(\sin \alpha_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha_0 + \frac{2gh_0}{V_0^2}} \right) \quad (7.15)$$

Trong đó g là gia tốc trọng trường. Sức cản không khí không được xem xét trong công thức này, do ảnh hưởng của nó là tối thiểu (Tutevich 1969). Giá trị tối ưu của các biến số này trong đẩy tạ liên quan đến các phẩm chất cá nhân như sức mạnh và tốc độ cũng như kỹ thuật của các vận động viên. Độ cao của tạ khi rời khỏi tay ném phụ thuộc vào chiều cao của cơ thể và chiều dài cánh tay của vận động viên, và

trình độ chuẩn bị thể lực, kỹ thuật của vận động viên đó. Sự gia tăng độ cao của tạ khi rời khỏi tay ném sẽ làm tăng cự ly bay của tạ. Góc ra tay tối ưu của tạ 37 - 41° là góc nhỏ hơn 45° bởi vì độ cao của tạ lúc rời khỏi tay ném thường ở mức 2,2 - 2,3 m so với mức chạm đất. Tăng độ cao của tạ lúc rời khỏi tay ném sẽ làm giảm góc ra tay tối ưu và ngược lại. Giá trị của góc ra tay cũng phụ thuộc vào tốc độ ra tay. Tăng tốc độ sẽ tăng góc ra tay tối ưu. Mức chênh lệch $\pm 3 - 4^\circ$ với giá trị tối ưu của góc này ảnh hưởng không đáng kể đến cự ly bay của dụng cụ, mặc dù mức chênh lệch 10° có thể làm giảm khoảng 1 m. Các báo cáo khoa học cho rằng, không quan sát thấy độ lệch lớn trong thực tế, ngay cả ở những người mới tập. Tuy nhiên, các phép đo được thực hiện tại giải vô địch thế giới năm 1995 đã cung cấp bằng chứng trái ngược (Bartoniets 1995).

Bảng 7.10. Thành tích và góc ra tay của một số vận động viên nổi tiếng

Vận động viên	Quốc tịch	Thành tích (m)	Góc ra tay (°)
Nam			
J. Godina	Mỹ	21,47	31
M. Halvari	Phần Lan	20,93	35
R. Barnes	Mỹ	20,41	30
A. Klimenko	Ukraine	18,36	31
Nữ			
S. Storp	Đức	18,81	29
L. Zhang	Trung Quốc	19,07	33
V. Fedyushina	Ukraine	18,03	45

Yếu tố quan trọng nhất trong đẩy tạ là tốc độ ra tay, do cự ly di chuyển theo phương nằm ngang (L) trong suốt quỹ đạo bay tỷ lệ thuận với bình phương vận tốc của tạ lúc rời khỏi tay ném. Tăng vận tốc ban đầu 150% sẽ làm cho tạ bay xa hơn 2,25 lần. Tăng vận tốc lên hai lần thì sẽ cải thiện được thành tích tới bốn lần.

Vận tốc của tạ khi rời khỏi tay ném phụ thuộc vào độ lớn và phương của lực tác dụng vào tạ, cự ly tác dụng lực, và thời gian hành động. Vận tốc này có thể được biểu diễn bằng công thức sau:

$$V = \frac{Ft}{m} = \sqrt{\frac{2Fs}{m}} \quad (7.16)$$

Trong đó:

V = Vận tốc của tạ khi rời khỏi tay ném;

F = lực tác dụng vào tạ;

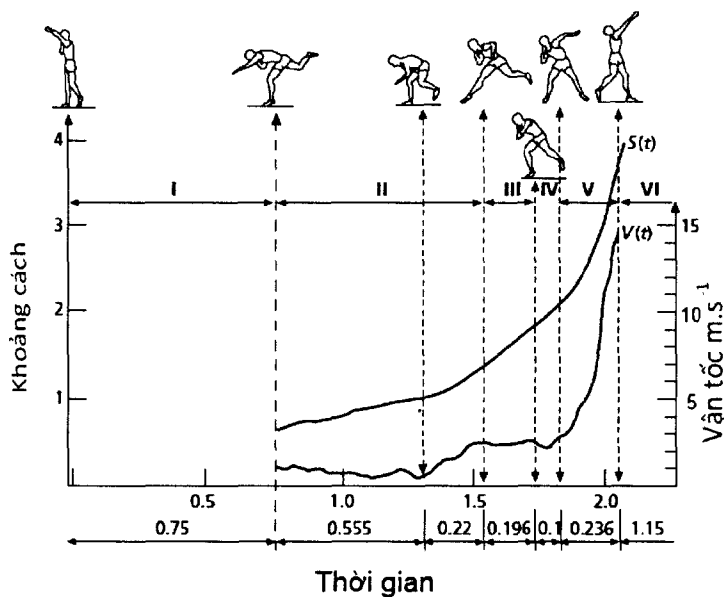
t = thời gian tác dụng lực;

s = cự ly tác dụng lực;

m = trọng lượng của tạ.

Biểu thức 16.2 chỉ cho giá trị khi F là một hằng số tương ứng với trạng thái lý tưởng đã được đơn giản hóa một cách triệt để. Độ lớn của lực tác dụng vào tạ được xác định bởi trình độ chuẩn bị thể lực của vận động viên và tư thế cơ thể trong giai đoạn tác dụng lực (phát lực); hiệu quả phát lực được xác định bởi thời gian tác dụng lực và/ hoặc cự ly tác dụng lực vào tạ (quãng đường lực tác dụng vào tạ). Các đặc tính sinh cơ học này của kỹ thuật động tác đẩy tạ phụ thuộc vào các kích thước cơ thể và kỹ thuật động tác. Các khả năng kéo dài quãng đường di chuyển của tạ trước khi ra tay (cự ly tác dụng lực) bị giới hạn bởi kích thước của vòng đẩy tạ; đây là yếu tố rất quan trọng để tăng lực tác dụng. Tất cả những thay đổi trong kỹ thuật đẩy tạ đã từng được thực hiện đều nhằm hoặc là làm tăng độ lớn của lực tác dụng vào dụng cụ, hoặc tăng thời gian (kéo dài quãng đường) tác dụng lực.

Chuyển động của tạ trước khi ra tay



Hình 7.50. Cự ly và tốc độ của tạ ở những vận động viên đẩy tạ xuất sắc. I- Giai đoạn chuẩn bị. II- Giai đoạn bắt đầu. III- Giai đoạn trượt đà. IV- Giai đoạn trung chuyển (chuyển hướng). V- Giai đoạn ra sức cuối cùng. VI- Giai đoạn kết thúc (giai đoạn gỡ thẳng bằng). J. Brabec (Czechoslovakia), 20.11 m. (Adapted from Susanka 1974)

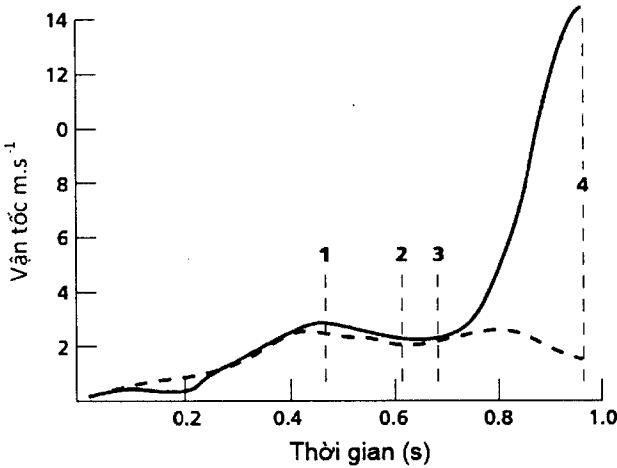
Thuật ngữ “động lực của vận tốc” ở đây chỉ cách thay đổi vận tốc của tạ trong khi thực hiện đẩy.

Động lực của vận tốc:

Một số tác giả đã nhấn mạnh tầm quan trọng của việc sớm đạt được tốc độ bay tối đa của tạ khi thực hiện động tác. Một số khác lại cho rằng vận tốc này cần phải tăng dần. Thực tế là những thay đổi này xảy ra dưới dạng làn sóng. Theo các số liệu thực nghiệm, tạ đạt vận tốc chuyển động khoảng 1,8 đến 2,6 m/s

khi gia tăng tốc độ ban đầu trong giai đoạn tấn công (đẩy), (Hình 7.50).

Khi chống chân phải xuống sau khi thực hiện bước trượt thì tốc độ giảm xuống và rồi lại tăng lên đáng kể sau khi chân trái chạm xuống mặt sân. Sự biến đổi vận tốc của tạ phụ thuộc vào sức mạnh và tốc độ thực hiện động tác của vận động viên, chuyển động của trọng tâm cơ thể, vận tốc và hướng chuyển động của tạ. Các số đo giá trị tốc độ của tạ bằng phương pháp ghi hình lập thể, cho thấy rằng trong giai đoạn truyền lực, tốc độ thực sự không giảm (ở các vận động viên đẩy tạ xuất sắc) và thậm chí còn có thể tăng ở những cú đẩy thành công. Như đã nêu ở trên, những chuyển động quay ban đầu trong giai đoạn giữa của kỹ thuật động tác đẩy tạ



Hình 7.51. Những thay đổi tốc độ chuyển động của tạ ứng với thời gian. Kỹ thuật bước trượt, W. Ginter (Switzerland), 22 . 23m. 1- Lãng chân phải. 2- Hạ chân phải xuống nền sân. 3- Chân trái chạm nền sân. 4- Ra tay (Susanka & Stepanek 1988)

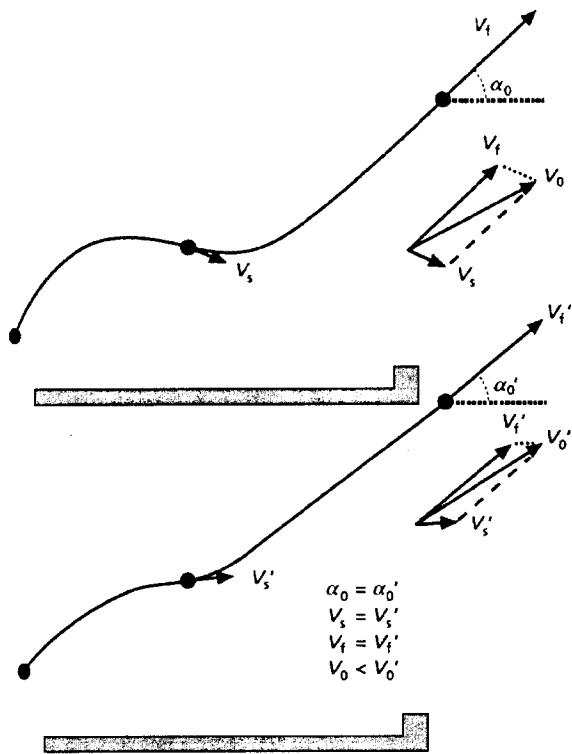
là một trong những đổi mới quan trọng nhất của P. O'Brian trong kỹ thuật đẩy tạ ở thập niên 1950. Tốc độ lớn nhất sẽ đạt được đồng thời với sự bắt đầu chuyển động của vai và tay phải trong lúc ra sức cuối cùng. Tốc độ chuyển động của tạ đạt đến 70 – 80% tốc độ tối đa của nó nhờ động tác xoay vai và duỗi tay phải. Biểu đồ biến đổi tốc độ của tạ thu được ở kỹ thuật bước trượt cũng tương tự với biểu đồ khi thực hiện kỹ thuật quay vòng (Hình 7.51).

Ở những vận động viên có trình độ kỹ thuật cao, tốc độ tăng chậm hơn so với ở những vận động viên trình độ thấp hơn và kỹ thuật của họ có sự khác biệt nổi bật là có

tốc độ cao khi bắt đầu ra sức cuối cùng. Với những thành tích trên 21m, tốc độ này phải đạt 25 – 27% của tốc độ khi tạ rời khỏi tay ném (tốc độ ra tay).

Vector vận tốc

Trong giai đoạn trượt đà và trong giai đoạn kết thúc giữ thẳng bằng, các vector vận tốc hướng về các phương khác nhau. Điều này làm hạn chế tốc độ ra tay của tạ. Tốc độ ra tay của tạ bằng tổng của tốc độ đạt được khi thực hiện động tác ở các giai đoạn khác nhau. Do phương hướng khác nhau của các vector vận tốc nên chúng cần phải được tổng hợp theo nguyên tắc bình hành (Hình 7.52).



Hình 7.52. Tổng hợp vận tốc ban đầu và vận tốc cuối cùng trong quỹ đạo bay với các hình dạng khác nhau của tạ. V_s , tốc độ của tạ ở cuối bước trượt đà, V_f , tốc độ tạ đạt được ở phần cuối cùng của động tác đẩy; V_0 , vận tốc đạt được tại thời điểm tạ rời khỏi tay; α_0 , góc ra tay. (Lanka & Shalmanov 1982)

cũng hợp lý bởi vì góc đẩy bị hạ thấp sẽ làm giảm cự ly bay của tạ. Nếu sự gia tăng tốc độ thu được bằng cách nắn thẳng quỹ đạo bay của tạ vượt qua những tổn thất do giảm góc độ ra tay và độ cao của tạ lúc rời khỏi tay thì phương pháp này có thể chấp nhận được. Tuy nhiên, tính hợp lý của kỹ thuật này vẫn chưa được chứng minh bằng thực nghiệm.

Phương pháp thứ hai là duỗi thẳng chân và thân một cách tích cực hơn nữa vào lúc bắt đầu ra sức cuối cùng. Nếu vận động viên đã ở sẵn tư thế duỗi quá thẳng lúc bắt đầu tăng tốc cuối cùng thì, như vậy, không thể được coi là kỹ thuật theo phương pháp thứ hai này. Trong trường hợp này, vận động viên sẽ không thể sử dụng được toàn bộ sức mạnh của mình.

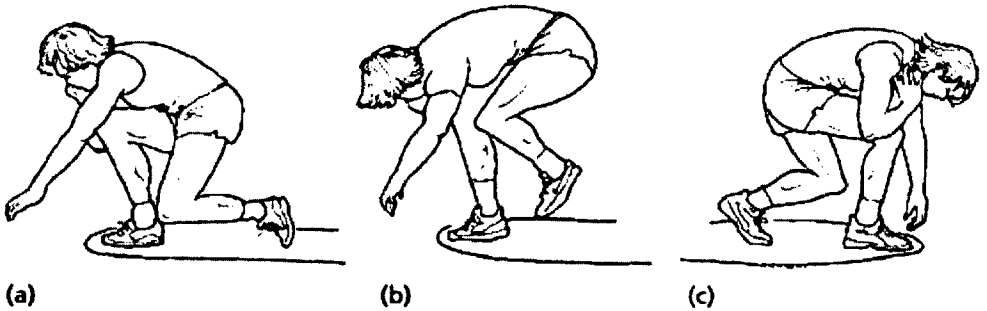
Phương pháp thứ ba là giảm độ cao của tạ ở tư thế xuất phát. Trong điều kiện này, quỹ đạo bay của tạ sẽ được nắn thẳng khi được phóng ra trên mặt phẳng thẳng

Các vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới có thể đẩy từ tư thế đứng đi xa một khoảng cách 19 - 20 m, tương ứng với vận tốc ra tay khoảng 13 m/s. Tốc độ tạ ở cuối bước trượt đà là 2,0 - 2,5 m/s. Nếu vận động viên có thể thực hiện động tác đẩy sao cho các tốc độ này có thể được tổng hợp theo cấp số cộng (các hướng của tốc độ đều trùng nhau), thì vận tốc ra tay của tạ có thể đạt 15 - 15,5 m/s. Điều này tương ứng với một cú đẩy 25 - 26 m. Tuy nhiên, vận tốc của tạ trong các giai đoạn trượt đà và ra sức cuối cùng không trùng phương sẽ dẫn đến tổn thất đáng kể về vận tốc ban đầu và vận tốc ở cuối bước trượt đà. Theo Koltai (1973) và Kerssenbrock (1974), tổn thất này lên đến 60 - 70% vận tốc ban đầu.

Những khả năng làm giảm các tổn thất tốc độ này là gì?

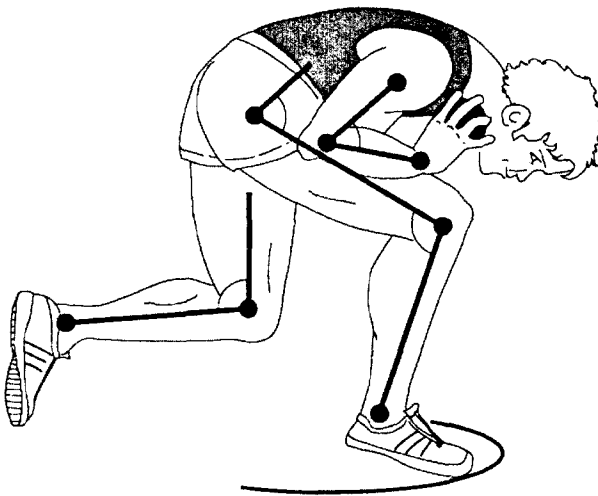
Phương pháp thứ nhất là đẩy tạ với một góc nhỏ hơn góc tối ưu. Tuy nhiên, điều này không phải lúc nào

đứng và do đó sẽ giảm bớt được sự tổn thất về tốc độ. Đa số các vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới đã sử dụng kỹ thuật này. Độ cao của tạ từ mặt đất, tính trung bình, không quá 80 cm (Hình 7.53), cũng như các góc độ trung bình của khớp ở các vận động viên hàng đầu (Hình 7.54).



Hình 7.53. Tư thế xuất phát của các vận động viên đẩy tạ: (a) I. Slupjanek, (b) S. Kratshevskaja và (c) A. Feuerbach. (Lanka & Shalmanov 1982)

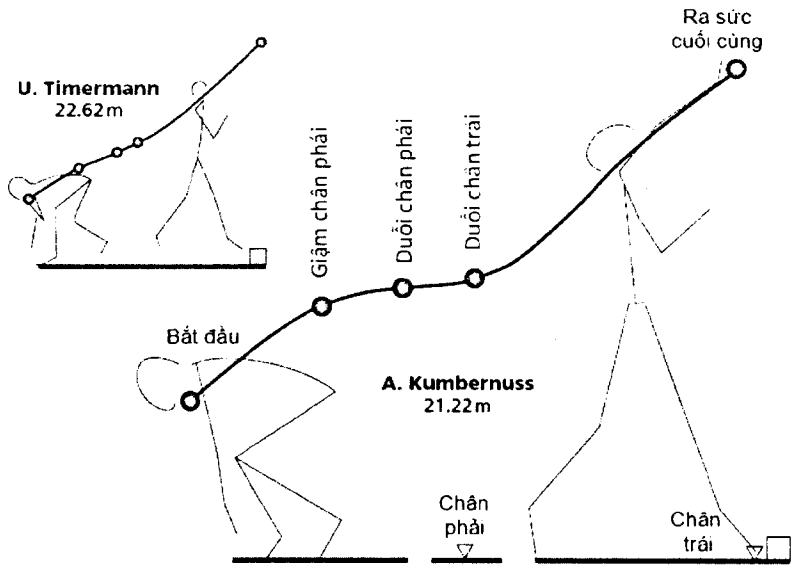
Khuyến cáo giảm độ cao của tạ ở tư thế xuất phát cũng được quan sát thấy ở phần lớn các vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới, những người sử dụng kỹ thuật quay vòng.



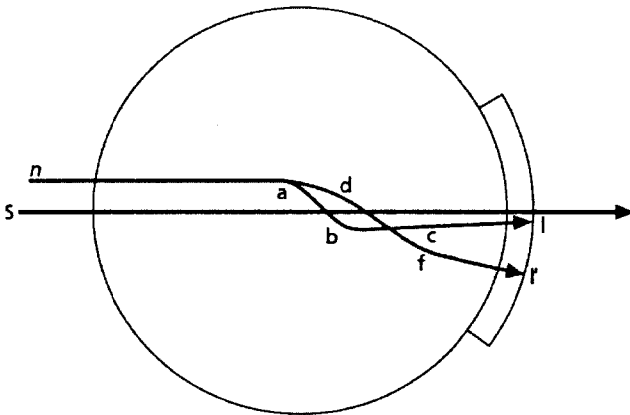
Hình 7.54. Giá trị trung bình của các góc ở các khớp lúc bắt đầu thực hiện đẩy tạ: khớp gối của chân phải $108^{\circ} \pm 11,9^{\circ}$, khớp hông phải $109^{\circ} \pm 24,8^{\circ}$, khớp gối của chân trái $80^{\circ} \pm 10,9^{\circ}$, khớp khuỷu của cánh tay phải $65^{\circ} \pm 7,1^{\circ}$. (Lanka & Shalmanov 1982)

Những vận động viên này sử dụng tư thế xuất phát thấp với hai gối gấp khoảng $90 - 120^{\circ}$ và thân trên ngả ra trước. Theo Bartonietz (1994), tư thế này tạo ra một số lợi thế: động tác được bắt đầu một cách trơn tru và được kiểm soát với một biên độ rộng, trọng tâm của cơ thể và của tạ được nâng cao liên tục lên trên; và một đoạn đường chuyển động bằng phẳng trong giai đoạn không có chống tựa mà không cần phải đổ dồn thân trên lên chân phải.

Các vận động viên đẩy tạ hiện nay đều vận dụng ít nhiều các yếu lĩnh kỹ thuật nói trên, tạo cho quỹ đạo di chuyển của tạ trước khi ra tay tương đối thẳng, thấp và dài (Hình 7.55).



Hình 7.55. Quỹ đạo di chuyển của tạ trong lần đẩy của A. Kumbernuss (21,22 m) so với cú đẩy lý tưởng của U. Timermann (22,62 m). Các hình tam giác ngược chỉ vị trí của bàn chân trái và chân phải. (Bartoniets, 1995).



Hình 7.56. Quỹ đạo chuyển động của tạ theo mặt phẳng ngang khi còn đang trong tay của vận động viên, sử dụng kỹ thuật bước trượt. S- cho thấy một đường đi thẳng gặp ở những vận động viên đẩy tạ kém khi hai vai của họ lệch quá nhiều sang trái vào lúc ra sức cuối cùng. Đường n-a-b-c-l là đặc điểm nổi bật ở những vận động viên có thành tích đứng đầu, và đường n-a-d-f-l' là của những lần đẩy không thành công hoặc của những vận động viên có kỹ thuật kém. n chỉ vị trí của tạ lúc bắt đầu thực hiện đẩy tạ

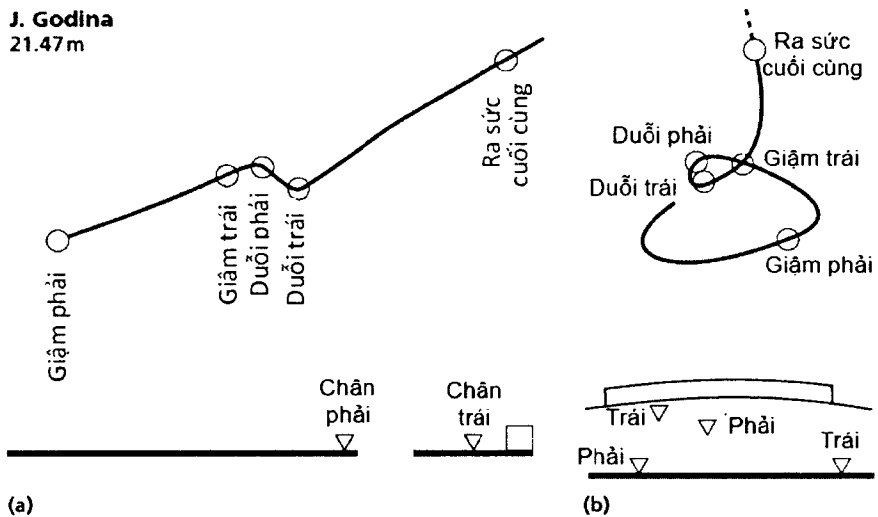
Như đã đề cập ở trên, chuyển động quay của thân trong phần cuối cùng của giai đoạn đẩy có thể làm tăng vận tốc của tạ. Tuy nhiên, động tác quay này sẽ làm cho tạ di chuyển theo một đường cong trong mặt phẳng nằm ngang. Có ý kiến cho rằng vận động viên đẩy tạ cần thực hiện động tác sao cho quỹ đạo chuyển động của tạ theo mặt phẳng nằm ngang trong quá trình đẩy vào không trung càng thẳng càng tốt. Tuy nhiên, do tạ không nằm trên trục thẳng đứng trung tâm của hệ truyền lực (vận động viên và tạ), nên đường di chuyển của tạ sẽ gần với một đường thẳng chỉ trong những cú đẩy không chuẩn, khi hai vai

ngiên quá nhiều sang trái trong lúc ra sức cuối cùng (đường S trong hình 7.56).

Nếu đường di chuyển của tạ lệch so với đường thẳng là cần thiết (chắc chắn sẽ kéo theo sự giảm vận tốc ra tay của tạ do những khác biệt về các hướng gia tăng tốc độ ban đầu và cuối cùng trong mặt phẳng nằm ngang) thì vấn đề đặt ra là: để đạt được vận tốc ra tay lớn nhất, khi thực hiện quay vòng, nỗ lực đưa tạ di chuyển ở cuối vòng quay lớn (như trong ném) hoặc vòng quay nhỏ có cần thiết hay không? Rõ ràng là với cùng một vận tốc góc như nhau, bán kính quay lớn hơn sẽ tạo cho tạ có được vận tốc chuyển động thẳng lớn hơn so với sử dụng bán kính quay nhỏ hơn.

Tăng bán kính chuyển động của tạ sẽ làm tăng tải trọng đối với các cơ và như vậy cần phải có trình độ huấn luyện sức mạnh ở mức cao hơn. Nếu bán kính quay quá lớn, có thể gây cản trở đến tốc độ do cánh tay có thể bị duỗi ra.

Dường như có một vấn đề liên quan tới sự gia tăng tốc độ của tạ xảy ra trong giai đoạn ra sức cuối cùng có thể được giải quyết bằng kỹ thuật quay vòng. Một kỹ thuật như vậy sẽ giải quyết vấn đề không trùng phương của các hướng tăng tốc độ ban đầu và tốc độ cuối cùng, và về mặt lý thuyết, điều đó có thể làm tăng đáng kể quãng đường tác dụng lực trong phần cuối cùng động tác (Hình 7.57).



Hình 7.57. Đường chuyển động của tạ, sử dụng kỹ thuật quay vòng, J. Godina (21,47 m). (a) nhìn từ mặt bên (b) nhìn từ trên xuống. Các hình tam giác ngược chỉ ra vị trí của bàn chân phải và trái. (Theo Bartonietz năm 1995)

Khi bắt đầu quay, và trọng lượng cơ thể dịch chuyển từ chân phải sang chân trái (tăng tốc trước của cơ thể và tạ) tốc độ của tạ có thể đạt gần 4 m/s. Tốc độ này lớn hơn so với tốc độ đạt được trong kỹ thuật bước trượt. Tuy nhiên, 65% tốc độ ban đầu đã bị mất trong cú đẩy với thành tích 20,54 m của A. Barishnikov. Theo các

đây. Vấn đề đặt ra có liên quan đến thời gian của hai tốc độ này. Theo nguyên tắc cơ sinh học về “sự phối hợp các xung lượng của lực riêng biệt”, sự trùng hợp về thời gian của tốc độ tối đa của thân và tốc độ tối đa của cánh tay sẽ dẫn đến sự gia tăng tốc độ ra tay. Điều này dẫn đến các kết luận sau đây:

Vận tốc ra tay của tạ sẽ bị giảm nếu tốc độ tối đa của động tác duỗi cánh tay được cộng thêm vào tốc độ dưới tối đa của động tác duỗi ở hai chân, và ngược lại;

- Sự khác biệt về thời gian giữa vận tốc tối đa của thân và của hai chân càng lớn thì tổng vận tốc chuyển động của tạ càng nhỏ.

- Khả năng thứ hai là tốc độ của tạ sẽ đạt đến tối đa khi từng phân đoạn cơ thể được kích hoạt theo thứ tự từ gần đến xa.

- Broer (1960) xác định ba kiểu tương tác giữa các phân đoạn tùy thuộc vào nhiệm vụ vận động:

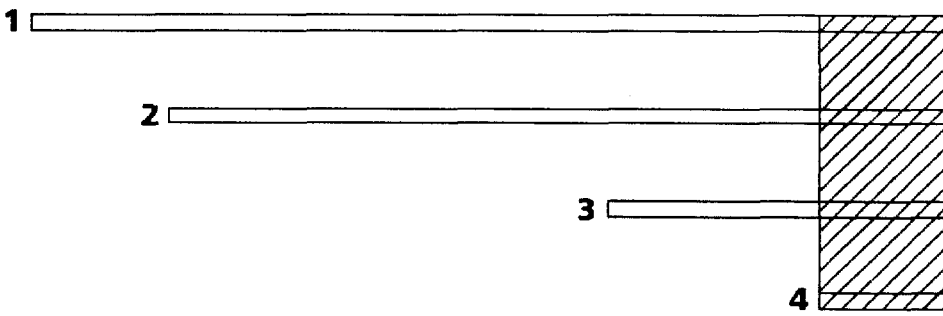
- Nếu tốc độ chuyển động là tối quan trọng thì các hành động của các phân đoạn là tiếp nối liên tục với mỗi phân đoạn bắt đầu hành động tại thời điểm phân đoạn ở đầu gần hơn đạt đến tốc độ tối đa của nó;

- Nếu nhiệm vụ vận động đòi hỏi sự phát lực tối đa thì tất cả các phân đoạn cơ thể hoạt động cùng một lúc, và không có tác dụng lôi kéo các phân đoạn yếu hơn tham gia vào hoạt động.

- Nếu một hoặc nhiều phân đoạn được đưa vào hoạt động thì các phân đoạn ở thấp hơn nên được cố định, tạo thành chân đế vững chắc cho các phân đoạn ở phần trên thực hiện động tác được hiệu quả hơn.

Việc xác định phương thức phối hợp tốt nhất các lực của các phân đoạn riêng biệt và động hình hoạt động của chúng thậm chí còn phức tạp hơn do vận động viên đẩy tạ phải phối hợp cả ba kiểu tương tác này. Trước tiên vận động viên phải tạo được tốc độ ra tay tối đa đối với tạ. Hai là, cần có lực lớn nhất để tăng vận tốc của tạ. Và ba là động tác đẩy được hoàn thành bằng một tay. Như vậy, tất cả ba kiểu tương tác cần phải được kết hợp một cách tốt nhất để sử dụng được năng lượng “bật phát” của các vận động viên trong khoảng 0,2 - 0,4 giây dành cho việc tác dụng lực cuối cùng.

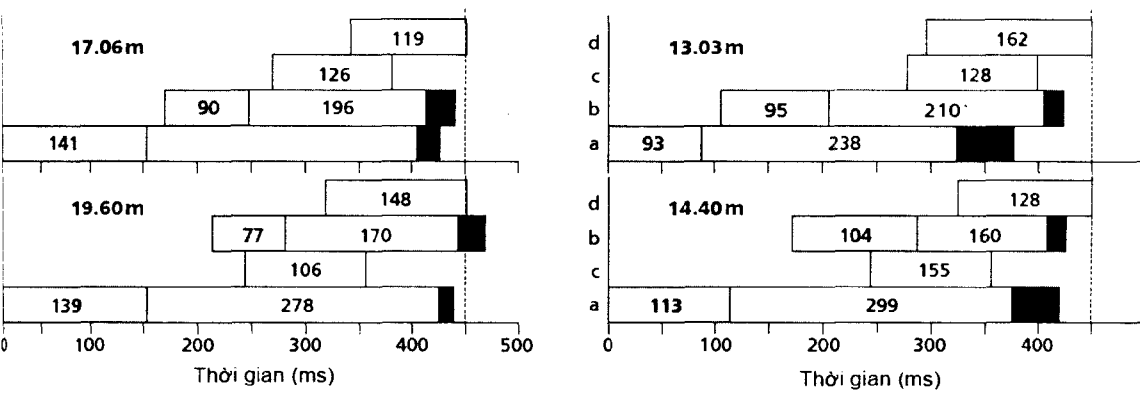
Grigalka (1970) đã đưa ra mô hình phối hợp, từ quan điểm của mình, phản ánh sự kết hợp tối ưu của các phân đoạn trong kỹ thuật đẩy tạ (Hình 7.58). Mỗi phân đoạn được đưa vào hành động tại một thời điểm khác nhau, nhưng sự chấm dứt các chuyển động của chúng cần phải đồng thời và xảy ra càng gần thời điểm tạ rời khỏi tay càng tốt.



Hình 7.58. Hoạt động của các phân đoạn cơ thể vận động viên đẩy tạ. Hoạt động cơ bắp gắn liền với (1) chi dưới, (2) quay hông, thân trên (3), và (4) cánh tay và vai tới khi tạ được xác định là đã rời khỏi tay ném. Phần được vạch chéo chỉ thời gian hoạt động đồng thời của tất cả các phân đoạn tham gia (Grigalka, 1970).

Nghiên cứu của Lanka, 1978, sử dụng các thiết bị giác kế để xác định những thay đổi góc độ các khớp của 50 vận động viên đẩy tạ có trình độ khác nhau đã đưa ra hai mô hình tương tác phân đoạn khác nhau khi gia tăng tốc độ cuối cùng của tạ:

- Sau khi bắt đầu duỗi gối phải, góc độ của khớp hông phải bắt đầu thay đổi tiếp đó là duỗi gối trái và khuỷu tay của cánh tay ném;
- Duỗi gối trái xảy ra trước khi duỗi hông phải trong khi trình tự duỗi của các phân đoạn khác vẫn không thay đổi (Hình 7.59).



Hình 7.59. Thời gian hoạt động (phần nghìn giây) của các phân đoạn chính, và trình tự tham gia của chúng vào quá trình phát lực. Trong hình là số liệu thu được từ các vận động viên đẩy tạ có trình độ kỹ thuật khác nhau. Đường thẳng đứng với nét đứt chỉ thời điểm ra tạ; phần được tô đậm, thời gian từ lúc chạm đất đến lúc bắt đầu duỗi chân; phần để trắng, thời gian phân đoạn đang hoạt động; và phần được bôi đen, thời gian từ thời điểm duỗi tới đa của chân cho đến khi bàn chân rời khỏi mặt đất. (a) chân phải (b) chân trái, (c) hông phải, (d) tay phải.

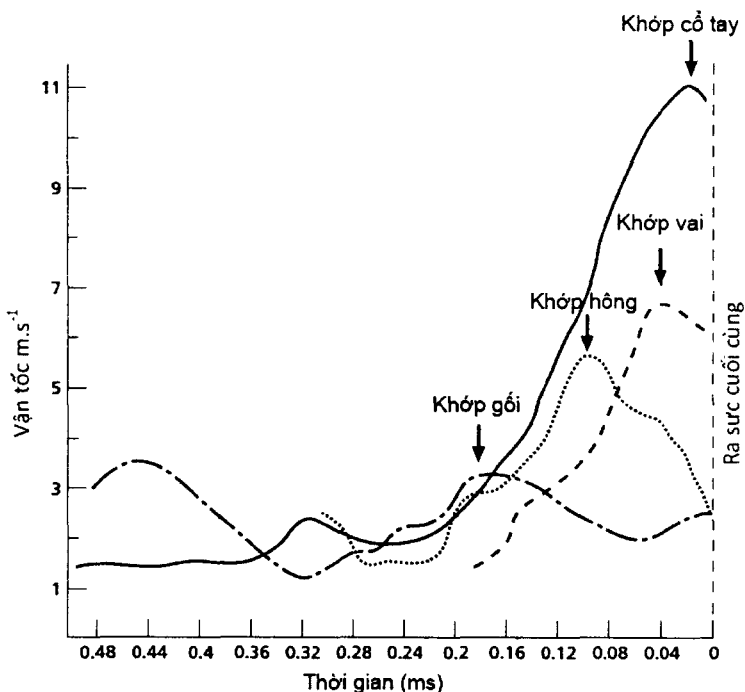
Hệ vận động và các cơ bắp có nhiều đặc tính cần phải được xem xét khi phân tích sinh cơ học các kỹ thuật động tác thể thao. Trước hết, các phân đoạn có khối lượng khác nhau, và các cơ làm dịch chuyển các phân đoạn này tạo ra lực tối đa khác nhau. Thời gian để đạt được lực tối đa cũng thay đổi, và thực tế là lực cơ phụ thuộc vào vận tốc chuyển động cũng rất quan trọng. Do tính chất phức tạp của nhiệm vụ vận động, mô hình hiệu quả nhất của sự tương tác từng phân đoạn cơ thể không thể chỉ được xác định trên cơ sở các quy tắc cơ học đơn giản.

Theo các số liệu thực nghiệm của nhiều nhà nghiên cứu, vận động viên thực hiện các động tác đánh, ném bóng, ném đĩa, phóng lao, và đẩy tạ đạt được tốc độ tối đa khi các phân đoạn cơ thể được kích hoạt liên tục, từ đầu gần đến đầu xa (Zatsiorsky 1997).

Quá trình đẩy nhanh tốc độ của tạ như sau: trong thời gian đầu tiên (các giai đoạn xuất phát và trượt đà trong kỹ thuật thông dụng và các giai đoạn quay - ra sức bật phát trong kỹ thuật quay vòng), toàn bộ hệ truyền lực là cơ thể vận động viên cùng với tạ sẽ gia tăng tốc độ. Trong giai đoạn thứ hai (nửa đầu của giai đoạn tác dụng lực), sự gia tăng tốc độ của tạ đạt được nhờ sự co rút của các cơ thân mình và nhờ sự truyền xung lượng đến thân trên bằng cách giảm tốc độ của động tác quay và sự dịch chuyển của hai chân. Trong giai đoạn thứ ba (bắt đầu với sự co các cơ của cánh tay ném) các lực hướng trực tiếp vào việc đẩy nhanh tốc độ của tạ.

Tốc độ ra tay của tạ đạt đến mức tối đa nếu, sau khi gia tốc ban đầu của hệ thống truyền lực - cơ thể vận động viên với tạ, có sự giảm dần tốc độ di chuyển lên phía trên của tất cả các phân đoạn cơ thể. Tại thời điểm tạ rời khỏi tay ném, tốc độ chuyển động của hai chân, hông và thân trên cần phải gần như bằng không.

Như một quy tắc, các nhà nghiên cứu thực nghiệm xác định thời gian chuyển động của các phân đoạn cơ thể trong các động tác ném đẩy bất kể ở dạng nào đều ghi nhận sự tăng tốc và giảm tốc liên tiếp của các phân đoạn cơ thể chính. Nghiên cứu về đẩy tạ (kỹ thuật trượt đà) của Lanka (1978, 1996) sử dụng thiết bị ghi hình lập thể đã xác nhận tính hợp lý của sự tăng tốc liên tiếp đi lên và giảm tốc của các phần cơ thể (Hình 7.60).



Hình 7.60. Tốc độ đạt được của các khớp chính (bên phải của cơ thể) khi đẩy tạ được xác định bằng thiết bị ghi hình lập thể. Các mũi tên chỉ tốc độ tối đa của khớp và cho thấy rằng sự giảm tốc bắt đầu ở khớp gối và tiếp tục lên đến vai, hông và cổ tay.

Bảng 7.11. Tốc độ (m/s) của các phân đoạn cơ thể ở các vận động viên đẩy tạ trình độ khác nhau

Các chỉ số	Thành tích đẩy tính bằng (m)			
	19.60	18.30	13.30	12.26
Tốc độ tối đa của khớp hông	5.74	5.13	4.28	4.81
Tốc độ của khớp hông lúc ra tay	2.75	1.05	0.83	1.96
Tốc độ tối đa của khớp vai	6.77	7.66	4.91	5.32
Tốc độ của khớp vai lúc ra tay	6.34	5.46	3.10	4.82
Tốc độ tối đa của khớp cổ tay	11.00	10.64	8.02	7.95
Tốc độ của khớp cổ tay lúc ra tay	10.90	9.25	7.51	7.85
Tốc độ của tạ lúc rời khỏi tay ném	13.12	12.51	10.49	10.12

Bảng 7.12. Sự chuyển dịch trọng tâm của hệ truyền lực vận động viên + tạ khi thực hiện ra sức cuối cùng (Ariel, 1973b)

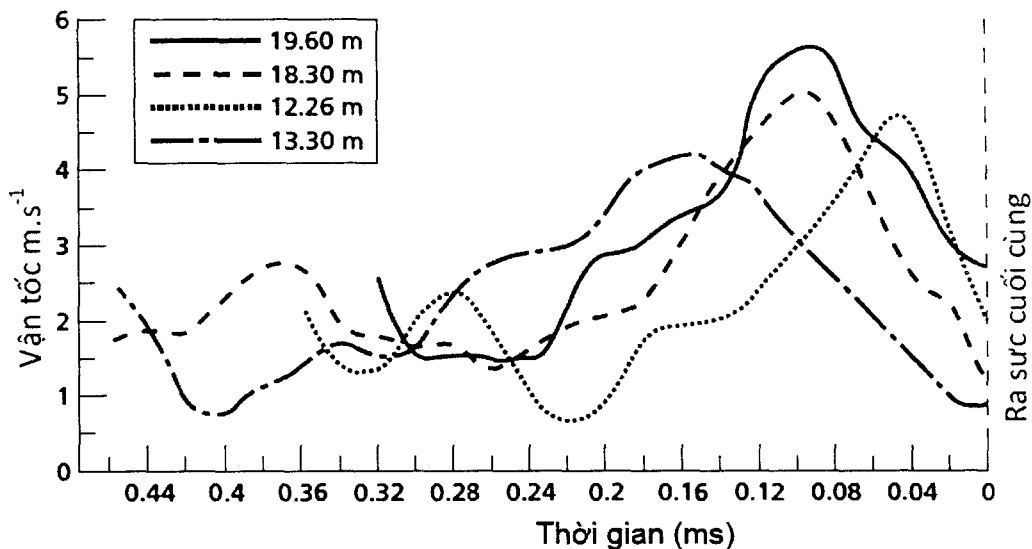
Thành tích (m)	Thời gian của giai đoạn ra sức cuối cùng (s)	Chuyển dịch theo phương nằm ngang (m)	Chuyển dịch theo phương thẳng đứng (m)
19.83	0.22	0.39	0.14
21.35	0.22	0.52	0.27

Nhờ sự cải tiến kỹ thuật của các vận động viên đẩy tạ, giá trị tốc độ tối đa của các phân đoạn cơ thể tăng, bắt đầu với khớp hông phải và kết thúc với bàn tay phải (bảng 7.11). Khi nói về tính hiệu quả của sự giảm tốc độ từng phân đoạn cơ thể, cần phải chỉ ra rằng quá trình giảm tốc độ diễn ra mạnh mẽ nhất ở khớp hông. Tuy nhiên, sự giảm tốc nhanh chóng của khớp hông phải được phối hợp với chuyển động của cơ thể dọc theo đường kính vòng tròn đẩy tạ một cách liên tục theo hướng bay của tạ. Điều này có nghĩa là tốc độ của khớp hông không thể giảm tới không. Hiệu quả của việc giảm tốc độ liên tiếp ở các phân đoạn cơ thể phụ thuộc rất lớn vào thời điểm giảm có thích hợp hay không. Nếu một trong các phân đoạn liên quan đạt đến tốc độ tối đa quá sớm hoặc quá muộn thì hiệu suất sẽ giảm (Hình 7.61). Có những thời điểm tối ưu đối với hành động của các phân đoạn cơ thể mà nhờ đó tốc độ ra tay của tạ sẽ đạt đến giá trị tối đa (bảng 7.13).

Bảng 7.13. Đặc điểm về thời gian chuyển động của các phân đoạn cơ thể trong phần cuối động tác đẩy (tính bằng ms)

Thời gian từ thời điểm đạt tốc độ max của phân đoạn đến thời điểm ra tay	Vận động viên trình độ cao		Vận động viên trình độ thấp	
	X	S	X	S
Khớp gối phải	179.2	14.3	141.6	87.3
Khớp gối trái	93.7	17.2	98.9	81.6
Khớp vai phải	59.3	11.6	67.1	26.2
Khớp hông phải	24.4	20.2	29.3	8.9

X- Giá trị trung bình; S- Độ lệch chuẩn



Hình 7.61. Tốc độ vận động của khớp hông ở các vận động viên đẩy tạ trình độ khác nhau (Lanka & Shalmanov 1982)

Kết luận chính rút ra từ các dữ liệu đã được trình bày là kỹ thuật của những vận động viên đẩy tạ trình độ cao được đặc trưng bởi sự tương tác của các phân đoạn lớn hơn và chính xác hơn so với các vận động viên trình độ thấp. Kết luận này được chứng minh bằng cách so sánh giá trị độ lệch chuẩn ở các vận động viên trình độ cao (14,3 ms và 17,2 ms, gối phải và khớp hông) và các vận động viên trình độ thấp (87,3 ms và 81,6 ms).

Động lực học của kỹ thuật đẩy tạ

Sự thay đổi về vận tốc của cơ thể là bởi các lực tác dụng vào nó. Các giá trị xác định tác dụng của lực là công (tích của lực và khoảng cách mà qua đó nó được tác dụng) và xung lượng của lực (tích phân của lực theo thời gian).

Công và năng lượng.

Tổng năng lượng cơ học của hành động đẩy tạ bằng tổng các năng lượng động (động năng) và năng lượng tiềm tàng (thế năng) của nó. Giá trị này cũng tương đương với công cơ học được thực hiện bởi vận động viên để tăng tốc độ của tạ và đưa tạ lên cao.

Vậy:

$$W = mgh_0 + \frac{m_0^2}{2} + \frac{I\omega_0^2}{2} \quad (7.17)$$

Trong đó:

W là công;

m là trọng lượng tạ;

h_0 là độ cao của tạ;

v_0 và ω_0 là vận tốc chuyển động thẳng và vận tốc góc tương ứng.

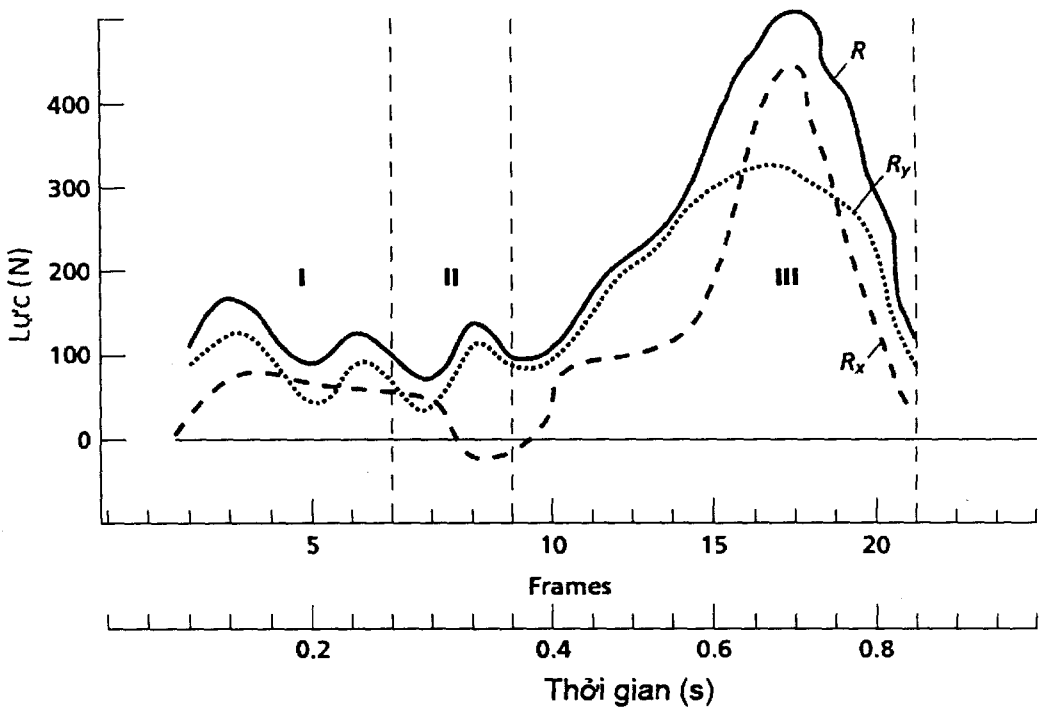
Số hạng cuối cùng trong biểu thức 7.17 (động năng quay của tạ) là nhỏ và thường bị bỏ qua. Do đó, vận tốc ra tay của tạ và độ cao tại thời điểm rời khỏi tay ném sẽ tương ứng với năng lượng thực hiện nhận được từ vận động viên.

Lực tác dụng vào tạ.

Việc đo lường trực tiếp lực tác dụng vào tạ là rất khó khăn. Các nhà nghiên cứu đã tiến hành đánh giá lực này bằng cách nhân trọng lượng của tạ với gia tốc đã tính được của nó ở các phần của cự ly tác dụng được giả định là thẳng. Chỉ có các thành phần tiếp tuyến của gia tốc được đo, do thành phần quay được coi là bằng không.

Đặc điểm diễn biến của sự tăng tốc - thời gian của tạ trong pha tác dụng lực cuối cùng: độ dốc của phần đầu đường cong này là nhỏ, nhưng nó tăng lên đáng kể trong phần thứ hai của pha tác dụng lực cuối cùng. Có hai thời đoạn, trong đó sự tăng tốc giảm xuống. Thời đoạn đầu tiên bắt đầu ở giữa pha tác dụng lực cuối cùng, khi cánh tay bắt đầu duỗi. Thời đoạn hai xảy ra ngay trước khi tạ rời khỏi tay ném. Đường biểu diễn sự tăng tốc ở người mới tập có dạng lượn sóng, các đoạn đi xuống không sâu, và thời gian của nó dài hơn so với ở vận động viên trình độ cao.

Trong cú đẩy được phân tích trên hình 7.62, lực giảm xuống gần như bằng không ở phần cuối bước trượt đà và tăng đột ngột sau khi chân trái chạm đất (các ô 10 - 17). Lực phát ra tối đa là 465 N, trong khi thành phần các lực theo phương thẳng đứng và nằm ngang tối đa là 298 N và 381 N.

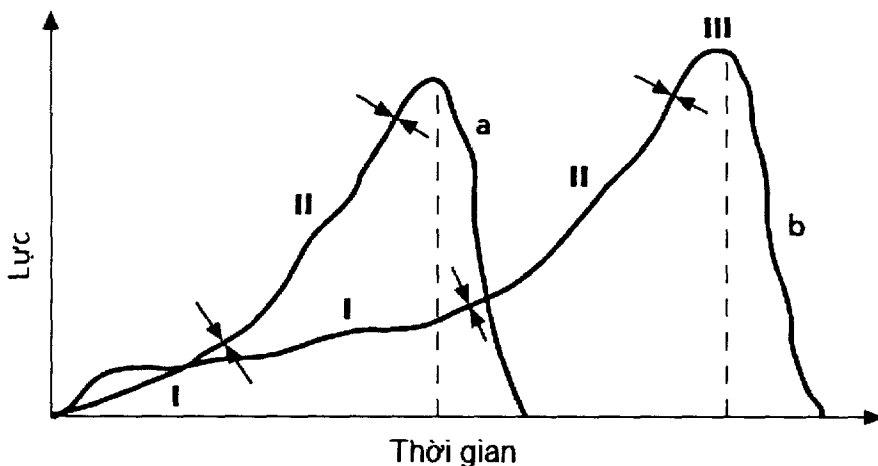


Hình 7.62. Lực tác dụng vào tạ. Đường liền là lực đạt được, và đường nét đứt (R_x) và chấm (R_y) các thành phần lực theo phương nằm ngang và thẳng đứng. I, II và III chỉ các giai đoạn chuẩn bị, trượt đà và giai đoạn ra sức cuối cùng. (Fidelus & Zienkiewicz, 1965)

Các nhà nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các đường biểu diễn sự tăng tốc độ theo phương thẳng đứng và nằm ngang cũng có tính chất nhấp nhô. Sự gia tăng vận tốc theo phương nằm ngang giảm vào lúc bắt đầu bước trượt đà và tăng lên vào lúc cuối do thân mình hơi duỗi ra một chút, với sự gia tăng mạnh rất rõ lúc chân trái chạm xuống đất. Sự tăng tốc tối đa được diễn ra trước khi cánh tay đẩy duỗi thẳng hoàn toàn. Sự tăng tốc theo phương thẳng đứng có giá trị âm ở cuối bước trượt đà. Lần giảm tốc thứ hai được phát hiện ở thời điểm hệ chân trái chạm đất và trong giai đoạn giảm tốc độ.

Các thành phần gia tốc chuyển động quay và chuyển động theo tiếp tuyến gần như bằng không ngay sau khi chân phải hoàn thành động tác đá lăng. Chúng dần dần tăng lên với chân phải chạm đất, và ở cuối pha đẩy đạt 5,8g đối với thành phần chuyển động quay và 7,8g đối với thành phần chuyển động theo đường tiếp tuyến ($1g = 9,82 \text{ m/s}^2$). Gia tốc chuyển động theo phương thẳng đứng dao động từ 0 - 1g và tăng mạnh trong giai đoạn ra sức cuối cùng, đạt tới giá trị 5,4g.

Trên đường biểu diễn lực - thời gian theo lý thuyết đẩy tạ do Kristev và CS (1973) đưa ra (Hình 7.63), giai đoạn đầu tiên là dài nhất và được đặc trưng bởi các lực vừa phải. Trong giai đoạn thứ hai, bao gồm hai chân trụ và một chân trụ duy nhất là chân trái, các nhóm cơ mạnh nhất đã được sử dụng. Giai đoạn thứ ba là cuối cùng, là giai đoạn ngắn nhất của động tác, vận động viên được chống đỡ bằng một chân. Các vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới đều có biểu đồ diễn biến lực - thời gian giống nhau (Hình 7.64).

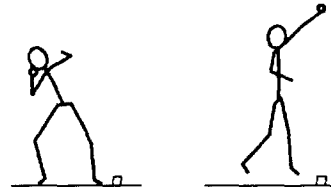
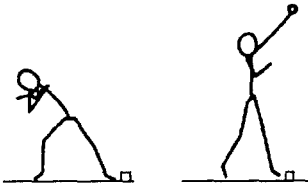


Hình 7.63. Các đường biểu diễn theo lý thuyết về tác dụng lực đối với tạ trong cú đẩy không trượt đà (đường cong a) và có trượt đà (đường cong b). Đường nét đứt thẳng đứng biểu thị lực tối đa. Trong giai đoạn I, "trượt đà" (mũi tên chỉ danh giới của giai đoạn), lực vừa phải. Lực tăng lên trong giai đoạn II, trong đó bao gồm thời đoạn chống hai chân và bắt đầu chống chân trái. Trong giai đoạn III, trong đó chỉ có chân trái làm trụ, lực tăng tối đa và sau đó giảm nhanh tới không ứng với thời điểm tạ ra tay. (Theo Kristev và cộng sự, 1973)

Khi kỹ thuật quay vòng ném được sử dụng nhằm đạt được tốc độ ra tay thích hợp thì gia tốc lớn hơn phải được sản sinh do tốc độ của dụng cụ tại thời điểm đặt chân phải thấp hơn, và quãng đường tăng tốc ngắn hơn.

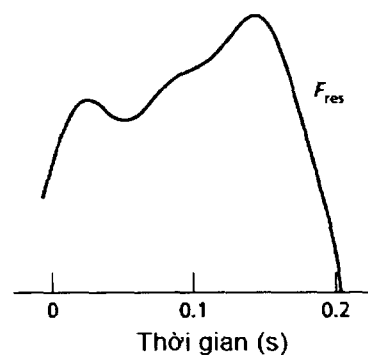
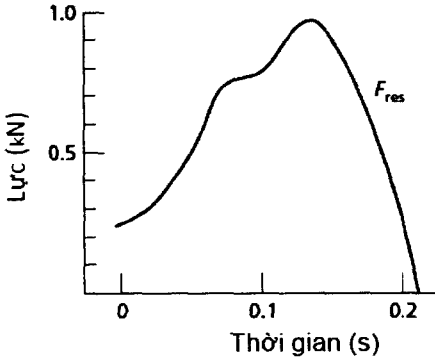
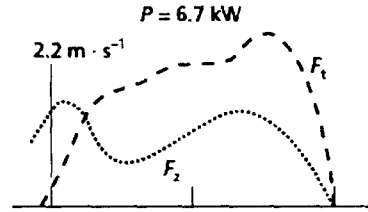
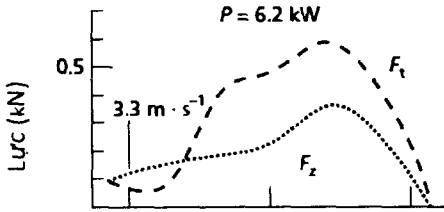
Kỹ thuật bước trượt

Kỹ thuật xoay người



U. Timmermann 21.31 m

D. Laut 21.56 m



Hình 7.64. Sự thay đổi theo thời gian của lực tác động vào tạ (chống chân trái để ra tay) và các thông số cơ sinh học của hai kỹ thuật: to – chống chân trái; Ft - thành phần tiếp tuyến, Fz - thành phần hướng tâm; F_{res} - lực hiệu dụng; P- công suất tối đa. (Bartonietz, 1990).

Tốc độ (hoặc năng lượng) ra tay của tạ không chỉ phụ thuộc vào độ lớn của lực, mà còn phụ thuộc vào quãng đường mà qua đó lực tác dụng vào tạ. Kỹ thuật sẽ là tốt hơn khi vận động viên có thể tác dụng lực trong suốt một quãng đường dài hơn. Tuy nhiên, tăng độ dài quãng đường tác dụng lực chỉ hợp lý khi tạ đi qua quãng đường này trong một khoảng thời gian tối thiểu. Như vậy, nói chính xác hơn, đó là quãng đường tối ưu để tăng vận tốc của tạ chứ không phải là một quãng đường dài tối đa. Điều này đặc biệt quan trọng đối với việc tăng quãng đường tác dụng lực trong phần cuối cùng của kỹ thuật động tác đẩy tạ. Ở đây có thể thấy những vận động viên có sải tay dài và chiều cao tốt sẽ có nhiều lợi thế, quãng đường tăng tốc

cuối cùng của họ có thể dài đến 2 m, những vận động viên đẩy tạ có thành tích cao nhất thường thực hiện quãng đường tăng tốc là 1,8 m. Tối thiểu thì vận động viên đẩy tạ cũng phải cố gắng để đạt được khoảng 1,6 m.

Tốc độ ra tay của tạ sẽ lớn hơn khi quãng đường tăng tốc của tạ dài, song thời gian mà tạ di chuyển trong suốt quãng đường này phải ngắn. Điều này được minh họa trên bảng 7.14. Bảng này cho thấy rằng khoảng cách đạt được lớn hơn ở những cú đẩy mà vận động viên đã điều khiển tạ di chuyển theo một quãng đường dài, nhưng cũng trong một thời gian ngắn. Kristev (1971) đã nghiên cứu sự thay đổi của quãng đường di chuyển của tạ trong các giai đoạn riêng biệt của phần cuối động tác đẩy. Những thay đổi thích đáng nhất gắn liền với sự cải tiến kỹ thuật diễn ra trong giai đoạn chống hai chân (bắt đầu khi chân trái đặt xuống mặt đất) và giai đoạn không có chống (không còn sự tiếp xúc với mặt đất ngay trước khi dụng cụ rời khỏi tay ném). Quãng đường di chuyển của tạ trong giai đoạn chống hai chân tăng từ 36 cm đối với vận động viên đẩy tạ yếu, và đến 92 cm đối với những vận động viên mạnh hơn.

Bảng 7.14. Một số biến dạng về mặt sinh cơ học của kỹ thuật đẩy tạ và thành tích của các vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới

Tên VĐV	Cự ly (m)	Thời gian ra sức cuối cùng (s)	Gia tốc cuối Quãng đường (m)	Tạ ra tay Độ cao (m)	Tạ ra tay Góc	Tác giả
Briesenik, H.	21.54	0.20	1.70	2.27	40°	Schpenke(1973)
Timmermann,U	21.31	0.22	1.65			Bartonietz (1996)
Gies, H. P.	21.07	0.25	1.78			Schpenke (1973)
Briesenik, H.	20.09	0.18	1.55	2.25	39°	Schpenke (1973)
Matson, R.	20.27	0.26	1.70	2.25	42°	Kutiev (1966)
MacGrath, D.	19.08	0.26	1.50	2.20	42°	Kutiev (1966)
Lipsnis, V.	19.00	0.28	1.55	2.25	42°	Kutiev (1966)
Karasev, N.	18.98	0.27	1.48	2.06	39°	Kutiev (1966)

Nâng cao tốc độ ra tay

Dưới đây là một số cơ chế đảm bảo cho tốc độ ra tay đạt mức tối đa.

Kỹ thuật “vút roi”.

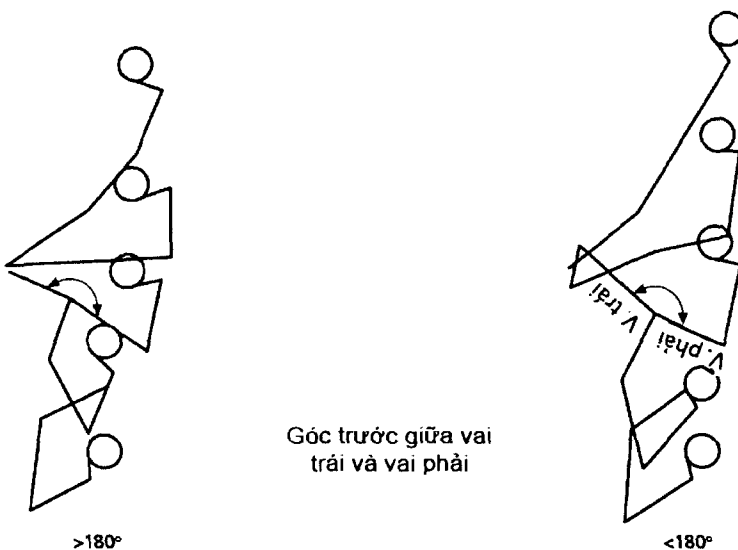
Chuyển động quay của một phân đoạn xa được xác định bởi: (i) thời điểm lực tác dụng tại các khớp gần, và (ii) chuyển động có gia tốc của chính khớp đó. Khi trục khớp gia tăng tốc độ, phân đoạn đó sẽ xoay quanh trục này. Cả hai cơ chế này đều được áp dụng rộng rãi trong các động tác ném dĩa và các động tác đánh, đập bóng, cầu... Cử động phối hợp truyền chuyển động của khớp gần kéo theo sự tăng tốc liên tiếp và giảm tốc độ của khớp đôi khi được gọi là "kỹ thuật vút roi". Vào lúc bắt đầu thực hiện động tác, khớp hoặc các khớp ở đầu gần di chuyển một cách nhanh chóng theo hướng ném, nhưng sau đó lại giảm tốc một cách tích cực. Động thái này sẽ làm cho phân đoạn ở xa quay nhanh (tạo ra chuyển động quay nhanh của phân đoạn ở xa). Khi chuyển động tuyến tính của một vật thể rắn bị hạn chế ở một đầu thì sẽ dẫn đến chuyển động quay ra trước. Đầu kia của vật thể tiếp tục di chuyển về phía trước và chuyển động quay bắt đầu, và kết quả là vận tốc chuyển động của đầu này có thể tăng lên. Khi vận động viên đặt chân trái xuống trước lúc tạ ra khỏi tay thì thân trên và cánh tay (và, tất nhiên, cả tạ) sẽ tăng tốc, giúp cho sự gia tăng tốc độ ra tay của tạ. Trục quay này đi xuyên qua điểm tiếp xúc của bàn chân và mặt đất. Chẳng hạn, người ta đã chứng minh được rằng trong nhảy cao và nhảy xa (Schamanov, 1986) cơ chế con lắc đảo ngược này góp phần đáng kể vào tốc độ chuyển động của trọng tâm cơ thể. Mặc dù cơ chế này chưa được đề cập đến trong nghiên cứu khoa học ở môn đẩy tạ, song người ta vẫn cho rằng trong giai đoạn cuối cùng, với hành động hãm phanh một cách mạnh mẽ của chân trái khi cơ thể đang chuyển động ở tốc độ cao thì những đóng góp (tác dụng) của nó sẽ hết sức quan trọng. Trong trường hợp các lực bên ngoài không tác dụng vào hệ truyền lực thì vận tốc của trọng tâm hệ truyền lực này sẽ không đổi, các lực bên trong (nội lực) sẽ không làm thay đổi được chuyển động của nó. Tuy nhiên, có thể phân phối lại xung lượng trong chính hệ truyền lực (xung lượng là tích của vận tốc chuyển động của trọng tâm cơ thể và trọng lượng cơ thể). Do đó, thông qua các lực bên trong (nội lực) có thể làm giảm vận tốc của những bộ phận cơ thể nào đó bằng cách giảm tốc độ các bộ phận khác của hệ truyền lực. Trong đẩy tạ, tất nhiên, nguyên tắc này không tác dụng một mình vì vận động viên còn chịu tác động bởi các lực bên ngoài (phản lực từ mặt đất), và xung lượng của hệ truyền lực - vận động viên + tạ là không đổi. Tuy nhiên, cơ chế được mô tả có thể góp phần vào sự gia tăng của tốc độ của tay và của tạ. Ngay trước và khi bắt đầu duỗi cánh tay phải, sự giảm tốc độ của từng phần cơ thể theo hướng lên phía trên liên tiếp diễn ra (Ariel, 1973) Điều này dẫn đến sự tăng tốc độ của thân trên cũng như tay và tạ. Nói cách khác, là đã có phân phối lại xung lượng của lực giữa các phân đoạn cơ thể.

Hoạt động ứng suất trước của cơ

Cơ chế thứ hai đảm bảo sự gia tăng tốc độ của tạ là hoạt động kéo dài và rút ngắn liên tục của các cơ và gân tham gia thực hiện động tác (Tschiene, 1974). Tương tự như việc tái phân bố xung lượng của lực trong hệ truyền lực, sự đóng góp của cơ chế này phụ thuộc vào sự phối hợp đúng cách giữa tăng tốc và giảm tốc độ của các phân đoạn cơ thể.

Rõ ràng là, nếu một cơ rút ngắn ngay sau khi được kéo giãn dài ra thì công suất và lực mà nó tạo ra sẽ tăng lên. Các cơ hoạt động thường được kéo căng ra trước để tăng cường hiệu quả phát lực (sức mạnh, vận tốc) của động tác. Dạng hoạt động này được gọi là chu kỳ kéo căng - rút ngắn của cơ bắp hay hoạt động ứng suất trước của cơ (Zatsiorsky, 1995). Tính đàn hồi của cơ và dây chằng, các phản xạ tùy sống và các cơ chế khác đóng vai trò đáng kể trong việc nâng cao công suất hoạt động cơ. Trong ném đẩy, trạng thái kéo giãn trước của cơ bắp đạt được nhờ vào động tác chủ động và các cơ chế khác.

Trong đẩy tạ, ngoài việc kéo căng và rút ngắn các cơ chân, hai cơ chế khác cũng rất quan trọng, đó là: kéo căng các cơ bắp, gân và dây chằng ở đai vai, và các cơ gấp mu tay (ngửa cổ tay). Động tác đánh mạnh vai trái ra sau ngay trước khi duỗi cánh tay phải, cùng với động tác đẩy ngực ra trước và lên trên thật nhanh trước và ngay khi vừa bắt đầu giai đoạn ra sức cuối cùng gây ra trạng thái kéo căng của đai vai. Kết quả là, trong giai đoạn ra sức cuối cùng, tốc độ chuyển động của tạ tăng cao. Do động tác rất phức tạp và phải được thực hiện trong thời gian cực ngắn nên, thậm chí, một số vận động viên xuất sắc cũng không thực hiện được việc phối hợp đảo hướng hoạt động cơ một cách chính xác (Hình 7.65).



Hình 7.65. Hình que mô tả hai lần đẩy tạ với thành tích khác nhau. V. trái và V. phải là vai trái và phải. Trong lần đẩy thành công, vận động viên điều chỉnh kéo căng các cơ đai vai trước khi ra sức cuối cùng, trong khi ở lần đẩy không thành công, yếu tố kỹ thuật này không được thực hiện đúng lúc (Bartoniets năm 1990).

Các cơ và gân cổ tay góp phần đáng kể vào việc thực hiện động tác đẩy tạ. Sự khác biệt giữa tốc độ tối đa của khớp cổ tay và tốc độ ra tay của tạ ở các vận động viên đẩy tạ hàng đầu là khoảng 2 m/s. Giá trị tốc độ cao hơn này làm tăng cự ly bay của tạ khoảng 5 m. Các cơ gấp gan tay và ngón tay bản thân chúng không phải là những cơ khỏe và đủ sức mạnh để đạt được mức tăng thêm thành tích như vậy. Tuy nhiên, nếu các cơ cổ tay và các ngón tay được duỗi căng trước sau đó mới co thì sẽ tăng được tốc độ và sức mạnh (bạn đọc có thể tự thực hiện để kiểm nghiệm). Khi sử dụng hoạt động ứng xuất trước của cơ, các lực đàn hồi (và rất có thể các cơ chế khác) sẽ góp phần tăng cường sức mạnh, công suất vận động cơ. Khi thực hiện yếu lĩnh ra tay cuối cùng một cách chính xác thì sự đóng góp của các lực đàn hồi sẽ lớn hơn đáng kể so với lực mà các cơ cổ tay có thể tạo ra khi không được kéo căng ra trước đó.

Hoạt động của chân

Phần này giải quyết hai vấn đề: (i) sự phối hợp động tác ra tay với hành động của chân; và (ii) vị trí chân tối ưu trong giai đoạn ra sức cuối cùng. Các khía cạnh khác về hành động của chân sẽ được thảo luận trong phần sau nói về phản lực từ mặt đất.

Tạ ra tay khi vận động viên ở trên không.

Các câu hỏi vận động viên cần phải tiếp xúc với mặt đất tại thời điểm tạ ra tay hay không đã được thảo luận trong nhiều thập kỷ. Một số tác giả phản đối gay gắt việc bật lên khỏi điểm chống tựa sớm bởi vì lực lớn nhất có thể được truyền vào tạ khi vận động viên còn tiếp xúc với điểm chống tựa. Những người khác thì cho phép bật lên khỏi điểm chống tựa khi ra tay. Chắc chắn là, bật lên khỏi điểm chống tựa không đúng lúc có thể làm giảm tốc độ ra tay của tạ.

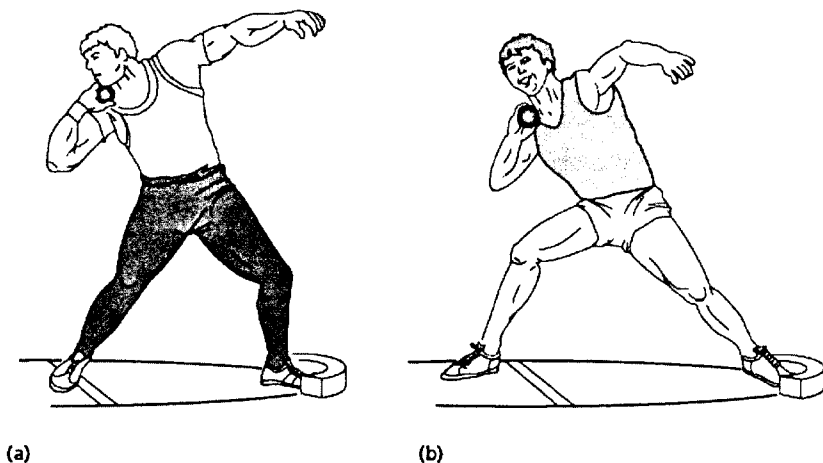
Tuy nhiên, có thể bù vào sự tổn thất về tốc độ này bằng cánh kéo dài quãng đường tác dụng lực và tăng độ cao của tạ lúc ra tay. Marhold 1964 đã khẳng định rằng, mất tiếp xúc với điểm chống tựa không đúng lúc sẽ làm vận tốc ra tay giảm mất 0,3 m/s. Điều đó làm giảm cự ly ném khoảng 40 cm, trong khi giá trị tăng thêm đạt được từ các yếu tố khác chỉ có 10 - 15 cm (kết quả thực hiện là 16,42 m). Vì vậy, tạ ra tay sau khi cơ thể không còn điểm chống tựa là điều bất lợi: các tổn thất sẽ lớn hơn so với giá trị tăng thêm có thể có được.

Tại sao vận động viên đẩy tạ lại kết thúc cú đẩy trong trạng thái không có chân đế? Một quan sát tập trung vào sự khác biệt giữa lực của cánh tay và sức mạnh của chân và cơ thể. Do chân duỗi mạnh và thân duỗi thẳng một cách mạnh mẽ nên

cơ thể bị mất tiếp xúc với mặt đất vào lúc bắt đầu duỗi cánh tay. Mọi người thường thấy rõ có một bước nhảy khoảng 10 - 20 cm sau khi tạ ra tay. Trong kỹ thuật quay vòng, bước nhảy này cao hơn trong kỹ thuật bước trượt. Tuy nhiên, độ cao của bước nhảy không ảnh hưởng đến cự ly bay của tạ. Trong những năm gần đây, nhiều vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới quan tâm đặc biệt đến việc tăng sức mạnh của cánh tay phải. Ý tưởng cơ bản là để giảm khoảng thời gian giữa thời điểm duỗi chân trái và tay phải, nhằm mục đích làm giảm thời gian của giai đoạn không có chân đế. Thời gian của giai đoạn không có chân đế chống đỡ giảm cùng với sự tiến bộ về trình độ kỹ thuật. Đối với một số vận động viên trình độ kỹ thuật kém, thời gian này đạt đến 100ms, trong khi đối với vận động viên trình độ cao là gần bằng không. Ở những vận động viên có thành tích tốt nhất thế giới, tạ được ra tay ngay trước khi chân trái vẫn còn trên mặt đất.

Điểm đặt bàn chân.

Trong thực tế, người ta đã áp dụng nhiều biến dạng kỹ thuật nhằm kéo dài quãng đường tác dụng lực của tạ, chủ yếu là tư thế đứng hai chân dạng rộng trong phần cuối động tác đẩy. Cự ly giữa hai bàn chân nên không quá 1m. Các tác giả này kết luận rằng, vị trí bàn chân như vậy sẽ tạo ra lợi thế tác dụng lực của chi dưới do thời gian duỗi khớp gối dài hơn. Khoảng cách giữa hai vị trí đặt bàn chân quá hẹp sẽ tạo ra bất lợi, dễ làm mất thăng bằng khi thực hiện ra sức cuối cùng và sẽ rút ngắn quãng đường đi của tạ.



Hình 7.66. Hai cách đặt bàn chân khác nhau (a, khoảng cách hai chân hẹp; b, khoảng cách hai chân rộng) ở phần cuối cùng của động tác đẩy, được hai vận động viên giữ kỷ lục thế giới trước đây: U. Bayer và I. Slupjanek. (Lanka & Shalmanov 1982) thị phạm

Tuy kỹ thuật "nhịp ngắn - dài làm giảm giá trị của lực có thể được phát huy bằng chân phải, song nó lại kéo dài quãng đường mà lực tác dụng vào tạ, cải thiện điều kiện để chân trái thực hiện nhiệm vụ hãm phanh, và ổn định cơ thể. Phân tích đã chỉ ra rằng những lợi thế của việc tăng quãng đường tác dụng lực sẽ lớn hơn sự tổn thất do không sử dụng được toàn bộ sức mạnh của chân phải.

Trong quá trình thực hiện ra sức cuối cùng ở tư thế chân dạng rộng, hướng tăng tốc của chân phải trùng hợp ở mức độ lớn hơn với hướng ra tay của tạ so với trường hợp đẩy tạ ở tư thế hai chân hẹp. Sự hội tụ này sẽ làm tăng đáng kể hiệu quả của việc sử dụng chân, tay phải và giúp tăng nhanh vận tốc của tạ theo một đường thẳng, có thể tăng vận tốc của tạ theo hướng tối ưu và thông qua quãng đường dài nhất và thẳng nếu tất cả các khớp của chi dưới, thân mình và cánh tay đẩy duỗi dần từ tư thế khởi phát đến thời điểm tạ rời khỏi tay đẩy (các góc của khớp gối và hông tăng 15 - 20° từ giai đoạn này đến giai đoạn kia. Lực cuối cùng tác dụng bởi hai chân cần phải hướng lên trên, trong khi đó các phân đoạn thực hiện đẩy tạ đi phải hướng ra phía trước (nghĩa là: "chân đẩy lên trên, cánh tay đẩy ra trước").

Điều quan trọng cần phải lưu ý là, một mặt, tư thế đặt chân hẹp giúp giảm mômen quán tính của cơ thể khi thực hiện động tác quay; mặt khác, tư thế đặt bàn chân rộng sẽ kéo dài quãng đường tăng tốc cuối cùng và cho phép chân trái thực hiện tốt hơn việc hãm phanh. Không giống như trong kỹ thuật bước trượt, cách đặt bàn chân rộng trong kỹ thuật quay vòng gây khó khăn hơn cho hoạt động của chân trong giai đoạn ra sức cuối cùng.

Điểm đặt bàn chân trái là ở bên trái của chân phải khoảng 0,15 - 0,20 m hoặc 0,20 - 0,35 m (Lanka, 1996) ở bên trái của bàn chân phải. Khoảng cách này phụ thuộc vào kỹ thuật ra sức cuối cùng. Nếu chú trọng vào hành động quay trong lúc ra sức cuối cùng thì bàn chân này phải dịch chuyển nhiều hơn sang bên trái.

Một trong những nhiệm vụ chủ yếu của vận động viên đẩy tạ khi bắt đầu ra sức cuối cùng là tăng thêm gia tốc cho hệ truyền lực vận động viên + tạ theo hướng đẩy mà không để mất tốc độ theo phương nằm ngang. Vấn đề nảy sinh là chân trái sẽ phải chạm mặt đất vào lúc nào (thời gian ở giữa của giai đoạn hoặc vào lúc chuyển tiếp), và chân trái sẽ phải làm gì sau khi chân phải chạm đất.

Việc giải quyết vấn đề thời gian của giai đoạn bắt đầu ra sức cuối cùng liên quan đến vai trò của chân trái và chân phải trong phần tăng tốc cuối cùng của hệ truyền lực – vận động viên + tạ. Trái ngược với lý thuyết về kỹ thuật đẩy tạ đã trở thành phổ biến trước đây, theo đó chân phải đóng vai trò chính trong việc làm tăng

vận tốc chuyển động của vận động viên và tạ, ngày nay, nhiều tác giả tin rằng, sự gia tăng vận tốc của tạ, đặc biệt là thành phần theo phương nằm ngang của nó, phụ thuộc nhiều vào hành động của chân trái hơn là vào hành động của chân phải.

Các lực phản từ mặt đất

Người ta thường sử dụng thiết bị có dạng mặt phẳng để đo độ lớn và hướng của các phản lực từ mặt đất, lực này bằng về độ lớn và ngược với hướng tác dụng vào mặt đất bởi các vận động viên.

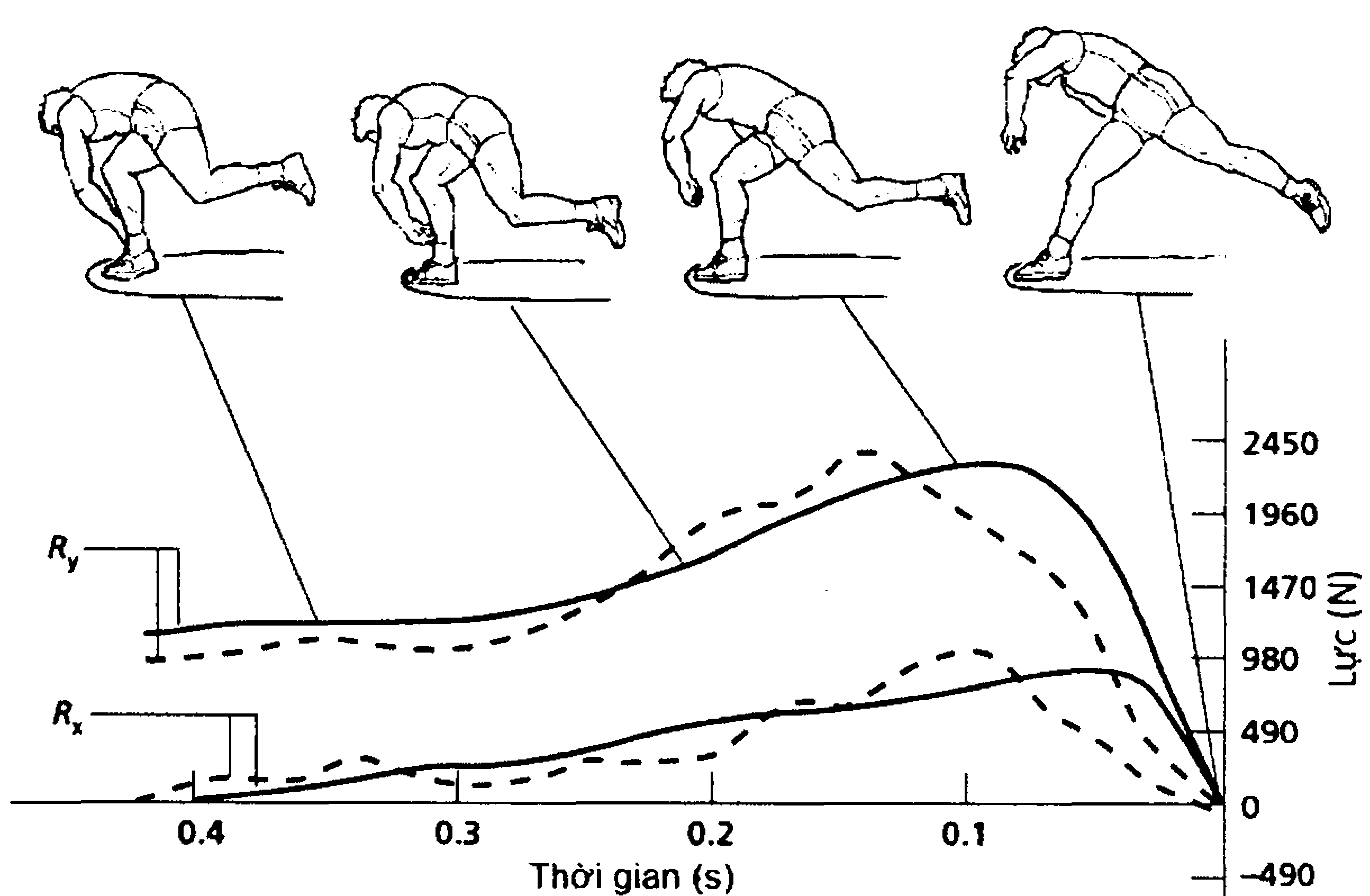
Giai đoạn khởi đầu.

Sự tác động của VĐV lên điểm tựa trong giai đoạn khởi đầu là điều phải quan tâm, bởi vì sự dịch chuyển trọng tâm của hệ truyền lực phụ thuộc vào hướng, độ lớn và thời gian tác dụng của các phản lực từ mặt đất.

Các thành phần theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang của phản lực từ mặt đất tác dụng lên chân phải trong giai đoạn khởi đầu được đặc trưng bởi giá trị tăng dần đến tối đa sau đó giảm mạnh tới không (Hình 7.67). Sự tăng dần nhiều hơn kết hợp với sự giảm mạnh về lực là đặc trưng ở những vận động viên đẩy tạ hàng đầu thế giới. Đối với người kỹ thuật kém, đường cong biểu thị diễn biến của lực có dạng làn sóng, phản ánh sự phối hợp thiếu đồng bộ giữa các hành động của chân trái và chân phải.

Người ta đã xác định được mối tương quan giữa thời gian tác dụng lực của chân phải trong giai đoạn khởi đầu trước khi trượt đà và cự ly đẩy. Nói cách khác, sự tăng tốc độ ban đầu chậm hơn chút ít là đặc điểm nổi bật ở những vận động viên đẩy tạ trình độ cao, trong khi sự gia tăng nhanh chóng các thành phần theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang có tác động tiêu cực đến hành động tiếp theo của vận động viên. Độ lớn của các thành phần lực theo phương thẳng đứng bằng hai lần trọng lượng cơ thể vận động viên.

Theo các số liệu nghiên cứu đã được công bố, lực tác dụng theo phương nằm ngang đạt 647 ± 240 N và có mối tương quan dương với thành tích. Marhold (1970) cũng có những kết luận tương tự, ông đã nhận thấy rằng thành tích được cải thiện có mối liên quan với sự giảm góc độ giữa vector lực hiệu dụng và lực tác dụng theo phương nằm ngang. Góc này càng lớn, thì lực tác dụng trong quá trình tăng tốc lên phía trên lúc khởi đầu càng lớn và bước trượt đà sẽ càng cao. Giai đoạn khởi đầu theo dạng này là không có hiệu quả và là đặc điểm nổi bật thường thấy ở những người mới tập.

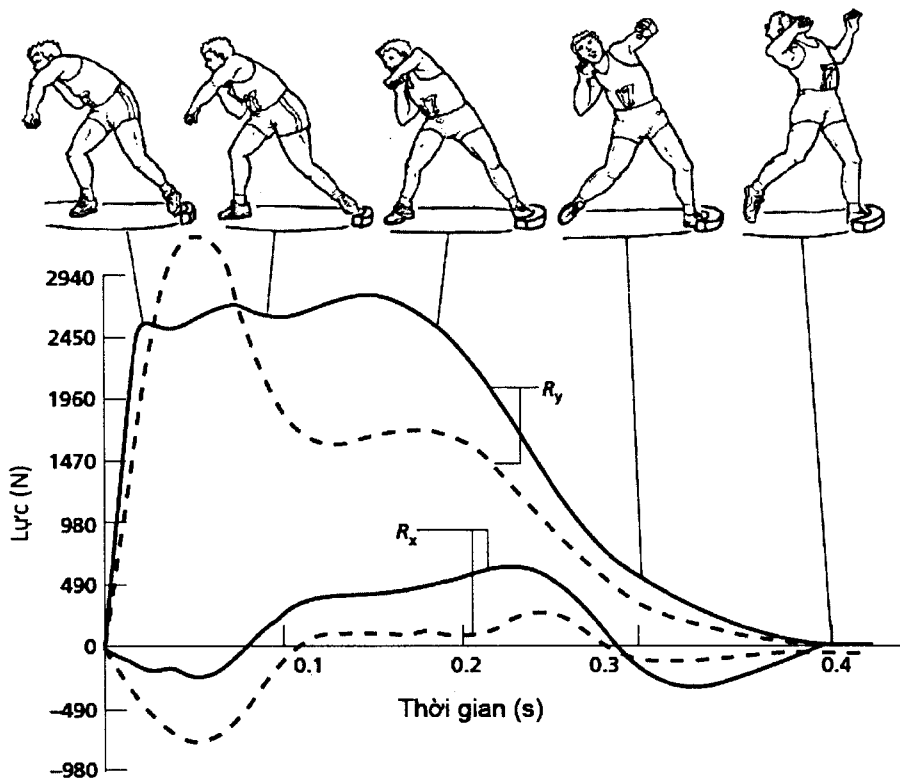


Hình 7.67. Các thành phần phản lực từ mặt đất - ngang (R_x) và dọc (R_y) tác dụng lên chân phải trong giai đoạn khởi đầu động tác đẩy. Đường nét liền là thành tích của vận động viên cấp cao (19,60 m) và đường nét đứt là thành tích của vận động viên kỹ thuật kém (13,50 m) (Lanka & Shalmanov, 1982)

Tăng tốc ra sức cuối cùng

Kết quả thu được trong việc xác định các thành phần của phản lực theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang từ mặt đất tác dụng lên chân phải cho thấy chúng khá phức tạp, các đường cong nhô với thời gian và độ lớn khác nhau ở các vận động viên trình độ kỹ thuật khác nhau (Hình 7.68) (Zatsiorsky và cộng sự, 1981). Thành phần thẳng đứng của lực có hai đỉnh, sau đó giảm dần cường độ cho đến khi bàn chân rời khỏi mặt đất. Gần thời điểm bắt đầu tiếp xúc với mặt đất của bàn chân, lực theo phương thẳng đứng là rất cao, ở một vài vận động viên là 3-4 lần trọng lượng cơ thể.

Độ lớn của đỉnh thứ nhất liên quan trực tiếp với kỹ thuật trượt đà và động tác tiếp sau của chân phải. Bàn chân phải chạm đất nhanh và mạnh là đặc trưng cơ bản ở các vận động viên đẩy tạ trình độ cao, điều này ảnh hưởng đến cách thức mà qua đó thành phần lực tác dụng theo phương thẳng đứng sẽ thay đổi. Độ dốc ban đầu của đường biểu diễn lực - thời gian ở những vận động viên trình độ cao dốc hơn so với ở những vận động viên không có kỹ thuật tốt. Điều này dẫn đến kết luận rằng tỷ lệ gia tăng lực theo phương thẳng đứng phản ánh trình độ kỹ xảo của vận động viên đến một mức độ lớn hơn so với lực tác dụng tối đa.



Hình 7.68. Các thành phần phản lực ngang (R_x) và dọc (R_y) tác dụng lên chân phải trong giai đoạn ra sức cuối cùng. Đường liền nét là thành tích 19,6m của một vận động viên hàng đầu, đường nét đứt là thành tích 13,5m của người thường (theo Lanka và Shalmanov -1982)

Vận động viên kỹ thuật kém có thể chia ra hai nhóm theo cách đặt chân của họ. Nhóm một - nhóm các vận động viên đặt chân sau bước trượt đà ở tầm cao, và kết quả là lực tối đa theo phương thẳng đứng của họ là rất lớn. Nhóm hai - nhóm vận động viên có đặc điểm nổi bật là đặt nhẹ chân phải sau đó nhanh chóng chuyển trọng lượng cơ thể lên chân trái.

Sau đỉnh cao đầu tiên, lực theo phương thẳng đứng giảm đến mức tối thiểu tương đối và sau đó bắt đầu tăng trở lại. Với sự tiến bộ về kỹ thuật, độ lớn của mức tối thiểu tương đối này sẽ tăng lên và độ lớn của đỉnh cao thứ hai cũng tăng, vượt quá trọng lượng cơ thể của vận động viên khoảng 65 - 75%. Đỉnh thứ hai xuất hiện gần như trùng khớp với thời điểm bắt đầu duỗi gối phải. Thành phần phản lực theo phương nằm ngang của mặt đất (trên đường đẩy tạ) tác dụng lên chân phải thay đổi hướng ba lần.

Khi chân phải chạm đất sau bước trượt đà, phản lực hướng ra phía sau của vòng đẩy tạ (được xem như sự lệch hướng tiêu cực). Sau đó, thay đổi hướng (tức là

hướng tới phía trước của vòng đẩy tạ), tạo điều kiện thuận lợi cho sự chuyển động theo hướng đẩy. Cuối cùng, ngay trước khi chân phải rời khỏi mặt đất, thành phần này một lần nữa đảo ngược hướng.

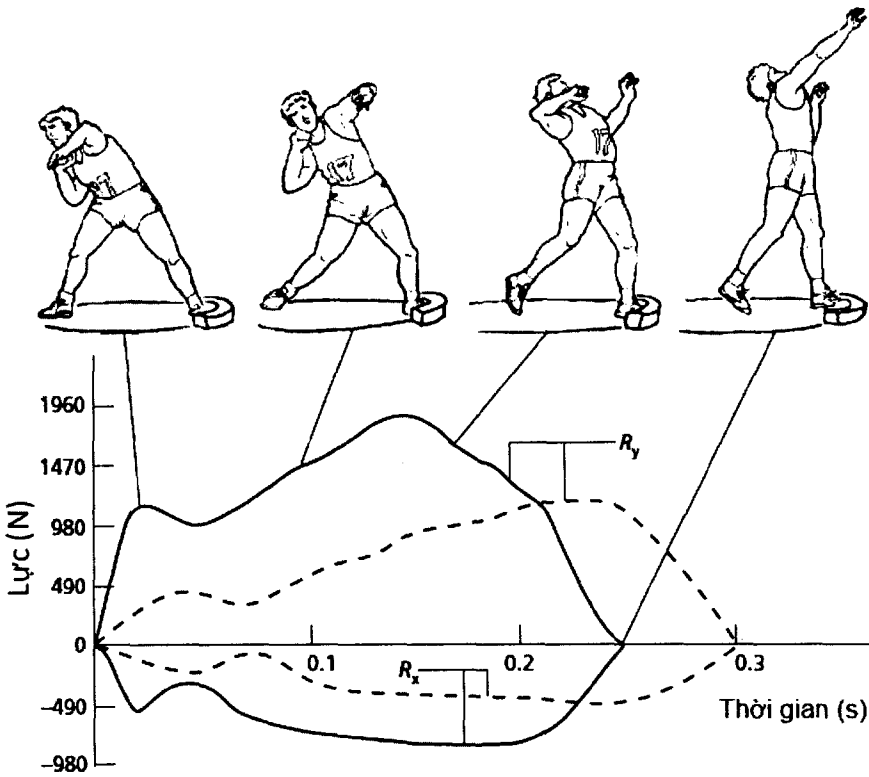
Giá trị tối đa và thời gian phân khởi đầu (hướng ra sau) diễn biến của phản lực từ mặt đất theo phương nằm ngang, tương ứng với thời điểm đặt chân phải, sẽ giảm cùng với tiến bộ về kỹ thuật. Ở một số vận động viên, lực này đạt 700 - 800 N (có nghĩa là giá trị 436 ± 146 N), dẫn đến làm giảm đáng kể tốc độ di chuyển ngang. Do phản lực từ mặt đất theo phương nằm ngang ra sau gây cản trở sự di chuyển cắt ngang qua vòng đẩy tạ nên lực này không phát huy hiệu quả.

Phản lực từ mặt đất lên chân phải theo phương nằm ngang tích cực tác dụng theo hướng đẩy và làm tăng tốc độ dịch chuyển của vận động viên trong vòng đẩy tạ. Giá trị tối đa của lực tăng lên cùng với sự cải thiện kỹ thuật và đạt 500 - 600 N ở những vận động viên đỉnh cao ($r = 0,60$; $n = 50$). Lực này có mối tương quan âm ($r = 0,50$; $n = 50$) với lực tối đa hướng ra sau đã đề cập đến ở trên. Ở một số vận động viên, cái được gọi là lực "chặn lại" này lên đến 700 - 800 N sẽ dẫn đến giảm đáng kể tốc độ ngang. Do vậy, những vận động viên mà vận tốc di chuyển của họ không bị trở ngại sau khi thực hiện bước trượt đà sẽ phát triển các giá trị lực cao hơn, thúc đẩy sự tăng tốc của toàn bộ hệ truyền lực.

Khi hoàn tất động tác duỗi của hai chân, khoảng 70 - 80 ms trước khi chân phải rời khỏi mặt đất và khi lực theo phương thẳng đứng vẫn còn 400 - 600N, lực nằm ngang trở nên tiêu cực và đạt 200 - 300N ở những vận động viên hàng đầu. Giữa các lực này và thành tích đẩy tạ có mối tương quan dương. Lực này phát triển do thực hiện động tác trượt đà của chân phải trên mặt đất từ giữa của vòng đẩy tạ đến bực chẵn. Lực được tạo ra do vận động viên luôn luôn duy trì sự tiếp xúc với mặt đất trong khi di chuyển về phía trước, và giảm tốc độ chuyển động của hai chân khi thực hiện bước trượt.

Các thành phần theo phương thẳng đứng và phương nằm ngang của lực được sản sinh bởi chân trái chống đẩy xuống mặt đất cũng có dạng đường cong khá phức tạp (Hình 7.69). Ở tất cả các vận động viên, các thành phần theo phương nằm ngang tác dụng sang phía bên có liên quan với hướng đẩy và cũng làm giảm sự chuyển động về phía trước của vận động viên. Nói cách khác, trong suốt phần tác dụng cuối cùng của lực, chân trái sẽ kìm hãm sự di chuyển về phía trước và hỗ trợ cho việc nâng cao trọng tâm của hệ truyền lực. Đường biểu diễn về lực ở các vận động viên đẩy tạ hàng đầu được đặc trưng bởi các lực phát triển cao và các độ dốc đường cong lực theo phương thẳng đứng và nằm ngang lớn, cũng như ít bị giảm sút về lực trong giai đoạn hoãn xung (co gối trái sau khi tiếp đất). Giữa lực theo phương nằm ngang

và thành tích đẩy tạ có mối tương quan dương. Xung lượng của lực (xung lượng khi “hãm dừng”) được tạo ra bởi chân trái sẽ lớn hơn so với ở chân phải.



Hình 7.69. Các thành phần lực phản xạ ngang (R_x) và dọc (R_y) tác dụng lên chân trái trong giai đoạn ra sức cuối cùng. Đường liền nét là thành tích 19,6m của một vận động viên hàng đầu, đường gãy nét là thành tích 13,5m của người thường (Lanka và Shalmanov, 1982)

Với sự tiến bộ về kỹ thuật, chân phải sẽ sản sinh ra lực tối đa, trong khi lực tiêu cực bị tác động bởi sự giảm tốc độ chân trái. Nghĩa là hiệu quả của chân phải được xác định bởi tính tích cực của chân trái. Nếu không, nó có thể diễn ra theo thứ tự là khi chân phải làm tăng tốc hệ truyền lực theo hướng đẩy tạ, chân trái sẽ làm giảm tốc độ này và lực tích cực theo phương nằm ngang tối đa được sản sinh bởi chân phải có thể trùng hợp về thời gian với lực tối đa tiêu cực theo phương nằm ngang được tạo ra bởi chân trái. Chuyển động tiến theo hướng tạ ra tay sẽ bị chậm và tạ được đẩy đi theo kiểu một đường trượt (chạy lên trên) sẽ thực sự trở thành một cú đẩy từ tư thế đứng.

Vì vậy, điều quan trọng là xác định chân trái phải được đặt vào mặt đất khi nào và phải được đặt theo cách nào (tích cực, thụ động, với động tác hướng ra trước - xuống dưới hoặc dờ dẫm xuống dưới, nhẹ nhàng hay mạnh mẽ) và phải làm gì sau

khi đã chạm đất. Có thể khẳng định rằng, mỗi vận động viên có một thời gian duy nhất ở giai đoạn chuyển đổi và một mô hình phối hợp tối ưu cho hoạt động của chân trái và chân phải.

Các thực nghiệm về phân lực từ mặt đất trong giai đoạn ra sức cuối cùng trong kỹ thuật lung hương ném và vai hương ném cho thấy mô hình tương tự như nhau. Những dữ liệu này cho thấy rằng kỹ thuật lung hương ném được đặc trưng bởi thành phần theo phương thẳng đứng của các phân lực mặt đất lớn hơn và độ dốc cao hơn trong các lực.

Các kết quả thử nghiệm cho thấy, các vận động viên hàng đầu có chung một mô hình về sự tương tác giữa bàn chân và mặt đất. Nhiệm vụ của chân phải khi bắt đầu ra sức cuối cùng là để thúc đẩy hệ truyền lực - vận động viên + tạ theo hương đẩy. Sau đó, gia tốc được cung cấp bởi chân phải giảm tốc và thành phần phân lực từ mặt đất theo phương nằm ngang hương ra phía sau vòng đẩy tạ, gây trở ngại cho sự chuyển động của vận động viên trên phía trước vòng đẩy tạ. Cử động gây cản trở của chân phải trùng với thời gian bắt đầu tác dụng lực lên mặt đất của chân trái. Khi cử động của chân trái tự nhiên bị chậm lại thì các phân đoạn phía dưới của cơ thể thậm chí còn bị chậm hơn nhiều.

Như vậy, trong giai đoạn tăng tốc cuối cùng, chân phải có một nhiệm vụ kép. Đầu tiên, nó làm tăng tốc độ hệ truyền lực - vận động viên + tạ và sau đó, cùng với chân trái, nó làm giảm tốc độ chuyển động của chi dưới, do đó làm tăng tốc độ của phần trên cơ thể và tăng vận tốc của tạ.

7.11. Vật

Vật thể thao bao gồm các thể và các tư thế cố định của cơ thể (các thể đứng - bên phải, bên trái, nằm ngang, cao, thấp; cầu vòng, nửa cầu vòng; tư thế cầm nắm; các tư thế ngồi; các tư thế nguy hiểm) và hệ thống các thủ pháp (các động tác tấn công, phòng thủ, phản công, khóa, quật, đè, ghi, vượt lên trước). Môn vật được tiến hành ở tư thế đứng và chống quỳ.

Tất cả những động tác kỹ thuật cơ bản về mặt quy ước được phân chia thành các lớp (các thủ pháp đứng hoặc chống quỳ), các lớp nhỏ (các động tác quăng, quật, lật, làm ngã, khóa, thoát lên trên, các thủ pháp làm đau, xiết cổ); các nhóm (các động tác của người tấn công khi dùng các miếng đánh quăng, quật, làm ngã, lật, các thủ pháp làm đau, xiết cổ); các nhóm nhỏ (các yếu lĩnh của các thủ pháp).

Khi thực hiện các tư thế đứng khác nhau, khi làm động tác cầu vòng, tư thế nằm hoặc ngồi, vận động viên vật thường thường phải quan tâm đến việc duy trì hoặc thay đổi trạng thái cân bằng của cơ thể mình và cơ thể đối thủ. Vì thế, muốn thực hiện bất cứ tư thế cố định nào, vận động viên vật cần phải đảm bảo những điều

kiện sinh – cơ học tác động tương hỗ của cơ thể mình với môi trường (với điểm tỳ - thăm vật, với đối thủ) mà trong đó vectơ và mômen chính (có nghĩa là các tổng hình học của các ngoại lực tác động lên vật thể) đều bằng 0.

Như đã rõ, có ba dạng cân bằng của vật thể là cân bằng bền, cân bằng không bền và cân bằng phiếm định. Thực tế chỉ ra rằng trong thời gian vật, vận động viên hầu như không khi nào sử dụng các tư thế cân bằng phiếm định. Phổ biến nhất là cân bằng ở tư thế không bền vững, tương đối hiếm khi ở tư thế bền vững. Tất cả điều đó đòi hỏi những nỗ lực cơ bắp lớn và sự tiêu hao nhiều năng lượng dự trữ của cơ thể. Ngoài ra, sự căng của hệ thống cơ bắp của vận động viên càng lớn thì họ phải giữ tư thế càng không bền vững trong các tư thế vật cố định khác nhau.

Tiêu chí sinh – cơ học về độ bền vững của cơ thể vận động viên vật là vị trí điểm đặt trọng tâm chung của cơ thể. Bất kỳ những biến đổi thậm chí là tương đối nhỏ của tư thế đứng hoặc các tư thế của cơ thể vận động viên vật đều dẫn tới sự thay đổi vị trí điểm đặt trọng tâm chung của cơ thể đối với chân đế. Vận động viên vật có thể thực hiện tư thế bền vững nhất khi mà trọng tâm chung của cơ thể nằm ở vị trí gần chân đế nhất, cụ thể là trọng tâm chung của cơ thể của vận động viên chiếm được vị trí gần nhất đối với chân đế khi thực hiện được tư thế đứng thấp, cơ hai chân ở các khớp hông đùi và các khớp gối, thân người ngả về phía trước hai tay không giơ cao.

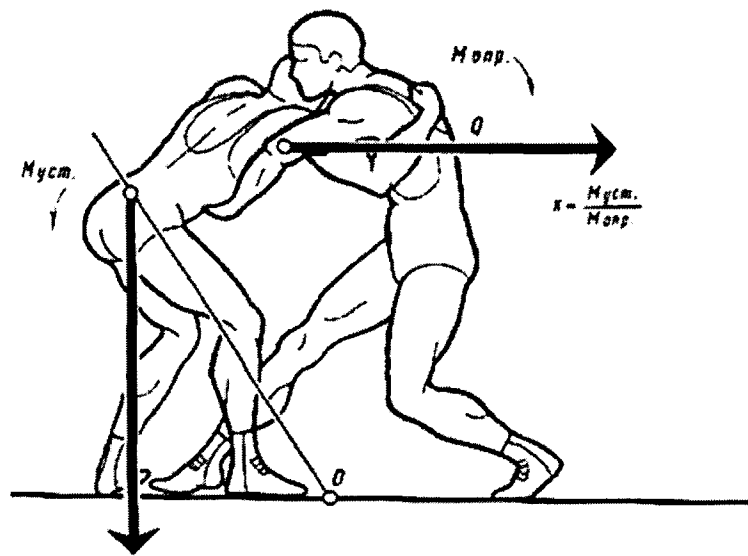
Tuy nhiên điểm đặt của trọng tâm chung của cơ thể không hoàn toàn quyết định độ bền vững của cơ thể vận động viên vật. Một tiêu chí không kém phần quan trọng về độ bền vững là độ lớn của diện tích chân đế của cơ thể. Diện tích chân đế của cơ thể - được hiểu là phần diện tích bề mặt của thăm vật bao bọc tất cả các diện tích tiếp xúc của cơ thể vận động viên với thăm vật. Cấp độ bền vững của cơ thể vận động viên tỉ lệ thuận với diện tích chân đế của cơ thể vận động viên. Do vậy vận động viên vật cần phải cố gắng tăng diện tích chân đế và giảm độ cao của điểm đặt trọng tâm chung của cơ thể đối với nó.

Tiêu chí tiếp theo về độ bền vững được gọi là đường dọi trọng tâm của cơ thể vận động viên (đường thẳng từ trọng tâm chung của cơ thể vuông góc với mặt đất). Để giữ được thăng bằng của cơ thể, vận động viên cần phải làm sao cho vạch trọng tâm không ra khỏi diện tích chân đế. Trong trường hợp ngược lại vận động viên sẽ bị mất thăng bằng. Vạch trọng tâm đi qua càng gần với tâm của diện tích chân đế bao nhiêu thì cơ thể vận động viên vật càng bền vững bấy nhiêu.*

Để đánh giá khách quan hơn về cấp độ bền vững cần phải tính đến cả độ lớn của góc bền vững của cơ thể vận động viên (góc được tạo bởi đường tác động của

* Xem thêm mục “*Sự thăng bằng của cơ thể*”; trang 336

trọng lực và đường thẳng từ trọng tâm chung của cơ thể tới điểm bất kỳ giới hạn diện tích chân đế). Độ lớn của góc bền vững không chỉ phụ thuộc vào độ lớn của diện tích chân đế của cơ thể vận động viên vật mà còn phụ thuộc vào độ cao của điểm đặt trọng tâm chung của cơ thể đối với diện tích của chân đế. Cơ thể với cùng một diện tích chân đế như nhau góc bền vững của cơ thể vận động viên vật sẽ lớn hơn (nhỏ hơn) khi trọng tâm chung của cơ thể được đặt gần hơn với bề mặt chân đế và ngược lại. Khi thực hiện tư thế đứng này hay tư thế đứng khác hoặc một tư thế cố định, vận động viên vật cần phải điều chỉnh độ lớn của các góc bền vững của cơ thể của mình. Tốc độ thay đổi các góc bền vững phụ thuộc vào những điều kiện cụ thể khi giải quyết những nhiệm vụ vận động và cho phép một vận động viên có kinh nghiệm kịp thời thực hiện được tư thế bền vững nhất đối với thảm vật, với cơ thể của đối thủ ...



Để giữ thăng bằng, vận động viên vật cần phải làm sao cho mômen bền vững tương ứng của anh ta lớn hơn so với mômen lật đổ. Điều đó có thể đạt được nếu thực hiện được một tư thế phù hợp, tăng được diện tích chân đế và làm cho trọng tâm chung của cơ thể tiến gần tới nó; làm cho nhiều nhóm cơ co lại (Hình 7.70).

Hình 7.70. Độ bền vững động lực và tĩnh lực của hệ thống cơ thể

Mối quan hệ của mômen bền vững đối với mômen đổ ngã được gọi là hệ số bền vững K:

$$K = M_{bv} / M_{bd}$$

Với $K > 1$ cơ thể giữ được thăng bằng; $K = 1$ – cơ thể ở tư thế cân bằng nhỏ nhất; $K < 1$ cơ thể bị mất thăng bằng.

Sự cân bằng của các đoạn cơ thể vận động viên vật cũng được nghiên cứu theo cách tương tự. Ở bất kỳ tư thế đứng nào, các phân đoạn của cơ thể vận động viên

cũng giữ một tư thế mà trong đó các trọng lực của chúng tạo ra các mômen quay đối với các khớp tương ứng. Để giữ được thăng bằng của phân đoạn này hay phân đoạn khác của cơ thể, vận động viên buộc phải cân bằng những mômen đó nhờ các mômen lực kéo của các cơ tương ứng. Theo quan điểm cơ học, những phân đoạn cứng của cơ thể vận động viên có thể hình dung dưới dạng các tay đòn xương. Do vậy cả những điều kiện giữ thăng bằng của chúng cũng có thể được coi là sự cân bằng của các tay đòn chịu tác động của các lực cơ và trọng lực. Sau khi thực hiện tư thế có lợi nhất của hai vai thuộc tay đòn xương này hay tay đòn xương khác, vận động viên vật có thể không chỉ giữ được thăng bằng của cơ thể mình hoặc của một phân đoạn riêng biệt mà còn tạo ra một sức mạnh lớn hoặc tốc độ chuyển động lớn.

Trong khi vận động viên thực hiện các động tác mà không thay đổi vị trí trên xới vật, trọng tâm chung của cơ thể có thể di chuyển trên mặt phẳng nằm ngang (song song với mặt phẳng của xới vật) và theo trục thẳng đứng (lên trên – xuống dưới). Trong trường hợp này, hình chiếu của trọng tâm chung của cơ thể đối với diện tích chân đế của vận động viên vật được di chuyển đồng thời theo hai trục tạo ra nguy cơ mất thăng bằng của cơ thể. Muốn tránh được điều đó, vận động viên vật buộc phải thực hiện các động tác đền bù có nghĩa là hỗ trợ hoặc đi kèm với động tác di chuyển chủ yếu nhằm giữ được cân bằng cho cơ thể. Thường thường những động tác này được thực hiện trong điều kiện diện tích chân đế nhỏ khi làm động tác khóa đối thủ, khi làm động tác tự vệ, khi bốc đối thủ khỏi thảm vật và trong những trường hợp khác. Những động tác đó thường đòi hỏi các vận động viên vật sự căng lớn ở nhiều nhóm cơ.

Nguyên lý cơ học của những động tác đền bù là những quy luật thể hiện tác động của định luật động lực học thứ 3 mà theo đó, khi có sự tác động tương hỗ của cơ thể vận động viên với điểm tựa – xới vật, với cơ thể của đối thủ và bên trong của chính cơ thể đối thủ giữa các trọng lượng của từng bộ phận của nó tác động lực bao giờ cũng tạo ra một lực đối kháng có độ lớn như nhau và ngược chiều nhau. Các động tác đền bù tạo ra sự cân bằng mang tính đặc thù giữa các lực tác động tương hỗ (các lực tác động và các lực đối kháng) mà nhờ nó trọng tâm chung của cơ thể vận động viên vật không vượt ra khỏi khuôn khổ giới hạn diện tích chân đế của nó và vận động viên có thể giữ được sự cân bằng. Một điều đặc biệt là khi thực hiện những động tác đền bù, lượng vận động lớn nhất tác động đều lên các khớp và các nhóm cơ của vận động viên mà trong trường hợp cụ thể đó có vị trí gần và xa với chân đế. Ví dụ, trong khi vật ở tư thế đứng, lượng vận động lớn nhất tác động lên các khớp của bàn chân và khớp gối (tất nhiên là cũng tác động tới các cơ bàn chân, căng chân và đùi).

Áp lực đối với điểm tựa có độ lớn bằng trọng lượng của cơ thể vận động viên vật nếu anh ta ở tư thế đứng bất kỳ trong trạng thái tương đối bất động. Khi vận động viên bắt đầu di chuyển đột ngột trọng tâm chung cơ thể của mình xuống phía dưới và chuyển động với một gia tốc ví dụ như khi tiến hành một số động tác tấn công, các lực quán tính của trọng lượng của từng mắt xích của cơ thể vận động viên sẽ tác động sang bên – lên trên. Trong trường hợp này áp lực của cơ thể vận động viên vật đối với điểm tựa sẽ nhỏ hơn trọng lượng của anh ta (với một đơn vị tương ứng với lực quán tính của các mắt xích cơ thể). Lực tác động ngược chiều đối với điểm tựa được tạo ra bởi vận động viên vật làm cho trọng tâm chung của cơ thể di chuyển lên phía trên, ví dụ, khi duỗi nhanh các khớp gối, hông đùi và các khớp khác trong thời gian đứng dậy đột ngột, giậm nhảy lên phía trên, nâng đối thủ trong thời gian quăng quật... Trong những điều kiện như vậy, áp lực của cơ thể vận động viên vật với điểm tựa có độ lớn bằng trọng lượng cơ thể cộng với lực quán tính của các bộ phận cơ thể mà lại tác động về phía ngược chiều với chuyển động của toàn bộ cơ thể. Khi trọng tâm chung của cơ thể chuyển động đều theo trục thẳng đứng, áp lực của vận động viên với điểm tựa có độ lớn bằng trọng lượng cơ thể của anh ta. Tuy nhiên trong thực tế, chuyển động đều của trọng tâm chung của cơ thể vận động viên trong môn vật thường không xảy ra. Những quy luật sinh – cơ học đó có thể được kiểm tra bằng cân y học thông thường: ở tư thế đứng cân y học sẽ chỉ ra trọng lượng của vận động viên vật; trong thời gian đứng dậy đột ngột trọng lượng của vận động viên vật sẽ tăng lên.

Trong khi thực hiện các động tác kỹ thuật có liên quan tới những di chuyển tích cực với biên độ rộng của toàn bộ cơ thể của mình và của cơ thể đối thủ trong không gian, mỗi một vận động viên vật cần phải nắm vững những quy luật sinh – cơ học nhất định cho phép anh ta sử dụng một cách hiệu quả nhất những khả năng cá nhân và nhiều yếu tố bên ngoài của mình. Những nhân tố bên ngoài trước hết bao gồm những ngoại lực tác động lên cơ thể vận động viên (các trọng lực, lực phản của điểm tựa, lực quán tính, lực cản của đối thủ...). Môn vật tích cực có thể được tiến hành chỉ trong trường hợp khi vận động viên nhờ những nội lực của mình (các lực của các cơ của bản thân) có thể thắng được các lực cản – các ngoại lực.

Nhiều đặc điểm kỹ thuật của môn vật được xác định bởi khả năng của vận động viên nắm vững tương đối sâu những quy luật sinh – cơ học của các động tác mà chính là nguyên lý của định luật động lực học thứ nhất (định luật quán tính).

Sử dụng các lực quán tính một cách có hiệu quả chính là việc đạt được ưu thế lớn trong môn vật khi tiến hành các động tác quăng quật, các động tác giả, các động tác lật, các động tác làm ngã. Việc tiến hành có hiệu quả động tác quật đối thủ có

trọng lượng tương đương chỉ có thể thực hiện bằng cách sử dụng quán tính chuyển động của cơ thể anh ta. Sau khi tạo cho cơ thể của đối thủ một gia tốc ban đầu lớn, vận động viên tiếp tục đảm bảo chuyển động của nó theo lực quán tính kết hợp điều chỉnh hướng của chuyển động. Trong các động tác giả, vận động viên, bằng động tác đánh lừa gây ra phản ứng đáp lại của đối thủ mà dồn tất cả trọng lượng cơ thể của mình vào chuyển động theo một hướng nhất định. Vào thời điểm này cơ thể của anh ta đã đạt được một tốc độ chuyển động lớn, để thay đổi hướng chuyển động đòi hỏi phải có nhiều thời gian và những nỗ lực thường là quá sức (và đôi khi là không thể đối với vận động viên). Bằng một động tác nhanh và khéo léo, bằng sự lựa chọn đúng vị trí tác động của các lực của bản thân lên cơ thể của đối thủ, vận động viên tấn công làm tăng tốc độ của chuyển động đã không còn được điều khiển bởi đối thủ bị đánh lừa lên tới mức làm cho đối thủ bị mất thăng bằng.

Đôi khi vận động viên tấn công sử dụng tốt quán tính chuyển động của đối thủ khi vật ở tư thế đứng, khi thực hiện các động tác gạt chân, gài khóa, ôm vòng... Trong khi đối thủ muốn hay không muốn di chuyển nhanh trên mặt phẳng xói vật, vận động viên tấn công bằng một động tác mạnh đột ngột ghi chặt chân của đối thủ. Trong khi đó thân người của vận động viên vật tiếp tục chuyển động theo quán tính, vận động viên tấn công không thể thực hiện các động tác đền bù làm cho cơ thể mất thăng bằng.

Mối quan hệ về khối lượng giữa các lực tác động lên cơ thể vận động viên và sự thay đổi các động tác của anh ta được xác định bởi định luật động lực học thứ hai mà theo đó sự thay đổi của chuyển động (gia tốc a) tỷ lệ thuận với lực tác động F và tỷ lệ nghịch với trọng lượng của cơ thể m : $a = F/m$

Do đó, vận động viên vật để tạo ra gia tốc chuyển động của cơ thể mình hoặc cơ thể đối thủ cần phải tác động một lực lớn. Tuy nhiên hiệu quả cuối cùng của chuyển động cũng sẽ phụ thuộc vào trọng lượng của cơ thể mà lực tác động của vận động viên đặt lên đó.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VII

1. Phân tích tóm tắt sinh cơ học của hoạt động đi bộ?
2. Phân tích tóm tắt sinh cơ học của kỹ thuật chạy?
3. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật nhảy cao qua các nội dung: góc tiếp cận nhảy, chạy đà, độ nghiêng thân, động tác của tay và chân, mômen quay?
4. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật nhảy xa?

5. Phân tích sinh cơ học các kỹ thuật bóng chuyền qua các nội dung: di chuyển, nhận bóng, đập bóng, chắn bóng?

6. Phân tích sinh cơ học các kỹ thuật bóng rổ qua các nội dung: di chuyển, đứng, đi, chạy, nhảy, dừng, khống chế bóng, dẫn và ném bóng vào rổ?

7. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật bóng ném?

8. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật bóng đá?

9. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật chung trong bơi lội qua việc phân tích các lực cản và lực đẩy?

10. Phân tích sinh cơ học kỹ thuật môn đẩy tạ?

11. Phân tích sinh cơ học các kỹ thuật trong môn vật?

CHƯƠNG 8

PHÂN TÍCH SINH CƠ HỌC MỘT SỐ ĐỘNG TÁC TRONG THỂ THAO

8.1. Các động tác đánh, đá, đập, ném bóng

Các hoạt động đánh, đá, đập, ném có ở nhiều môn thể thao. Trong kỹ thuật thực hiện những động tác này, phân đoạn ở xa, chẳng hạn như bàn chân trong động tác đá, bàn tay trong động tác đánh, hoặc chiếc vợt hay cây gậy tương tác với một quả bóng hoặc một dụng cụ nào đó.

Trong thể thao, người ta liên tục tìm mọi cách để nâng cao hiệu suất thực hiện những động tác này, sao cho vận động viên có thể đánh bóng đi nhanh hơn, mạnh hơn mà vẫn kiểm soát được đường bóng.

Chương này đề cập đến việc nghiên cứu sinh cơ học, cố gắng xác định các yếu tố không thể thiếu, tạo nên thành công trong việc thực hiện các động tác ở dạng này. Qua đó có thể xây dựng cấu trúc tối ưu của kỹ thuật động tác, giảm thiểu nguy cơ chấn thương, xây dựng các chương trình phục hồi chức năng tốt hơn.

Các động tác đánh (đánh bóng) được xem xét ở chương này thuộc các môn thể thao Olympic như: tennis, hockey, bóng chày, cầu lông, boxing và bóng chuyên; còn môn bóng đá là đối tượng để tìm hiểu động tác đá. Để tránh lặp lại, chương này sẽ kết hợp phân tích các giai đoạn: chuẩn bị, lẳng ra sau, lẳng ra trước và vút theo hướng đi của bóng trong các kỹ thuật động tác đánh hoặc đá.

8.1.1. Chuẩn bị thực hiện động tác

Nói chung, kỹ thuật và ý nghĩa của phần chuẩn bị khi thực hiện những động tác này vẫn chưa được tìm hiểu và nhận thức một cách đầy đủ, vì vậy chúng hiếm khi được các vận động viên thực hiện. Việc thực hiện động tác chân sao cho hiệu quả và di chuyển được nhanh hơn tới quả bóng chưa bao giờ được xem xét một cách đầy đủ. Vậy thì những yếu tố nào là mấu chốt giúp cho vận động viên phản ứng, và hành động một cách thích hợp trước những tình huống cụ thể, nhanh chóng di chuyển vào vị trí và chuẩn bị để tác động đến đối tượng bằng dụng cụ (vợt, gậy), chân, tay hoặc đầu?

Trạng thái giảm tải

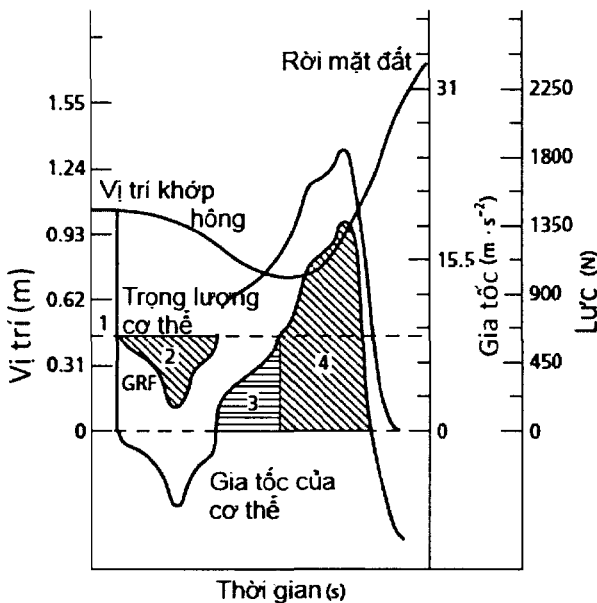
Có lẽ một trong những khía cạnh quan trọng nhất của động tác là cách mà nó được bắt đầu. Groppe (1984) khẳng định rằng bất kể ở vị trí nào, một vận động viên quần vợt trình độ cao khi chờ đợi cú đánh của đối phương, vào lúc hoặc ngay trước lúc đối phương chạm bóng, vận động viên đó sẽ ở “trạng thái giảm tải”. Trạng thái này là gì và nó liên quan đến sự di chuyển nhanh trên sân như thế nào? Trước khi một vận động viên chuẩn bị di chuyển, lực sẽ tác dụng lên mặt đất, và do đó mặt đất sẽ tác dụng lên chân vận động viên một lực bằng với lực đó nhưng theo hướng ngược lại (phản lực từ mặt đất: GRF), lực này bằng trọng lượng cơ thể (vùng 1 trong hình 8.1.). Một khi quyết định di chuyển được thực hiện, khớp gối gấp lại và cơ thể (trong hình là hông) chuyển động nhanh (được tăng tốc) về phía mặt đất. Giá trị trung bình của vận tốc cao nhất của hông ở những vận động viên quần vợt thành tích cao trong quá trình chuẩn bị này là 0,5 m/s đối với quả vợt thuận tay và 0,4 m/s đối với quả vợt trái tay. Lực của cơ thể vận động viên tác động lên mặt sân vì thế mà giảm xuống (không tải - vùng 2, hình 8.1). Trạng thái không tải này là một phần không thể thiếu của động tác chuẩn bị ban đầu, cho dù đó là trước khi đỡ quả phát bóng trong quần vợt hay bóng chuyền hoặc di chuyển để phòng thủ trước đối phương trong bóng đá hay khúc côn cầu.

Dĩ nhiên, động tác gấp gối phải dừng lại, nếu không cơ thể sẽ chuyển thành tư thế ngồi xổm hoàn toàn. Sự giảm tốc độ chuyển động xuống dưới (vùng 3 hình 8.1) này xảy ra do sự co nhùng bộ của nhóm cơ tứ đầu đùi. Do đó sức căng được phát triển và năng lượng đàn hồi được lưu trữ lớn trong nhóm cơ này. Hoạt động ứng suất trước của cơ tứ đầu đùi, kết hợp với năng lượng được lưu trữ, sẽ được sử dụng để tăng cường sức mạnh cơ cơ ở chế độ khắc phục của cơ tứ đầu đùi khi điều khiển hoạt động của chân, nếu động tác gấp gối này được tiếp tục ngay sau đó bằng động tác duỗi gối. Duỗi gối và sự tăng tốc độ di chuyển lên phía trên của cơ thể (khu vực 4 hình 8.1), làm tăng phản lực từ mặt đất và do đó cho phép vận động viên di chuyển hướng theo các đường bóng tiếp đó. Mấu chốt của các động tác này là xác định thời gian của hành động cơ, duỗi gối để phù hợp với cú đánh hay động tác của đối phương. Hiệu quả thực hiện hành động này phụ thuộc vào khả năng xử lý một cách thích hợp những yếu tố chính trong động tác của đối phương.

Xử lý bóng

Trong khi chờ bóng đến, cú đánh bóng chày hoặc đỡ bóng trong quần vợt và bóng chuyền có hai vấn đề, một là cảm nhận, sau đó là phản ứng vận động. Vấn đề cảm giác, cảm nhận bao gồm theo dõi bóng bằng trực quan để quyết định khi nào phải thực hiện động tác vung tay và vung đến đâu, và rốt cục là có nên đánh quả đó hay không. Về mặt vận động, gây đánh bóng hoặc chi (chân tay) phải được di

chuyển với thời gian chính xác và trình tự để đảm bảo đánh trúng bóng vào đúng thời điểm xuất hiện của quả bóng trong vùng tiếp xúc bóng. Khi một vật thể, chẳng hạn như một quả bóng, di chuyển về phía vận động viên, hoặc ngược lại, vận động viên đó sẽ tiếp cận vật thể, hình ảnh trên võng mạc của mắt sẽ lớn dần lên. Chúng ta đã biết rằng việc đánh giá vận tốc chuyển động của quả bóng, nghĩa là thời gian để vật thể di chuyển đến một vị trí nhất định ít nhất cũng là một thành phần được sử dụng để kiểm soát thời gian thực hiện động tác. Các nghiên cứu trong lĩnh vực này rõ ràng cho thấy rằng thông tin thời gian tiếp xúc liên tục là rất quan trọng để thực hiện thành công. Các VĐV thường không dự đoán được có thể đánh bóng ở đâu và sau đó di chuyển tay/vợt đến vị trí đó. Những hoạt động này liên tục hướng theo nguồn thông tin.



Hình 8.1. Tư thế thẳng đứng, gia tốc và phản lực từ mặt đất (GRF) trong một bước nhảy ở tư thế đứng

Một trong những vấn đề chính trong quá trình tri giác mà vận động viên phải đối mặt là dõi theo bóng và phán đoán đường đi của nó. Tính linh hoạt của thị giác sẽ được cải thiện đáng kể nếu các vận động viên bóng chày sử dụng chuỗi tiêu điểm thị giác khi chờ người phát bóng hành động. Chuỗi này có thể được thay đổi một cách dễ dàng khi đỡ giao bóng trong môn tennis hoặc trong môn bóng chày.

1) Tập trung vừa phải – nhìn toàn bộ cơ thể và khu vực phát bóng (trong bóng chày).

2) Tập trung tinh tế - tập trung vào con chữ trên mũ hoặc vào một cái gì đó ở tầm bóng lúc ra tay.

3) Tập trung chính xác vào điểm cụ thể - tập trung vào khu vực bóng ra tay, tức là bàn tay và bóng.

Sự chú ý có chọn lọc hướng vào các khu vực cụ thể là cần thiết đối với vận động viên các môn bóng, bởi vì, với tốc độ di chuyển nhanh của trái bóng, quá trình chú ý bị hạn chế ít nhất bởi ba yếu tố.

1) Số lượng thông tin được hiển thị.

2) Thời gian hiển thị các thông tin cần thiết.

3) Khả năng của vận động viên.

Các nghiên cứu về quá trình xử lý tín hiệu trong các môn thể thao sử dụng động tác đánh đều đưa ra những nhận xét sau. Những vận động viên có thành tích cao hơn có thể xử lý sớm hơn những thông tin có ý nghĩa quyết định từ hành động của đối phương, do đó cho phép họ có thêm thời gian để di chuyển tới bóng và có cảm tưởng rằng họ có đủ thời gian để xử lý tình huống. Mọi người cũng đều biết rằng sự chú ý đến các tín hiệu sớm do người phát bóng chày phát ra là rất quan trọng đối với thành tích cú đánh. Phản ứng và phán đoán chính xác đường đi của quả bóng ở vận động viên thành tích cao nhanh hơn so với những người mới chơi.

Trong khi các cầu thủ lão luyện và cầu thủ có kỹ năng thấp hơn có thể thu thập thông tin khác nhau từ các tín hiệu được phát ra, liệu có sự khác biệt về mô hình vận động mắt ở các cầu thủ trình độ kỹ năng khác nhau hay không. Goulet và cộng sự 1989, đã công bố một số đặc điểm khác biệt về mô hình vận động mắt giữa cầu thủ lão luyện và người mới tập. Tuy nhiên, tác giả đã không xem xét một cách đầy đủ đối với các dạng biến đổi về kỹ năng dự đoán, như sự khác biệt trong khả năng dự đoán tồn tại ngay cả khi các mẫu nghiên cứu quá trình trực quan về cơ bản giống hệt nhau. Cầu thủ trình độ cao có thể "nhìn vào" những tín hiệu thật và "nhận thấy" các thông tin mà những tín hiệu đó cung cấp. Những vận động viên đánh bóng chày (batters) thành tích cao sử dụng động tác nhìn theo của mắt với đầu ở tư thế cơ bản là cố định khi theo dõi một quả bóng được phát ra. Cử động theo dõi của mắt dừng lại khi bóng cách vị trí phát bóng của bên đánh bóng 2,5 - 4,5 m. Điều này là bởi vì đôi mắt không có khả năng theo dõi ở những khoảng cách rất gần và vận tốc cao. Tuy nhiên các tác giả cũng lưu ý rằng, điều này không có nghĩa là huấn luyện viên được phép giảm thiểu tầm quan trọng của việc theo dõi bóng mà phải theo lý thuyết là: "càng lâu càng tốt". Xử lý chính xác thông tin từ hành động đánh hoặc ném của đối thủ, cùng với các thông tin theo dõi, rõ ràng là cực kỳ quan trọng trong các môn thể thao khi bóng đến với tốc độ cao. Sau đó, người ta có thể dự báo chính xác tọa độ thời gian và vị trí (không gian) tiếp cận bóng cần thiết để đánh bóng thành công.

Độ tin cậy có tính logic cao hơn đối với cú đánh hay đá trong các môn thể thao đó là người thực hiện lành nghề sẽ nhận thức chính xác hơn về xác suất xảy ra so với người mới tập. Kinh nghiệm này sẽ dẫn dắt sự chú ý lựa chọn của họ. Do đó, rõ ràng là một "cấu trúc nhận thức" đã được thiết lập trong môn tennis và bóng chày, có thể sử dụng làm tín hiệu đặc biệt để dẫn dắt quá trình nhận thức và hành động.

Nghiên cứu cũng cho thấy vận động viên trong tất cả các môn thể thao sử dụng động tác đánh và đá phải luyện tập xử lý tín hiệu một cách có chủ đích. Sau đó, khả năng dự đoán hướng bóng, hành động của đối thủ, và tiếp tục di chuyển tới vị trí thích hợp trên sân thi đấu có thể được nâng cao.

Sự thăng bằng của cơ thể

Sự di chuyển nhanh chóng đến khu vực đánh bóng với một tư thế thăng bằng, cho phép thực hiện cú đá hoặc đánh bóng một cách hiệu quả là điều kiện tiên quyết để thực hiện kỹ thuật động tác. Chuyển động nhanh chóng và cân bằng được xác định bởi một số yếu tố. Đầu tiên là đường dọi của trọng tâm cơ thể (đường thẳng từ trọng tâm của cơ thể vuông góc với mặt đất) sẽ nằm ở vị trí nào của chân đế. Một vận động viên sẽ ở trạng thái ổn định nhất khi đường này rơi vào điểm giữa của chân đế. Nếu chuyển động nhanh chóng là cần thiết thì điểm dọi trọng tâm cơ thể phải được ở gần mép của chân đế về phía chắc chắn sẽ xảy ra hành động. Trường hợp hướng di chuyển chưa chắc thì vận động viên thường di chuyển đường dọi này tới gần hơn nữa với mép ở phía trước của chân đế (dồn trọng lượng cơ thể lên các ngón chân). Điều này tạo ra một tư thế không ổn định và chuẩn bị một cho chuyển động nhanh chóng về bất kỳ hướng nào sau đó. Người chơi cũng có xu hướng hạ thấp trọng tâm cơ thể để tạo ra tư thế ổn định hơn cho cú sút trong bóng đá hoặc đệm bóng trong bóng chuyền.

8.1.2. Hoạt động vung ra sau

Hành động vung ra sau liên quan đến việc điều chỉnh tư thế cơ thể nhằm kéo căng các cơ được lựa chọn và chuyển dịch phân đoạn hoặc dụng cụ, chuẩn bị cho giai đoạn vung ra trước của động tác.

Tiếp cận bóng

Xu hướng chung trong phát triển kỹ năng tiếp cận bóng là cử động vung phải được bắt đầu từ tư thế đứng tại chỗ, trước khi di chuyển lên trên để tăng tốc độ của bàn chân cùng với tay hoặc vợt. Trong đá bóng, cách di chuyển tiếp cận bóng thay đổi từ đường thẳng sang đường vòng nhỏ hơn khi trình độ kỹ thuật đã được cải thiện. Người ta đã tính được rằng, góc tiếp cận khoảng $30 - 40^\circ$ cho phép chân dễ đạt được độ nghiêng theo mặt phẳng trước - sau, sao cho bàn chân có thể được đưa ra xa bóng hơn, do đó sẽ tiếp xúc bóng tốt hơn.

Động tác đập trong bóng chuyền, giai đoạn tiếp cận được đặc trưng bởi 2 - 3 bước, trong thời gian đó, trọng tâm cơ thể được hạ xuống. Việc hạ thấp trọng tâm cũng liên quan đến việc tích trữ năng lượng, đã được thảo luận ở trên. Cách tiếp cận này cũng cho phép người đập bóng đạt được xung lượng (đà di chuyển) theo phương nằm ngang, mà sau đó được phần lớn chuyển đổi thành xung lượng theo phương thẳng đứng nhờ các hành động diễn ra sau đó. Các vận động viên đẳng cấp quốc tế thường kéo bàn chân sau lên để phối hợp với bàn chân trước thực hiện kiểu tiếp đất gần như cùng bước trước khi giậm nhảy bằng hai chân tới vị trí thực hiện quả đập.

Sự chuyển dịch của các phân đoạn cơ thể so với dụng cụ

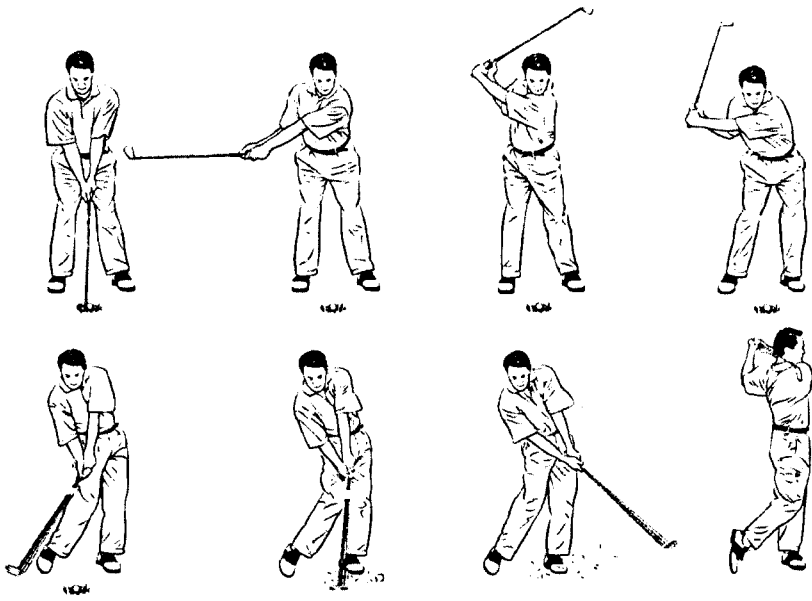
Nghiên cứu các kỹ thuật động tác đánh hay đá cho thấy rằng, thân và chi trên xoay chuyển trong những động tác sử dụng tay, trong khi thân và chi dưới xoay trong các động tác sử dụng chân để điều chỉnh tư thế cơ thể cho thích hợp với cử động vung ra trước. Trong môn tennis, hầu như tất cả các quả đánh đều có chuyển động quay của thân và chi trên. Ví dụ, trong quả đánh bóng bật đất, thân trên quay khoảng 120° từ vị trí chuẩn bị để hoàn thành động tác cắt bóng trái tay cho thấy, góc xoay thân

Hình 8.2. Tư thế thực hiện quả cắt bóng trái tay xoáy xuống trong tennis

khoảng 30° trong quả đánh thuận tay, thân trên (trục vai) xoay nhiều hơn so với trục hông vào lúc vung ra sau. Tư thế này có tác dụng kéo căng các cơ bắp và các mô liên kết. Vợt phải xoay khoảng 100° trong quả đánh thuận tay và $130 - 180^\circ$ trong quả đánh trái tay từ vị trí ban đầu hướng vào đối thủ. Sự chuyển dịch lớn hơn của vợt cũng được ghi nhận đối với những cú volley tại vạch phát bóng so với những cú đánh như vậy ở trên lưới.

Trong bóng chày, những dữ liệu thu được bằng lực kế chuyên dụng đã cho thấy tâm của áp lực đã được chuyển dịch 20cm ra sau vị trí ban đầu khi chuẩn bị chuyển trọng tâm trong giai đoạn đánh ra trước. Cầu thủ chuyên nghiệp chơi ở các giải đấu lớn thường xoay gậy khoảng 120° để chuẩn bị vung gậy về phía trước.

Chuyển động quay của các phân đoạn lớn và của gậy cũng thể hiện rõ trong cú đánh trong đánh golf (Hình 8.3).



Hình 8.3. Tư thế chuẩn bị và vung ra sau khi đánh golf

Sau khi hoàn tất của cử động vung ra sau, thân mình phải xoay sao cho hông nhìn chung là thẳng với hướng dự định sẽ đánh ra, trong khi trục vai tiếp tục xoay. Ở những vận động viên xuất sắc, góc độ của khuỷu tay trái khoảng 90° và khuỷu tay phải khoảng 155° . Tư thế này cho phép gậy ở vào trạng thái gần như thẳng đứng với mặt đất khi đã được vung ra sau hoàn toàn.

Trong môn cầu lông, Gowitzke và Wadell (1979) là người đầu tiên nhấn mạnh sự cần thiết đối với các cử động xoay theo trục dọc của chi trên (quay sấp - ngửa cẳng tay, xoay vào trong - ra ngoài cánh tay), cùng với các cử động xoay của bàn tay và thân mình, đây là những động tác chuẩn bị cần thiết để tạo nên tốc độ hiệu quả khi vung vợt đánh ra phía trước. Các dữ liệu sau này đã củng cố thêm cho nhận định này là: quay sấp là 50° , gấp xương trụ 36° và gấp gan tay 40° , trong kỹ thuật động tác đập cầu.

Trong môn boxing, người ta đã ghi nhận vận tốc của nắm đấm cao hơn so với báo cáo trước đây. Vận động viên đã được phép sử dụng nhiều bậc tự do hơn trong hành động vung ra sau. Đó là, hành động bước lên phía trước và xoay thân nhiều hơn được sử dụng vào động tác đấm để hỗ trợ sự phát triển tốc độ của nắm đấm.

8.1.3. Vung ra trước – đánh vào bóng

Trong giai đoạn vung ra trước của các kỹ thuật đánh hay đá, động tác được tăng cường nếu các cơ bắp đã được đặt ở trạng thái ứng suất trước (kéo giãn) và năng lượng đàn hồi được tích trữ trong giai đoạn vung ra sau. Trong trường hợp động tác đánh về trước cần phải đạt được tốc độ cao mà vẫn kiểm soát được thì số lượng các phân đoạn cơ thể cần phải phối hợp với nhau để thực hiện động tác sẽ phải nhiều hơn so với trường hợp chỉ cần kiểm soát động tác. Tốc độ chuyển động của phân đoạn cơ thể cùng với dụng cụ (ra trước, bên này sang bên kia và lên hoặc xuống) và quỹ đạo chuyển động khi chạm bóng sẽ quyết định kiểu va chạm (lên tâm hoặc qua tâm của bóng), và hướng chuyển động tiếp theo, độ xoáy và tốc độ di chuyển của đối tượng bị tác động (bóng hoặc cầu). Các cơ chế này liên quan tới tất cả các kiểu va chạm, cho dù giữa bàn tay và một quả bóng (bóng chuyền), giày và một quả bóng (bóng đá) hoặc mặt vợt và một quả bóng (quần vợt).

Tăng hiệu suất

Các động tác đánh và đá thường được đặc trưng bởi một chu kỳ kéo giãn - co cơ (CR-S) của hoạt động cơ bắp. Hoạt động co cơ nhượng bộ (ở cuối giai đoạn vung ra sau) được tiếp nối bằng hoạt động co cơ khắc phục khi thực hiện động tác vung (đánh) ra trước. Sự hoạt hóa cơ bắp và cường độ kéo căng trước khi co ở mức cao là những yếu tố tăng cường tích trữ năng lượng đàn hồi và tạo ra lực ứng suất trước của các cơ sẽ được sử dụng trong giai đoạn co cơ khắc phục. Trong thực tế, sức mạnh của động tác xoay cánh tay vào trong được tăng thêm 30% nhờ có sự kéo căng trước khi co ở góc tối đa của cử động xoay ra ngoài. Góc tối đa đạt được, hoặc là ở thời điểm hoàn thành động tác vung ra sau hoặc ở đầu giai đoạn đánh ra trước có thể đại diện cho cường độ kéo căng trước khi co cơ. Do đó cơ được kéo dài ra ở mức lớn hơn chắc chắn sẽ tạo ra sự chuẩn bị tốt hơn cho giai đoạn co cơ ở chế độ khắc phục.

Thời gian tạm dừng giữa các giai đoạn kéo dài và rút ngắn của động tác cũng đã được chứng minh là có ảnh hưởng đến mức giá trị sức mạnh tăng thêm. Mức trung bình của sức mạnh tăng thêm là 22% ghi nhận được ở động tác xoay vào trong không có khoảng dừng của cánh tay so với 19% ở lần thực hiện với khoảng tạm dừng 1,5 s, và khi so sánh giữa động tác đẩy tạ ở tư thế nằm trên ghế băng không có quãng dừng với chính động tác đó được thực hiện bằng cách sử dụng hoàn toàn hoạt động co cơ khắc phục cũng cho kết quả tương tự. Trong nhảy cao, giá trị tăng thêm này là 21,9% khi giậm nhảy (đuối khớp gối) trong trạng thái khớp gối đang trong giai đoạn co (kéo dài các nhóm cơ đuối đùi) so với giậm nhảy trong trạng thái cố định, tạm dừng 1,5s và tăng 21% về tốc độ đối với động tác đá tương tự khi sử dụng

phương thức kéo dài – rút ngắn của cơ, chứ không phải là chỉ sử dụng cơ cơ khắc phục để duỗi gối. Wilson (1991) đã chứng minh được mối tương quan có ý nghĩa giữa thời gian tạm dừng và giá trị sức mạnh tăng thêm nhờ được kéo căng trước khi co của cơ, hệ số tương quan là - 0,60 giữa thời gian tạm dừng và hiệu quả cơ học của chu kỳ kéo giãn - co cơ ở các động tác co - duỗi cẳng chân được thực hiện trên lực kế cần đập và hệ số tương quan có ý nghĩa - 0,72 giữa thời gian tạm dừng và xung lực cơ cơ khắc phục tương ứng ở động tác nằm trên ghế băng đẩy tạ đòn. Nói chung, khoảng 50% giá trị sức mạnh tăng thêm do cơ được kéo căng ra trước khi co sẽ bị mất sau một quãng tạm dừng bằng 1 giây.

Sự tăng thêm hiệu suất hoạt động cơ diễn ra ngay ở đầu giai đoạn đánh ra trước. Sự tăng thêm sức mạnh động tác xoay cẳng tay xảy ra trong vòng 0,25s đầu tiên của hành động. Số liệu này cũng tương tự với thời gian 0,2s xác định được với động tác đẩy tạ đòn ở tư thế nằm trên ghế băng. Cần lưu ý rằng sự hỗ trợ này thường diễn ra khi các phân đoạn cơ thể đang ở các vị trí ít hiệu quả cơ học, nên phần tăng thêm càng có ý nghĩa quan trọng.

Do đó, khi thực hiện các động tác đánh và đá, vận động viên thường sử dụng phương thức kéo giãn - co cơ để hưởng lợi về hiệu suất. Tuy mức giá trị tăng thêm tối ưu nhờ được kéo căng trước khi co cơ có thể thay đổi, song các nghiên cứu đã cho thấy thấy ảnh hưởng của nó có ý nghĩa quan trọng.

Sự phối hợp của nhiều phân đoạn

Hầu như tất cả các kỹ thuật động tác đánh và đá đều đòi hỏi phải tạo ra được tốc độ tối đa ở đầu tận cùng của phân đoạn xa trong chuỗi mắt xích chuyển động. Hiệu quả tổng thể của chuỗi này được xác định bởi cách thức mà mỗi phân đoạn cơ thể di chuyển đối với phân khúc gần hơn. Nhiều chuỗi phối hợp (chuỗi mắt xích động học) có thể hình dung được một cách dễ dàng nhất như là các biến thể dựa trên nguyên lý tổng hợp tốc độ của 'Bunn (1972). Về bản chất, nguyên lý đó cho thấy rằng, để tạo ra tốc độ lớn nhất có thể ở đầu tận cùng của một chuỗi các phân đoạn, chuyển động nên bắt đầu với các phân đoạn gần hơn và tiến tới các phân đoạn xa hơn. Phân đoạn xa hơn bắt đầu chuyển động của nó tại thời điểm tốc độ tối đa của phân đoạn gần và mỗi phân đoạn kế tiếp tạo ra vận tốc đầu tận cùng lớn hơn so với phân đoạn gần. Nhiều nhà nghiên cứu đã chứng minh trình tự từ gần đến xa theo các khía cạnh hoặc là vận tốc tuyến tính của một khớp mà đại diện cho đầu tận cùng của một phân đoạn (ví dụ như mắt cá xương chày), vận tốc góc của phân đoạn (ví dụ như cẳng chân), vận tốc góc của khớp (ví dụ như khớp gối).

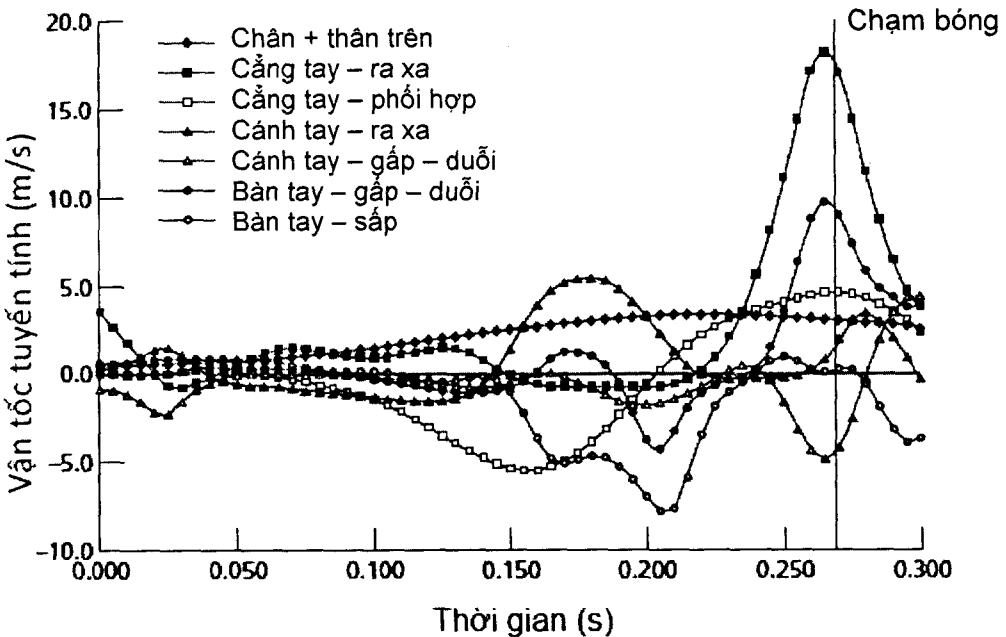
- *Động tác đánh bóng trong tennis.*

Phần này tập trung phân tích những đặc điểm đặc trưng của các kỹ thuật động tác đánh bóng trong môn tennis.

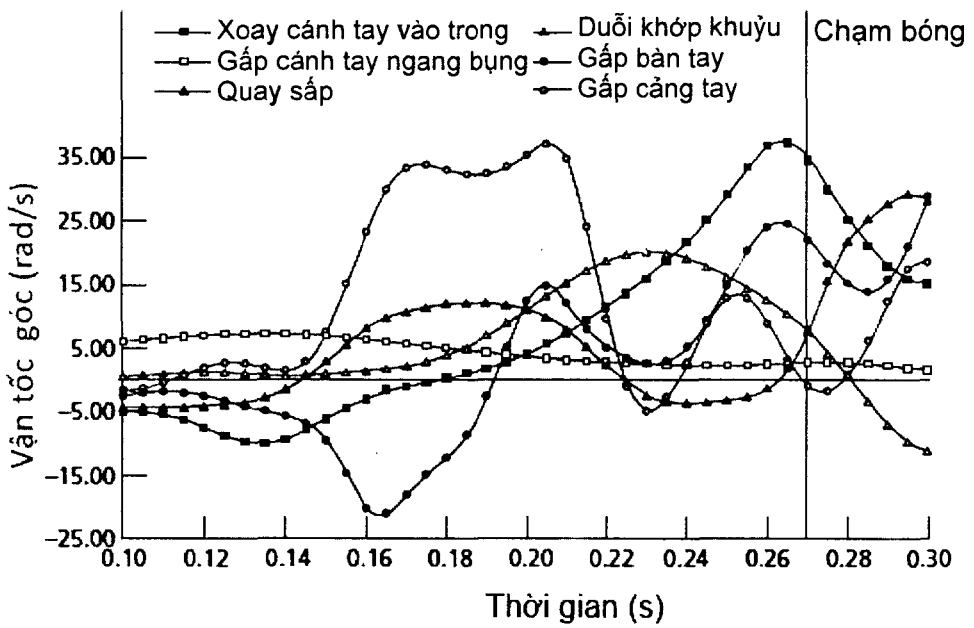
Động tác phát bóng.

Phản lực từ mặt đất tác dụng lên chi dưới đủ độ lớn để đưa cơ thể bật lên khỏi mặt đất, cùng với sự xoay thân, tạo ra tốc độ di chuyển vai về phía trước và lên trên, khoảng 10 - 20% tốc độ của vợt lúc đánh vào bóng (Elliott et al 1986). Những hành động của chân và thân mình cũng đưa vợt ra phía sau lưng và ra xa cơ thể sao cho các cơ đi qua khớp vai và khớp khuỷu được đặt vào trạng thái kéo giãn. Điều này có thể nâng cao hiệu suất thực hiện động tác, song nó cũng tạo ra sự căng thẳng ở mức độ cao của vai và nhóm cơ ngực căng tay, làm tăng khả năng bị chấn thương.

Vận tốc chuyển động thẳng về phía trước của mặt vợt và đầu xa của phân đoạn cánh tay trong động tác phát bóng, cùng với vận tốc góc của chúng, được thể hiện trong hình 8.4 và 8.5. Trình tự của thành phần chuyển động quay cho thấy đầu tiên là hai đỉnh gập và dạng cánh tay. Tiếp theo là duỗi khớp khuỷu tay, bàn tay/ gập xương trụ, xoay cánh tay vào và gập bàn tay, và cuối cùng là những điều chỉnh nhỏ đối với vợt từ cử động sắp căng tay. Như vậy, trong khi trình tự từ gần đến xa được thể hiện bởi các đầu tận cùng phân đoạn (Hình 8.4), nó không hoàn toàn được hỗ trợ khi xét đến toàn bộ các bậc tự do đối với các phân đoạn chi trên (Hình 8.5).



Hình 8.4. Vận tốc tuyến tính trung bình của các phân đoạn cơ thể trong động tác phát bóng tennis (hướng của đối thủ, tốc độ đo vuông góc với đường cơ sở) ở 11 vận động viên thành tích cao.

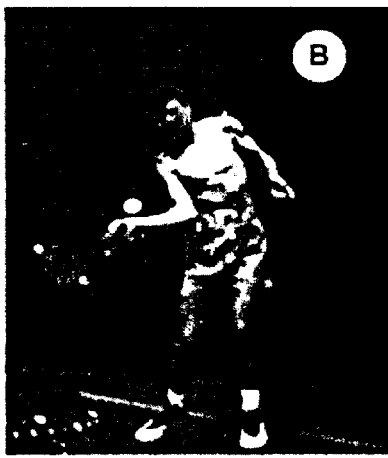
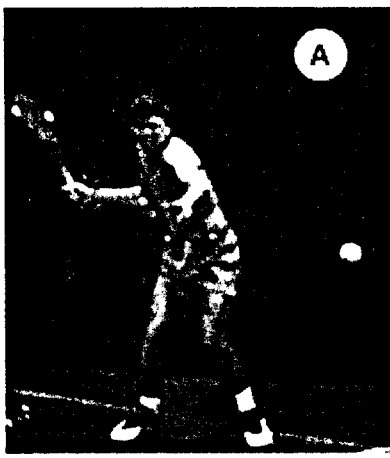


Hình 8.5. Vận tốc góc trung bình của chi trên trong động tác phát bóng tennis ở 11 vận động viên thành tích cao

Phần đóng góp chính vào vận tốc tuyến tính trung bình ra phía trước của trọng tâm của mặt vợt ($= 31,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) tại thời điểm chạm bóng là cử động xoay cánh tay vào trong (30 - 50%) và gấp bàn tay ($\approx 30\%$).

Quả đánh bóng chạm đất.

Xoay thân và duỗi chân là cử động khởi đầu của động tác đánh vợt về phía trước, và tạo tốc độ lớn cho cú “đánh vai” ở thời điểm chạm bóng. Tầm quan trọng của cử động quay thân mạnh mẽ trong việc tạo ra bước chuyển tiếp trong động tác đánh của cánh tay là nó kéo căng các nhóm cơ ở vai lúc bắt đầu động tác vung về phía trước. Thân mình vẫn tiếp tục xoay về phía trước để khi đánh trúng bóng thì vai đã gần như song song với đường cơ sở và mức độ xoay thân khoảng 10° (vai ở phía trước hông: xem hình 8.6D.). Người ta thấy rằng, tốc độ chuyển động về phía trước của vai ở thời điểm đánh trúng bóng đối với các cú đánh thẳng, đánh xoáy lên và cú lob bóng xoáy lên là tương tự như nhau - khoảng 2 m/s , mặc dù tốc độ chuyển động lên phía trên ở các cú đánh có sự khác nhau. Tốc độ chuyển động của vai đóng góp khoảng 15% tốc độ va chạm về phía trước và lên trên của vợt, các phản lực từ mặt đất tác dụng vào chân khi đưa cơ thể ra phía trước, do đó chuyển động xoay thân và bất kỳ chuyển động về phía trước nào của cơ thể cũng phần lớn đều tạo ra tốc độ này của vai.



Hình 8.6. Từ A-D: Giai đoạn đánh ra trước trong cú đánh thuận tay ở môn tennis

Chuyển động ra trước của cánh tay đóng vai trò quan trọng trong cơ chế vận động của cẳng tay (Hình 8.6C,D). Nó tạo ra 20 - 30% vận tốc về phía trước và khoảng 20% vận tốc di chuyển lên trên, tùy thuộc vào cách cầm vợt của VĐV. Góc độ của khớp khuỷu giữ tương đối ổn định ($\approx 100^\circ$) trong suốt giai đoạn vung (đánh) về phía trước và do đó động tác tại khớp này không được sử dụng vào việc phát triển tốc độ của vợt. Khi hoàn thành giai đoạn đánh ra trước, ngay trước và sau khi chạm bóng, cánh tay ở tư thế xoay vào trong từ tư thế xoay ngoài (ngửa); (hình 8.6C, D). Động tác này có tầm quan trọng không thể thiếu trong việc tạo ra tốc độ va chạm của vợt vào quả bóng (30 - 40%). Các cơ chịu trách nhiệm thực hiện động tác xoay cánh tay vào đã được hoạt hóa một cách mạnh mẽ trước và vào lúc va chạm, và mômen quay của động tác xoay vai cũng rất lớn khi va chạm.

Tùy thuộc vào cách cầm vợt, động tác tay gập ra trước và lên trên đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra tốc độ chuyển động của vợt (Hình 23.6 B - D). Những vận động viên sử dụng cách cầm vợt kiểu phương Tây có thể sử dụng được

một tỷ lệ lớn hơn vận tốc chuyển động lên phía trên của vợt ($\approx 20\%$) từ các động tác tay khi so sánh với những người sử dụng cách cầm vợt kiểu phương Đông ($\approx 5\%$). Khả năng tạo ra vận tốc chuyển động lên phía trên của vợt là một phần không thể thiếu trong cú đánh xoáy lên và tạo ra một lợi thế riêng biệt cho người sử dụng cách cầm vợt kiểu phương Tây.

So sánh giữa cú đánh trái tay bằng một tay và bằng hai tay

Qua những nghiên cứu so sánh này có thể đánh giá được ưu điểm và nhược điểm của hai cách cầm vợt khi thực hiện quả đánh này. Tốc độ của vợt tại thời điểm va chạm với bóng được tạo bởi tích của bán kính quay (khoảng cách từ vị trí va chạm đến vai) và tốc độ quay của chi trên (s) và vợt, cộng với tốc độ chuyển động ra trước của cơ thể. Tất cả các yếu tố khác là như nhau, sự gia tăng bán kính này (tay cầm vợt được duỗi dài hơn) sẽ sản sinh một tốc độ va chạm về phía trước cao hơn; về mặt lý thuyết, lợi thế này thiên về kỹ thuật một tay. Ở cách cầm vợt bằng hai tay, mômen quán tính (trọng lượng khí vung tay) của hệ chi trên (vợt ở gần hơn với vai đánh) giảm và có thể làm tăng sức mạnh (bằng cả hai tay) giúp vận động viên đạt được một tốc độ quay cao hơn hệ vợt - chi, do đó chống lại tác động của việc giảm bán kính khi đánh bóng.

Tuy nhiên, tầm với được tăng lên ở quả đánh bằng một tay có ảnh hưởng tới tầm với của vận động viên trong cú đánh thông thường hay không? Người ta đã chỉ ra rằng, không có sự khác biệt về khoảng cách giữa điểm va đập vào bóng và cơ thể (bán kính đánh) ở hai cách cầm vợt. Điều này tạo thuận lợi cho vận động viên không phải chạy hoặc duỗi dài để đánh bóng.

Hoạt động của các cơ chi trên được tăng lên nói chung là cao hơn ở kỹ thuật đánh bằng hai tay khi so với ở kỹ thuật đánh chỉ bằng một tay. Do đó, bất kỳ thay đổi nào trong sự cố “khuỷu tay quần vợt” đối với những vận động viên sử dụng kỹ thuật này không hề liên quan đến sự giảm hoạt động của các cơ duỗi mà là do vận động viên thực hiện không đúng kỹ thuật động tác (cơ cấu động tác và các tư thế va chạm), đặc biệt là kỹ thuật đánh bằng một tay.

Quả đánh volley

Cú đánh này đòi hỏi phải kiểm soát yếu tố va đập vào bóng nhiều hơn (điều chỉnh đường bóng) là sức mạnh nên có nhiều điểm khác với những nội dung được trình bày ở trên. Góc xoay thân nhỏ (10°) đối với quả đánh volley thuận tay, và thay đổi tối thiểu ở cú volley trái tay, đề cao tầm quan trọng của sự chuyển động về phía trước nói chung trong những cú đánh này. Tốc độ chuyển động của vai ở cú đánh volley thuận tay của vận động viên xuất sắc là 2m/s. Khi so sánh tốc độ này với tốc độ của vợt lúc đập vào bóng - khoảng 11 m/s ở các vận động viên thành tích cao,

cho thấy, khoảng 20% tốc độ mà vợt đạt được có nguồn gốc từ chuyển động về phía trước.

Các chuyển động của tay đạt đến các mức đỉnh cao của chúng vào đúng những thời điểm tương tự như nhau (một đặc điểm của dạng hoạt động đòi hỏi độ chính xác là chủ yếu). Phần lớn tốc độ của vợt đạt được lúc va chạm với bóng là do những chuyển động này của tay tạo ra. Chỉ có sự thay đổi nhỏ về góc độ động tác dạng/khép của khớp vai, từ tư thế khi vung tay ra sau đến khi va chạm với bóng. Điều này cho thấy rằng khớp này có liên quan đến việc định hướng vợt, mặc dù cử động gấp ở phương nằm ngang không làm tăng tốc độ của cánh tay. Góc độ vận động của khớp khuỷu tăng ($= 10^\circ$) từ vị trí vung ra sau đến khi chạm bóng ở cả hai quả đánh volley thuận tay và trái tay, không phân biệt vị trí vận động viên trên sân. Vai trò của động tác duỗi khuỷu tay trong việc tạo ra tốc độ va đập của vợt trong quả đánh volley thuận tay của các vận động viên cấp quốc gia cũng đã được ghi nhận. Tuy nhiên, chỉ ghi nhận được những giá trị tốc độ duỗi nhỏ lúc chạm bóng, trong đó nhấn mạnh yêu cầu đối với khớp khuỷu là đảm bảo sự ổn định của cú va đập. Cử động gấp của khớp cổ tay trong cú đánh volley thuận tay và duỗi trong cú volley trái tay cho thấy rằng bàn tay cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc tạo ra tốc độ của vợt. Một phát hiện quan trọng là đường thẳng kẻ từ cổ tay đến đỉnh vợt phải quét vuông góc với hướng đánh, cả trong khi và sau khi chạm bóng.

• Động tác đánh bóng trong bóng chuyên

Như chúng ta đã biết, sự phối hợp hành động của từng phân đoạn cơ thể là phần không thể thiếu trong giai đoạn giậm nhảy và bay trên không của cơ thể trong kỹ thuật động tác đập bóng chuyên. Khi các vận động viên thực hiện quả đập bóng với kỹ thuật kém, trong các hành động của họ đã có sự chông chéo lớn về trình tự giữa các phân đoạn, dẫn đến động tác không hiệu quả.

Sự phối hợp các cử động trong động tác đập bóng được bắt đầu với cử động duỗi khớp cổ chân, và duỗi ở khớp gối và khớp hông để đẩy cơ thể lên phía trên. Vận tốc duỗi hông và gối tương đối cao ($\approx 9 \text{ rad/s}$ và 19 rad/s), và vận tốc góc của cử động gấp gan tay (19 rad/s) tạo nên vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể ($3,6 \text{ m/s}$) lúc giậm nhảy.

Trình tự phối hợp đặc trưng của các cử động trong kỹ thuật động tác đập bóng là: xoay thân, sau đó là các cử động của cánh tay, cẳng tay và bàn tay. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, khi trình tự ở trên được thực hiện cơ bản là đúng thì cử động xoay cánh tay vào trong trước khi đập bóng có mối tương quan chặt với vận tốc bóng. Tuy nhiên, không thấy có mối tương quan đáng kể giữa vận tốc góc khuỷu tay với vận tốc của bóng. Hiện tượng này đã được thảo luận ở phần động tác phát bóng trong môn tennis. Do đó cử động duỗi khớp khuỷu (không đến 180°) xảy ra trước đó

trong chuỗi phối hợp nhằm kéo dài sai tay, trước khi xoay vào trong đó sẽ tạo ra lực lớn trong cú đập. Việc sử dụng cánh tay không đánh bóng cũng rất quan trọng trong chuỗi phối hợp hành động này. Đó là, phản lực bằng nhau và ngược chiều của tay không đánh bóng khi quay xuống dưới sẽ hỗ trợ cho hành động đập bóng khi cơ thể bật lên khỏi mặt đất.

Maxwell khẳng định rằng cú va đập trong động tác đập bóng chuyền nên xảy ra tại hoặc gần với vị trí cao nhất khi giậm nhảy. Giá trị trung bình về vận tốc thẳng đứng của trọng tâm cơ thể của 10 vận động viên đẳng cấp quốc tế là 0,2 m/s đã củng cố thêm cho sự khẳng định này.

Kỹ thuật nhảy đập bóng và nhảy phát bóng có nhiều đặc điểm chung hơn những điểm khác biệt, đặc biệt là về góc độ vận động của các phân đoạn và các thông số về thời gian. Tại điểm tiếp xúc bóng, hành động vung tay ra sau giữa hai kỹ thuật này dường như giống nhau ở những vận động viên cùng giới. Tuy nhiên, có sự khác biệt giữa hai giới. Vì vậy các cầu thủ trẻ có thể vận dụng chuyển kỹ xảo từ động tác này sang động tác kia.

Có ba yếu tố liên quan tới hiệu quả cú va đập giữa cẳng tay và quả bóng khi bắt đầu đỡ quả phát bóng (đệm bóng):

- 1) Lúc chạm bóng, góc ở khuỷu tay trái càng lớn ($= 180^\circ$) thì hiệu quả đỡ bóng càng cao.
- 2) Góc tạo bởi khuỷu tay trái, giữa nắm tay và khuỷu tay phải (bề mặt đánh bóng hiệu lực) càng nhỏ thì hiệu quả đỡ bóng càng cao.
- 3) Sự khác biệt giữa đường nối hai điểm giữa của hai khuỷu tay qua điểm tiếp xúc bóng và đường bóng phải nảy ra càng nhỏ thì hiệu quả đỡ bóng càng cao.

Do thời điểm tiếp xúc giữa bóng và cẳng tay, quả đỡ phát bóng trong bóng chuyền là một hành động đánh bóng mà khi đó tất cả các phân đoạn của chi trên đều phải được định vị để chạm bóng. Những điểm tương đồng trong hành động khi người chuyền hai thực hiện đường chuyền trước mặt và chuyền ra sau, vượt xa bất kỳ sự khác biệt về kỹ thuật nào. Như đã dự tính, đầu, thân và vai thể hiện sự khác nhau về tư thế lớn nhất giữa các đường chuyền hai. Nghiên cứu này cũng cho thấy động tác duỗi khớp khuỷu diễn ra trước khi tiếp xúc bóng, làm cho quả chuyền hai gần với kỹ thuật đánh bóng hơn, chứ không phải là một kỹ thuật chuyền bóng.

• Động tác đánh cầu lông

Như chúng ta đã biết, tốc độ từ gần đến xa là một tính năng quan trọng của động tác đánh cầu lông. Khi nghiên cứu các kỹ thuật động tác đánh cầu khác nhau, các nhà nghiên cứu nhận thấy rằng, sự thay đổi về vị trí và vận tốc (giữa quả đập:

bỏ nhỏ / cắt; giữa quả đập / đỡ / đập bỏ nhỏ; quả đập qua đầu; đỡ bóng thấp tay / phát bóng), trình tự phối hợp của hành động được thể hiện rõ. Ở cú đánh cầu với tốc độ tương đối thấp, vận tốc góc đối với cử động xoay vào trong là 9,9 rad/s, quay sấp - 18,1 rad/s và gập xương trụ - 14,6 rad/s; vận tốc góc của chuyển động quay sấp và gập gan tay là 43,6 và 19,2 rad/s trong động tác nhảy đập cầu tốc độ cao. Tầm quan trọng của sự quay quanh trục dọc cánh tay và cẳng tay, và các cử động tay trong việc tạo vận tốc được thể hiện rõ ràng. Cũng cần lưu ý rằng cử động xoay trong và gập bàn tay xảy ra vào cuối động tác đánh cầu. Vì vậy, tổng thể động tác không hoàn toàn tuân theo mô hình chuyển động từ gần đến xa.

• Động tác đá bóng trong bóng đá

Browder và cộng sự (1991) đã thực hiện mô tả động tác sút mu chính diện nhanh và chậm (tốc độ bóng: 17,0 và 13,5 m/s) theo biểu đồ không gian ba chiều (3D) ở các nữ cầu thủ và nhận thấy rằng, đối với cú sút tốc độ nhanh, chuyển động quay khung chậu lớn hơn (18° so với 13°), trong khi động tác dạng khớp hông được giữ tương đối ổn định (19°).

Ở đầu giai đoạn đá chân ra trước, đùi sẽ tăng vận tốc góc của nó và cẳng chân được giữ tương đối ổn định ở tư thế gập. Điều này làm giảm mômen quán tính của chi dưới và làm giảm năng lượng cần thiết cho chuyển động quay. Đùi và cẳng chân sau đó tăng vận tốc góc của chúng cho đến thời điểm ngay trước khi chạm bóng. Sau đó, có sự gia tăng đáng kể vận tốc góc của cẳng chân và giảm vận tốc góc của đùi. Mô tả kỹ thuật đá bóng của Wickstrom (1975) cho thấy rằng đùi trở nên gần như ở trạng thái tĩnh tại thời điểm bàn chân va đập vào bóng, mặc dù các số liệu nghiên cứu cho thấy rằng điều này không phải là đúng hoàn toàn. Đối với những cầu thủ ở tuổi trưởng thành, vận tốc góc của đùi lúc bàn chân va đập vào bóng là từ 2,8 đến 5,4 rad/s, trong khi giá trị này ở trẻ em lên đến 5,9 rad/s. Tuy nhiên, so với giá trị 35 rad/s theo báo cáo của các nghiên cứu này đối với vận tốc góc của chân, hoặc 19,5 rad/s đối với vận tốc góc của khớp gối, thì đùi chỉ có tác dụng nhỏ đến tốc độ của bàn chân lúc va đập vào bóng. Có mối tương quan đáng kể ($r = 0,74$) giữa quả bóng và tốc độ của bàn chân ở các cầu thủ bóng đá chuyên nghiệp. Điều đó cho thấy, tốc độ của bàn chân là một yếu tố quan trọng trong cơ chế của sự va đập với bóng trong môn bóng đá. Phần “va đập” dưới đây sẽ trình bày những đánh giá toàn diện hơn về cách tương tác với các bộ phận khác nhau của bàn chân ảnh hưởng đến tốc độ của bóng. Với những cầu thủ ở tuổi trưởng thành có kinh nghiệm, giá trị trung bình của tốc độ tối đa của bóng nằm trong khoảng từ 20 - 30 m/s.

Nhiều nghiên cứu về động lực học động tác đá đã cho chúng ta một số cách nhìn sâu sắc hơn về các cơ chế tạo ra những chuyển động quay được nêu ra ở trên. Những mômen lực cơ lớn nhất được tạo ra quanh khớp hông (280 Nm), sau đó là

khớp gối (140Nm) và cuối cùng là ở các khớp xương cổ chân (30 Nm), và giảm cùng với sự giảm tốc độ quay; mômen lực cơ của hông và đầu gối là 220 và 90 Nm ở các cầu thủ cấp quốc gia. Tại thời điểm va đập, các giá trị này ở tất cả các khớp là tương đối nhỏ, có thể là chỉ số mức độ cơ cơ cùng lúc (sự ổn định) tại mỗi khớp.

Nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, đỉnh điểm của mômen khớp gối xảy ra sau đỉnh điểm của mômen khớp hông, trong khi Putnam (1983) cho rằng chúng xảy ra theo thứ tự đảo ngược. Do đó, có hai luồng quan điểm về sự tương tác theo phân đoạn của chi dưới trong giai đoạn đá chân ra trước của động tác đá bóng. Luồng quan điểm thứ nhất cho rằng, mômen lực của cơ duỗi khớp hông ghi được ngay trước khi chạm bóng, làm tăng vận tốc quay của cẳng chân. Roberts (1991), khi thực hiện mô phỏng một cú đá bằng mũi bàn chân đã cho rằng, cẳng chân có thể được tăng tốc hoặc giảm tốc thông qua sự kết nối của khớp tới đùi mà không có bất kỳ mômen cơ lực nào. Luồng quan điểm thứ hai cho rằng, chuyển động quay của cẳng chân ở mức cao thực sự sẽ làm chậm chuyển động quay của đùi. Như vậy, sự giảm tốc độ của đùi chủ yếu bị ảnh hưởng bởi sự chuyển động của cẳng chân và không phải do mômen lực tổng hợp tại khớp hông, bất kể tốc độ của chuyển động. Sorensen và cộng sự cũng đưa ra quan điểm này khi trình bày các số liệu nghiên cứu về động tác đá trong võ thuật.

Bất kể học thuyết nào trong hai luồng quan điểm trên là đúng đối với kỹ thuật động tác đá bóng hoặc đá nói chung, rõ ràng là các vận động viên cần phải được huấn luyện để cố gắng và liên tục gấp đùi và duỗi cẳng chân với tốc độ tại thời điểm va đập càng cao càng tốt để đạt một kết quả tối ưu.

8.1.4. Va đập

Điều kiện để các biểu thức được đưa ra trong phần này có giá trị là khi va đập, vật thể va đập không tương tác. Lý do những va chạm này được cho là do thời gian ngắn và đàn hồi (động lượng chuyển động thẳng được bảo toàn) sẽ được thảo luận ở tiêu mục “va đập trong thời gian ngắn”. Những sự va đập mà trong đó sự tương tác giữa yếu tố tác động cuối cùng (tay, chân, dụng cụ) và bóng một cách hợp lý sẽ xảy ra sẽ được bàn luận trong tiêu mục “va đập trong thời gian dài”.

Va đập trong thời gian ngắn

Trong phần đầu tiên của cú va đập cả hai vật thể đều biến dạng (ở một mức độ nào đó) và năng lượng được lưu trữ khi biến dạng sẽ được trả lại một phần trong các chuyển động tiếp theo (va đập đàn hồi không hoàn chỉnh). Động lượng chuyển động thẳng được bảo toàn trong các va đập trực tiếp như vậy, khi các vectơ vận tốc song song với nhau, và các lực va đập tác dụng qua tâm của trọng lực. Cú va đập như vậy có thể được biểu diễn bằng phương trình sau (định luật Newton):

$$V_{\text{bóng}} - V_{\text{gậy}} = -e (U_{\text{bóng}} - U_{\text{gậy}}) \quad (8.1)$$

Với $V_{\text{bóng}}$ và $V_{\text{gậy}}$ là vận tốc của các vật thể sau khi tác động, $U_{\text{bóng}}$ và $U_{\text{gậy}}$ là vận tốc tương ứng của chúng trước khi tác động, và e là hệ số bồi hoàn (được xác định bởi các chất liệu và kết cấu của các vật thể va chạm).

Qua phương trình 8.1 có thể trả lời các câu hỏi là: liệu tốc độ của một quả bóng chày đã được phát đi có ảnh hưởng đến tốc độ sau khi va đập hay không, nếu tất cả những giá trị khác đều như nhau. Một quả phát bóng nhanh với tốc độ 42 m/s được người đánh bóng đánh trả lại với vận tốc di chuyển của cây gậy trước lúc va đập (tốc độ ngang) là 36 m/s, sẽ chậm lại còn m 30 m/s ngay sau khi va đập. Nếu cây gậy có hệ số bồi hoàn là 0,5 và hướng chuyển động của cây gậy cùng vận tốc quả bóng sau khi va đập được coi là dương tính thì tốc độ này có thể được tính như sau:

$$V_{\text{bóng}} - V_{\text{gậy}} = -e (U_{\text{bóng}} - U_{\text{gậy}})$$

$$V_{\text{bóng}} - 30 = -0,5 (-42 - 36)$$

$$V_{\text{bóng}} = 39 + 30 = 69 \text{ m/s}$$

Tương tự như vậy, một quả bóng được phát đi với tốc độ 38 m/s có thể biết được vận tốc bóng sau va chạm là 67 m/s. Nên nhớ rằng người ta có thể không có khả năng đánh trúng quả bóng được phát đi với vận tốc nhanh hơn, và hệ số bồi hoàn sẽ giảm khi tốc độ va đập tăng lên, bạn có thể đánh bóng nhanh với một tốc độ hơi cao hơn so với quả phát bóng tốc độ chậm hơn.

Dựa vào các yếu tố cơ học khác, người ta có thể đánh giá được vận tốc của bóng sau sự va đập trực tiếp một cú sút bóng đá:

$$V_{\text{bóng}} = V_{\text{chân}} \times \frac{(M) \times (1 + e)}{M + m} \quad (8.2)$$

Với $V_{\text{bóng}}$ là vận tốc của bóng sau va đập; $V_{\text{chân}}$ là tốc độ tác động của bàn chân; M là trọng lượng của hệ truyền động (tương đương với trọng lượng của bàn chân/toàn bộ cẳng chân); m là khối lượng bóng và e là hệ số bồi hoàn.

Tỷ lệ $M / (M + m)$ trong phương trình 8.2 biểu thị độ rắn chắc của bàn chân và cẳng chân lúc va đập, liên quan đến hoạt động cũng như sức mạnh của các cơ tham gia động tác đá bóng. Các lực va đập làm biến dạng bàn chân ở các khớp đốt bàn - ngón chân (nếu bàn chân được giữ ở tư thế gấp gan chân) và biến dạng này sẽ có ảnh hưởng đến độ cứng của cú va đập.

Sự thay đổi góc khớp cổ chân ($= 20^\circ$) không có mối tương quan với tốc độ bóng, tuy nhiên, sự thay đổi góc ở các khớp đốt bàn – ngón chân ($= 30^\circ$) có tương quan đáng kể với tốc độ bóng ($r = - 0,81$). Để giảm sự biến dạng này, nên thực hiện tiếp xúc bóng càng gần khớp cổ chân càng tốt và không nên đá bằng mũi bàn chân (các ngón chân của bàn chân). Lees và Nolan (1998) dự đoán rằng:

$$V_{\text{bóng}} = 1.2 \times V_{\text{chân}} \quad (8.3)$$

Zernicke và Roberts (1978) đã đưa ra phương trình hồi quy giữa tốc độ bàn chân và tốc độ bóng trong phạm vi tốc độ bóng 16 - 27m/s như sau: $V_{\text{bóng}} = 1.2 \times V_{\text{chân}}$. Lees và Nolan (1998) đã tán thành kết quả nghiên cứu về tương quan trong phương trình 8.3 do đó dường như nó đã trở thành dữ liệu được nhiều người sử dụng.

Va đập trong thời gian dài

Nghiên cứu của Tsaousidis và Zatsiorsky (1996) cho thấy rằng một số khía cạnh của lý thuyết va đập trong bóng đá cần phải được xem xét lại như thời gian tiếp xúc (≈ 16 miligiây -ms) dài hơn so với trong môn tennis ($= 5$ ms) và lâu hơn so với 0,5 ms trong đánh golf. Các tác giả cho rằng pha va đập đó chỉ có thể được mô tả như là một tác động đàn hồi, trong đó động lượng tổng của hệ thống được bảo toàn. Có ba yếu tố ủng hộ ý kiến cho rằng năng lượng được cung cấp bởi các cơ bắp trong quá trình va chạm là không thể bỏ qua.

1) Trong khi tiếp xúc, độ dịch chuyển bóng - chân = 26 cm.

2) Ngay tại thời điểm biến dạng đạt đến đỉnh điểm, bóng có tốc độ đáng kể ($= 13$ m/s), chiếm hơn 50% tốc độ bóng đạt được.

3) Khi bóng bật ra, chân không giảm tốc, mặc dù các lực tác dụng lên nó từ bóng giải nén (có thể do lực cơ đối trọng).

Theo các tác giả này, thời gian tiếp xúc trung bình của mu bàn chân với bóng là vào khoảng 9 ms và cự ly tiếp xúc theo phương nằm ngang khoảng 15 cm.

Từ những kết quả thu được qua các nghiên cứu này, các nhà khoa học đã khuyến cáo rằng, động tác “vuốt theo bóng” (tiếp tục nhấn mạnh vào khu vực va đập) làm tăng lượng công cơ học lên quả bóng bởi các cơ bắp trong quá trình va đập.

Ở những cú va đập trong khoảng thời gian ngắn, các chuyển động (tốc độ, đường đi của vợt và góc mặt vợt) cần thiết để tạo vận tốc, hướng và sức xoáy phải xảy ra trước khi tác động. Với những va đập với thời gian dài, trong khi những yếu tố trên ở trên cũng quan trọng, công cơ học có thể được tác dụng vào quả bóng trong

khi tiếp xúc (để tăng tốc độ bóng và thay đổi hướng). Vì vậy những chuyển động không thích hợp có thể ảnh hưởng ngay đến độ chính xác của đường bóng.

Boxing

Va đập trong môn Boxing được xem là trường hợp va chạm đặc biệt và sẽ được thảo luận riêng. Có rất nhiều công trình nghiên cứu trên nhiều khía cạnh của môn boxing đã được tiến hành, phạm vi của phần này chỉ tập trung thảo luận về tác động giữa găng tay và cơ thể. Một lực 784 N ứng với khoảng 8ms đã là đủ để gây chấn động.

Smith và Hamill đã chỉ ra rằng trình độ kỹ thuật không có ảnh hưởng đến tốc độ của cú đấm (khoảng 11,5 m/s) 0,01 s trước khi tác động. Tuy nhiên, với tốc độ cú đấm tương tự, đối tượng có trình độ kỹ thuật cao có thể truyền động lượng đến bao cát lớn hơn so với đối tượng trình độ trung gian hoặc thấp. Thực tế là chiếc găng tay đấm bốc đã truyền động lượng tới bao cát nhiều hơn so với cú đấm tay trần, đây là một điều cảnh báo đối với huấn luyện viên. Tác dụng đệm của găng tay có thể khuyến khích đối tượng đấm dữ dội hơn do khi va đập sẽ ít gây đau cho người thực hiện các cú đấm. Các nhà nghiên cứu cảnh báo, găng tay không thể được xem là an toàn cho boxing do các lực va đập được tạo ra vượt quá khả năng chịu đựng của con người. Một nghiên cứu sâu hơn đã chỉ ra rằng, trong 50 cú ra đòn, cao điểm của lực va đập hầu như đã tăng gấp đôi (1484 - 2913 N). Các lực va đập từ những chiếc găng tay được sử dụng trong nghiên cứu này làm suy yếu lực xuống dưới mức gây chấn động (588 N cho 26ms) chỉ ở một ít lần va đập đầu tiên. Các số liệu cho thấy tốc độ đấm thay đổi ở những cú ra đòn khác nhau (6 ms ở cú đấm thẳng, 8 ms ở cú đấm móc), đã cùng có thêm những giá trị đã được công bố trước đây (7ms ở cú đấm thẳng, 8 ms ở các cú đấm móc khác nhau).

Tốc độ của nắm đấm và thời gian va đập được tạo ra trong boxing làm phát sinh mối quan tâm đến vấn đề chấn thương. Vì vậy, cần phải thực hiện chăm sóc y tế trong toàn bộ quá trình tập luyện, thi đấu. Mũ bảo vệ và bao tay phải vừa vặn và đúng chủng loại, và các võ sĩ phải được đào tạo để giảm thiểu tổn thương.

8.1.5. Trang bị, dụng cụ tập luyện và thi đấu

Các dụng cụ như vợt tennis, vợt cầu lông và giày trong bóng đá là không thể thiếu để đạt được thành tích trong tập luyện, thi đấu, song việc thảo luận đầy đủ về vấn đề thiết kế thiết bị dụng cụ vượt ra ngoài phạm vi của chương này. Tóm lại, giày phải được thoải mái khi mang, bảo vệ, và cho phép bàn chân thực hiện các chức năng va đập của nó. Brody (1987) xem xét tất cả các khía cạnh trong thiết kế vợt tennis, kể cả xem xét về chức năng. Từ góc độ thực tế, Elliott (1981) cho rằng mômen quán tính lạng (chủ yếu là chiều dài) của vợt phải tương thích với sự trường

thành về thể chất của các vận động viên trẻ tuổi nếu muốn làm chủ được các kỹ năng chơi quần vợt.

8.1.6. Vút theo hướng đánh (hoãn xung)

Giai đoạn vút theo của các kỹ năng đánh hay đá đóng một số vai trò rất quan trọng đối với hiệu suất động tác. Đây là giai đoạn cần thiết để làm chậm dần chuyển động của các phân đoạn cơ thể nhằm bảo vệ cơ thể khỏi bị tổn thương. Về mặt tối ưu hóa hiệu suất, nó cũng cho phép vợt / chân / tay đạt được tốc độ gần tối đa vào lúc va đập, trong khi đó cũng chuẩn bị cho cơ thể sẵn sàng xử lý những tình huống tiếp theo.

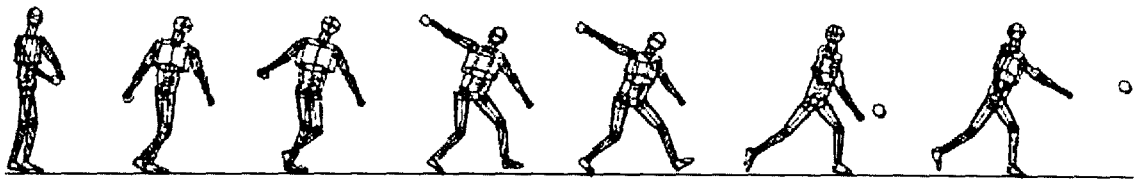
8.2. Các động tác ném đẩy

8.2.1. Phân loại các động tác ném đẩy

Trong điền kinh, các môn ném đẩy chiếm một khối lượng không nhỏ trong chương trình huấn luyện và giảng dạy. Bao gồm những nội dung như: đẩy tạ, ném lao, ném đĩa, ném tạ xích... Ở những môn thể thao khác như ném bóng trong bóng ném, bóng rổ, ném biên trong bóng đá... là những môn “ném” trực tiếp dụng cụ. Xét trên quan điểm phân tích sinh cơ học, sự tác động của các nhóm cơ trực tiếp lên dụng cụ hay thông qua một dụng cụ khác như vợt trong bóng bàn, quần vợt, gậy trong bóng chày, hockey... là không có sự khác biệt đáng kể về mô hình chuyển động của động tác và sự tham gia của những cơ chủ yếu. Sự khác biệt ở đây lại do kỹ thuật thực hiện động tác. Các động tác ném đẩy thường được phân loại: các động tác ném thấp tay (từ tầm dưới vai), các động tác ném cao tay (từ trên vai) và các động tác ném từ phía bên của tay. (Theo sự phân loại của Adrian Cooper 1989 và Luttgens cùng cộng sự 1992). Trong số này, ném cao tay và ném từ phía bên của tay có thể được xem là những mô hình chuyển động theo đường chéo, với gập thân là yếu tố cơ bản xác định động tác ném thuộc dạng cao tay hay từ phía bên của tay. Trong mô hình động tác ném cao tay, thân mình gập ra xa phía chuyển động của tay ném, trong khi ở mô hình động tác ném từ phía bên của tay thì thân mình gập về phía chuyển động của tay ném.

Ném thấp tay

Các kỹ thuật ném đẩy thuộc loại này đặc trưng bởi các hoạt động của vai, mà chủ yếu là động tác gập ngang cánh tay từ tư thế duỗi ngang- lên cao (Hình 8.7). Trong giai đoạn chuẩn bị, trọng lượng cơ thể dồn vào chân phía sau và dần chuyển sang chân phía trước đồng thời với động tác bước. Đối với các vận động viên trình độ càng cao, bước này sẽ càng dài (Adrian & Cooper, 1989).

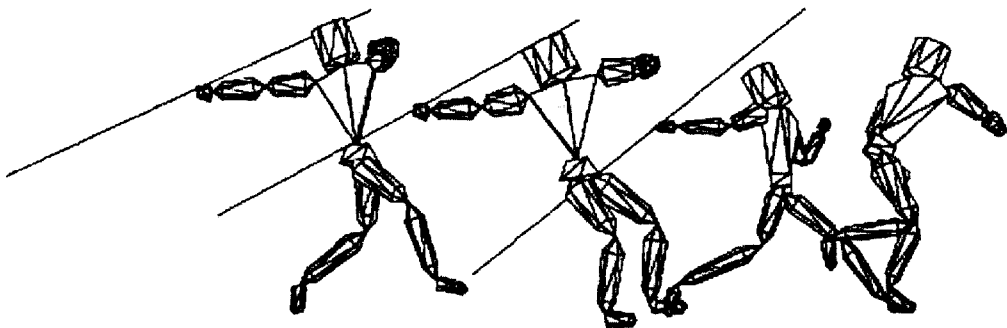


Hình 8.7. Mô hình động tác ném thấp tay

Trọng lượng cơ thể chuyển hết lên chân trước trong giai đoạn thực hiện ném, cùng lúc với khung chậu và thân trên xoay sang trái (đối với vận động viên thuận tay phải), khuỷu tay duỗi thẳng, và lúc ra tay (dụng cụ rời khỏi tay) kết thúc động tác hai tay song song, dọc theo thân mình, hoặc hơi ra trước. Dạng động tác ném thấp tay được sử dụng chủ yếu trong các môn thể thao như: Curling, bóng chày, bowling mười pin và skittles, v.v.

Ném cao tay

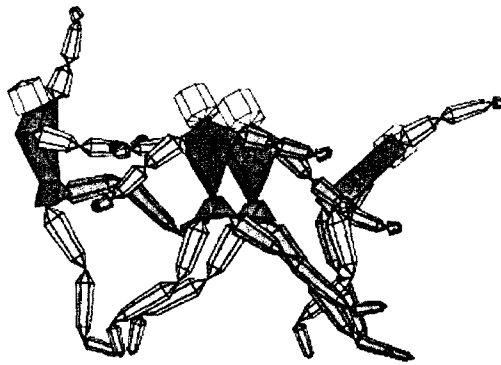
Dạng động tác này được đặc trưng bởi hoạt động xoay ra ngoài của xương cánh tay trong giai đoạn chuẩn bị và xoay vào trong ở giai đoạn thực hiện. Động tác quay cánh tay là một trong những động tác xoay các khớp nhanh nhất của cơ thể con người. Nhiều hoạt động khác của các khớp cũng giống như hoạt động khớp trong động tác ném thấp tay. Ví dụ, trình tự các động tác trong giai đoạn chuẩn bị ném quả bóng (chày) với người ném thuận tay phải, gồm: xoay khung chậu và thân sang phải, cánh tay đưa sang ngang và xoay ra ngoài, khuỷu tay duỗi và cổ tay ngửa hết mức. Những cử động này được tiếp nối theo trình tự, tại mỗi khớp kết hợp với cử động quay sấp của xương trụ và xương quay.



Hình 8.8. Ném lao

Động tác ném bóng chày, ném lao (Hình 8.8), ném từ khu vực quy định trong môn cricket... là những ví dụ điển hình về kiểu ném bằng cánh tay. Khối lượng (gia tốc) và kích thước của các vật ném, cùng với kích thước của khu vực đích và các

điều luật thi đấu riêng là những yếu tố ràng buộc mô hình chuyển động của động tác ném đẩy. Theo luật, động tác phát bóng trong môn cricket (Hình 8.9) khác biệt với các mô hình chuyển động tương tự khác, vì luật thi đấu không cho phép duỗi hết khuỷu tay ở bước cuối cùng khi phát bóng. Do vậy, hoạt động chủ đạo của khớp vai là xoay quanh một trục nhất định nào đó. Động tác ném biên trong bóng đá sử dụng động tác ném bằng hai tay (ném cao tay). Động tác đẩy tạ là sự kết hợp của các động tác ném cao tay với động tác đẩy duỗi căng tay. Các kỹ thuật ném bóng rổ sử dụng nhiều dạng biến thể khác nhau của mô hình động tác ném bằng cánh tay, tùy thuộc vào quy định của các điều luật thi đấu và những tình huống và tư thế ném bóng, kể cả những yêu cầu về tốc độ bóng rời tay và yêu cầu về độ chính xác. Động tác chuyền bóng trong môn bóng rổ, trong đó độ chính xác cũng rất quan trọng, thay đổi từ mô hình ném đẩy bằng cánh tay trên đầu và các quả chuyền trong bóng chày sang động tác đẩy có sự thay đổi về độ cao của quả chuyền bóng trước ngực. Trong động tác ném lao, yêu cầu chủ đạo về độ chính xác sẽ làm giới hạn cử động duỗi khớp khuỷu cùng với các cử động gấp - dạng khớp vai khi thực hiện kỹ thuật ném.



Hình 8.9. Ném bóng gỗ trong môn cricket

Ném đẩy từ phía bên của tay

Những động tác ném đẩy này khác với mô hình động tác ném đẩy cao tay và thấp tay chủ yếu là ở hoạt động hạn chế của khớp vai. Hoạt động chủ đạo ở đây là sự quay vòng của khung chậu và thân trên với cánh tay ở tư thế dạng đến vị trí gần như dang ngang. Không giống như hai loại trên, trong đó các động tác được thực hiện theo mặt phẳng đứng dọc, hoặc mặt phẳng nghiêng, các động tác chủ đạo trong ném đẩy từ phía bên của tay được thực hiện theo mặt phẳng đứng ngang. Ném đĩa, ném bóng chày và một số quả ném trong bóng ném thuộc về loại hình động tác này. Ném tạ xích (Hình 8.10) có lẽ là động tác đặc trưng nhất của loại hình ném đẩy từ phía bên của tay chứ không thuộc loại hình ném đẩy thấp tay.

8.2.2. Định hướng mục tiêu

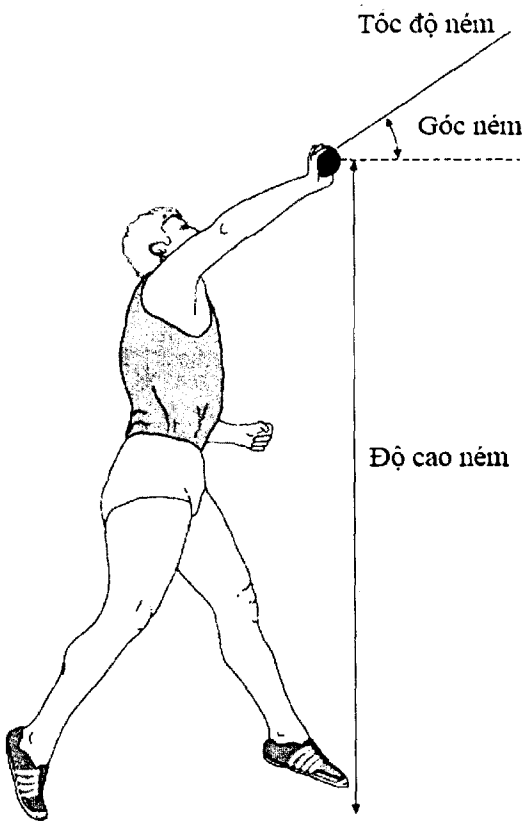
Mục tiêu của ném đẩy nói chung là đạt đến một khoảng cách, độ chính xác hoặc một thông số có sự kết hợp của hai yếu tố trên. Mục tiêu là yếu tố quan trọng trong việc xác định các nguyên tắc vận động nào cần phải được bàn luận nhiều hơn, và nguyên tắc nào cần bàn luận ít hơn, có thể áp dụng. Một số tác giả phân biệt giữa các động tác thiên về ném cho kết quả là khoảng cách, trong đó các chuyển động quay theo từng phân đoạn cơ thể

Hình 8.10. Ném tạ xích

xảy ra một cách tuần tự, và các động tác thiên về đẩy cho kết quả là độ chính xác, trong đó chuyển động quay theo phân đoạn cơ thể xảy ra một cách đồng thời. Tuy nhiên, có một số nội dung thi đấu ném đẩy trong thể thao không yêu cầu độ chính xác. Những nội dung như ném đĩa, phóng lao, ném tạ xích và đẩy tạ, trong đó cự ly ném là yếu tố quyết định, dụng cụ phải chạm đất trong một khu vực quy định và có những điều luật gâ hạn chế các kỹ thuật ném, đẩy. Trong các môn ném đẩy tính khoảng cách thì tốc độ ra tay, nghĩa là lực tác dụng vào các vật thể - dụng cụ được ném đi là rất quan trọng.

Ở một số hoạt động ném, không yêu cầu dụng cụ ném phải đạt tới cự ly tối đa mà cần độ chính xác hoặc thời gian bay trên không ngắn nhất. Yếu tố thời gian bay ngắn nhất là đặc biệt quan trọng đối với động tác ném bóng từ khu vực quy định đối với thủ môn ở môn bóng chày. Trong những trường hợp này, tốc độ, độ cao và góc ra tay cần phải đạt những giá trị hợp lý để thời gian bay của dụng cụ là ngắn nhất với độ chính xác và cự ly ném không đổi. Trong những kỹ năng ném đòi hỏi độ chính xác như ném phi tiêu, hoặc một số quả truyền và quả ném phạt trong môn bóng rổ thì yếu tố ra tay (dụng cụ rời khỏi tay ném) lại yêu cầu phải đạt được độ chính xác trong một cự ly không đổi. Yếu tố then chốt của các kỹ thuật này là sự phối hợp hành động hợp lý (cân đối) giữa tốc độ và độ chính xác. Vấn đề này đã được Brancazio (1992) nghiên cứu kỹ lưỡng ở môn bóng rổ và sẽ được đề cập cụ thể hơn ở cuối phần này.

Tối ưu hóa động tác ra tay



Hình 8.11. Các tham số trong ném dĩa

Tốc độ ra tay (v_0)

Là độ lớn của vector vận tốc của dụng cụ ném tại thời điểm rời khỏi tay. Khi góc ném và độ cao ném không đổi thì tốc độ ra tay sẽ xác định biên độ dịch chuyển theo phương thẳng đứng tối đa của dụng cụ (đỉnh của nó) và phạm vi (cự ly) của nó (dịch chuyển theo phương nằm ngang tối đa). Tốc độ ra tay càng lớn thì đỉnh của đường bay và cự ly bay càng lớn. Trên thực tế, người ta thường nghiên cứu vận tốc bay của dụng cụ theo hai thành phần là vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang và vận

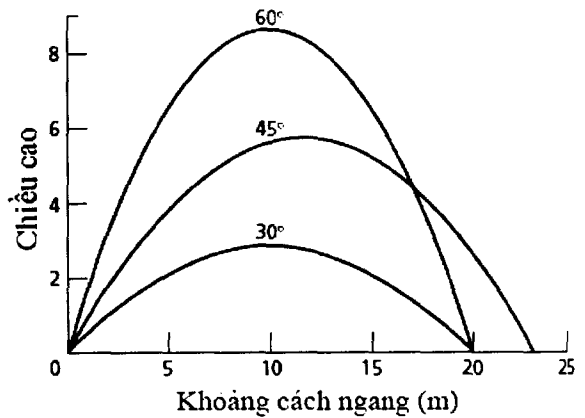
Các vật thể được ném vào không trung sẽ chịu sự tác động của lực trọng trường và lực cản không khí. Trong thể thao, được gọi là các dụng cụ ném dĩa.

Các tham số ra tay

Có ba tham số, ngoài gia tốc trọng trường (g), xác định quỹ đạo của một dụng cụ ném dĩa đơn lẻ, chẳng hạn như một quả bóng, quả tạ hoặc tạ xích, đó là tốc độ, góc độ và độ cao ở thời điểm dụng cụ rời tay người ném (Hình 8.11).

Góc ra tay hay góc ném (θ)

Góc ném là góc giữa vector vận tốc của dụng cụ và phương nằm ngang tại thời điểm dụng cụ rời khỏi tay ném, dĩa. Độ lớn của góc ném phụ thuộc vào mục đích của hoạt động. Trong trường hợp không có các lực khí động học, tất cả các dụng cụ được ném đi sẽ chuyển động theo một quỹ đạo có hình dạng parabol phụ thuộc vào độ lớn của góc ném (Hình 8.12).



Hình 8.12. Ảnh hưởng của góc ném đến hình dáng parabol quỹ đạo bay với tốc độ ném đi là 15m/s và độ cao ném là 0 (theo Bartlett 1997)

tốc chuyển động theo phương thẳng đứng, và phân tích chúng một cách độc lập. Theo phương nằm ngang, một vật thể được “ném” ra không chịu bất kỳ lực tác động bên ngoài nào (bỏ qua sức cản không khí) sẽ duy trì liên tục vận tốc di chuyển theo phương nằm ngang trong giai đoạn bay trên không của nó. Cự ly di chuyển của một vật thể được “ném” đi bằng tích của vận tốc di chuyển theo phương nằm ngang và thời gian bay của nó ($S = v.t$). Tốc độ ra tay là thông số quan trọng nhất trong các thông số ra tay để xác định cự ly di chuyển đạt được, bởi vì khoảng cách bay của vật tỷ lệ với bình phương của tốc độ ra tay. Tăng gấp đôi tốc độ ra tay sẽ tăng khoảng cách lên bốn lần.

Độ cao của dụng cụ tại thời điểm rời tay (y_0)

Không phải là bằng 0 nếu dụng cụ được ném đi rơi xuống đất ở mức cao hơn hoặc thấp hơn độ cao mà tại đó nó được ném đi. Trường hợp này thường gặp ở hầu hết các hoạt động ném, đẩy trong thể thao, ví dụ như trong đẩy tạ hoặc ném bóng rổ. Với tốc độ và góc ra tay cho trước, độ cao tương đối của dụng cụ tại thời điểm được ném đi càng cao thì thời gian bay càng dài, cự ly bay và độ cao tối đa sẽ càng lớn.

Sự tương tác của các thông số để dụng cụ rời tay trong điều kiện tối ưu

Mục đích của nhiều động tác kỹ thuật ném đẩy trong thể thao là nhằm làm cho dụng cụ bay tới một khoảng cách xa nhất trong những điều kiện ràng buộc nhất định. Việc tăng tốc độ ra tay ($v > 0$) hoặc độ cao lúc dụng cụ rời khỏi tay ném luôn luôn đi kèm với sự gia tăng cự ly bay. Nếu mục đích ném là để tối đa hóa cự ly bay thì điều quan trọng là việc xác định góc ra tay tốt nhất để đạt được điều này (góc tối ưu). Góc ra tay tối ưu để dụng cụ bay đi xa nhất với độ cao tương đối lúc dụng cụ rời tay bằng 0 là 45° .

Công thức tổng quát để tính góc ra tay tối ưu (θ) trong trường hợp độ cao dụng cụ tại thời điểm rời khỏi tay ném khác 0 ($\neq 0$) là:

$$\cos 2\theta = \frac{gy_0}{v_0^2 + gy_0} \quad (8.4)$$

Ví dụ, với một vận động viên đẩy tạ có trình độ, tính theo công thức này sẽ cho một giá trị khoảng 42° . Mặc dù các góc ra tay tối ưu với các giá trị cho trước v_0 và y_0 có thể dễ dàng xác định được về mặt toán học, song chúng không phải lúc nào cũng tương ứng với những thành tích ghi được của những vận động viên xuất sắc nhất trong các nội dung thi đấu thể thao. Điều này thậm chí còn đúng cả với nhiều môn ném, trong đó đường bay của dụng cụ được ném gần nhất với hình dạng parabol đối với tất cả các dụng cụ ném trong thể thao. Lý do ở đây là việc tính góc ra tay tối ưu đã được thừa nhận, tính tốc độ ra tay và góc ra tay độc lập với nhau. Tuy

nhiên, đối với vận động viên đẩy tạ, tốc độ ra tay và góc ra tay không độc lập với nhau, do sự sắp xếp và cơ chế hoạt động của các cơ bắp sẽ được sử dụng để tạo ra tốc độ ra tay của tạ. Sẽ đạt được tốc độ ra tay lớn hơn, và do đó tăng được cự ly ném ở một góc nhỏ hơn (khoảng 35°) so với góc ra tay tối ưu cho giai đoạn bay của dụng cụ. Nếu vận động viên đẩy tạ tìm cách tăng góc ra tay đến giá trị gần với góc ra tay tối ưu thì tốc độ ra tay sẽ giảm và do đó, cự ly ném cũng giảm.

Đã có một số công trình nghiên cứu đánh giá sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các thông số ra tay trong môn ném lao. Hai thông số có mối tương quan được biết đến là tốc độ và góc ra tay. Hai nhóm nghiên cứu đã điều tra mối quan hệ này, một nhóm sử dụng một quả bóng 1 kg và nhóm kia sử dụng một cây lao chuyên dụng. Thật không ngờ, cả hai nhóm nghiên cứu đều tìm thấy mối tương quan rất giống nhau trong phạm vi liên quan, thể hiện bởi phương trình:

$$\text{Tốc độ ra tay} = \text{Tốc độ ra tay ấn định} - 0,13 (\text{góc ra tay} - 35) \quad (8.5)$$

Ở đây, góc được tính bằng độ ($^\circ$) và tốc độ được tính bằng m/s . Tốc độ ra tay ấn định được xác định, nghĩa là tốc độ tối đa mà vận động viên có thể đạt được ở góc ra tay bằng 35° .

Đối với những động tác kỹ thuật mà độ chính xác là yêu cầu chính, quyết định sự thành công của quả ném, như trong kỹ thuật ném rỏ ở môn bóng rỏ lại này sinh vấn đề phức tạp khác. Mối tương quan giữa tốc độ bóng ra tay và góc ra tay, trong trường hợp này, sẽ phải đáp ứng được tính hợp lý giữa tốc độ và độ chính xác. Khi bóng ra tay ở độ cao nhất định và từ khoảng cách nhất định so với rỏ thì chỉ có một góc ra tay duy nhất để quả bóng đi qua tâm rỏ với bất kỳ tốc độ ra tay thực tế nào. Độ sai lệch về tốc độ và góc ra tay tồn tại quanh cặp giá trị này. Sự sai lệch về tốc độ ra tay tăng cùng với góc ra tay, nhưng tăng rất chậm. Tuy nhiên, độ sai lệch về góc ra tay đạt đến một đỉnh cao rõ rệt khi góc ra tay nằm trong giới hạn một vài độ của *góc - tốc độ tối thiểu* (góc mà ở đó tốc độ ra tay sẽ là tối thiểu để bóng được ném trúng rỏ). Góc - tốc độ tối thiểu là thông số chủ yếu cần được xem xét, đặc biệt là khi ném rỏ ở tốc độ tối thiểu đòi hỏi phải có lực tối thiểu từ người ném. Do đó góc - tốc độ tối thiểu là góc tốt nhất.

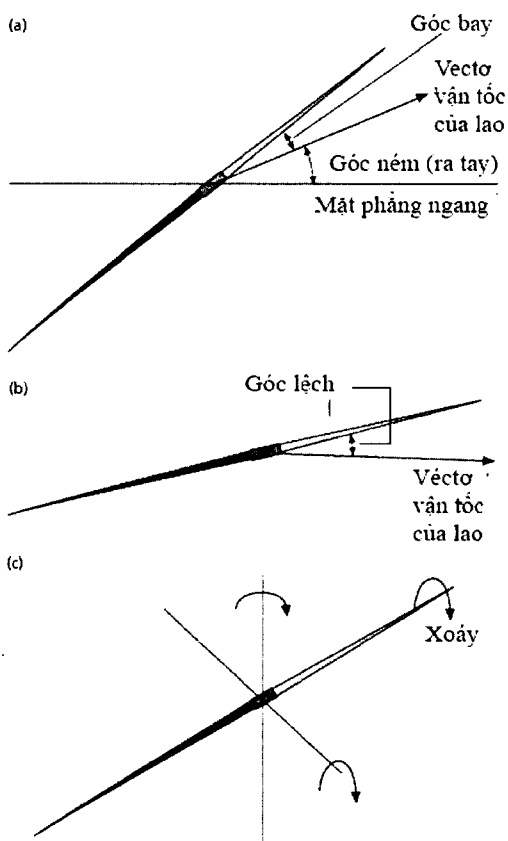
8.2.3. Hiệu ứng khí động học

Trong một số nội dung thi đấu ném đẩy, chẳng hạn như ném lao, ném đĩa, hay ném một quả bóng xoáy, đặc tính khí động học của dụng cụ được ném đi có thể ảnh hưởng đáng kể đến quỹ đạo bay của nó. Nó có thể bay xa hơn hay gần hơn so với cự ly mà nó đã đạt được nếu được ném đi trong môi trường chân không, và nó có thể đi chệch hướng lên - xuống (hoặc đi chệch sang ngang). Trong những trường hợp như

vậy, các tính toán về cự ly bay và các thông số ra tay tối ưu cần phải được sửa đổi đáng kể để xem xét các lực khí động học tác động tới dụng cụ được ném đi. Hơn nữa, các thông số ra tay khác nhau (Hình 8.13) cũng rất quan trọng, bao gồm các vận tốc góc của dụng cụ tại thời điểm rời khỏi tay ném, chẳng hạn như sự xoáy của quả bóng hoặc của đĩa và vận tốc góc lệch sang ngang hoặc cắm xuống của cây lao - và các góc “khí động học” - góc bay chệch sang bên hoặc chệch lên - xuống của cây lao hoặc đĩa ...

8.2.4. Các nguyên lý kỹ thuật ném đẩy

Kỹ thuật ném đẩy phải thực hiện theo các nguyên tắc cơ sinh học của các hoạt động phối hợp: các định luật vật lý và sinh học cơ bản xác định chuyển động của con người. Những nguyên tắc này được chia thành (theo Bartlett 1999):



Hình 8.13. Các góc khí động học trong ném lao: a- Các góc ảnh hưởng đến cự ly; b- So với mặt phẳng ngang; c- Vận tốc góc của lao

- Nguyên tắc chung, có giá trị cho tất cả các hoạt động ném, đẩy;

- Nguyên tắc tổng quát từng phần, có giá trị cho các nhóm lớn các hoạt động, ví dụ, ném đẩy tính khoảng cách hoặc những nội dung ném đẩy yêu cầu sự chuẩn xác hoặc độ chính xác;

- Nguyên tắc riêng, có giá trị đối với những nội dung ném đẩy cụ thể.

Sự phối hợp hoạt động của các khớp và các cơ thường được coi là rất quan trọng để thực hiện thành công các động tác ném đẩy. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng không phải tất cả các giả định cơ bản đều đã được kiểm tra một cách nghiêm ngặt. Ví dụ, việc chuyển mômen quay giữa các phân đoạn cơ thể thường được xem là đặc tính của các hoạt động sức mạnh (động tác mạnh mẽ) trong thể thao, trong đó có các động tác ném đẩy. Một số nhà nghiên cứu đã chỉ ra rằng, trong động tác đá bóng, mômen quay không được chuyển từ đùi đến cẳng chân khi tốc độ chuyển động của đùi chậm lại. Thay vào đó, hiệu suất của cú đá sẽ được cải thiện nếu đùi không giảm tốc độ động tác. Sự giảm

tốc độ của đùi là do chuyển động của cẳng chân thông qua quán tính kết hợp giữa hai phần. Vì động tác đá bóng có nhiều điểm chung với động tác ném - đặc trưng của động tác đá bóng cũng giống như động tác ném, nên chúng ta có thể coi hành vi vận động từ đầu xa đến đầu gần ở đây cũng tương tự như đối với các phân đoạn cánh tay trong động tác ném dậm. Điều này đã được xác nhận đối với sự phối hợp hoạt động của cánh tay và cẳng tay trong động tác ném bóng. Hơn nữa, vai trò của khả năng thay đổi động tác trong mỗi cá nhân và giữa các cá nhân về khoảng cách và độ chính xác chi phối các động tác ném cho đến nay vẫn chưa được giải thích đầy đủ. Tình trạng thiếu các công trình nghiên cứu về khả năng ứng dụng các nguyên lý của hoạt động tổng hợp cũng cần phải được quan tâm khi tìm hiểu và áp dụng các các nội dung được trình bày dưới đây.

Nguyên tắc chung

Sử dụng ứng suất trước (dự ứng lực)

Nguyên tắc này liên quan đến chu kỳ kéo căng - rút ngắn của cơ. Trong khi thực hiện hầu hết các động tác ném dậm, một phân đoạn thường di chuyển theo hướng ngược lại với hướng dự định, điều này sẽ được xem xét cụ thể hơn trong phân tích theo các giai đoạn dưới đây. Cử động theo hướng ngược lại ban đầu thường chỉ đơn giản là cần thiết để cho phép chuyển động tiếp theo xảy ra. Các lợi ích khác đạt được nhờ cự ly tăng tốc tăng lên (kéo dài quãng đường tăng tốc) và những hiện tượng khác xảy ra trong chu kỳ kéo căng - rút ngắn của cơ bắp. Sự thay đổi trong chu kỳ kéo căng - rút ngắn của cơ bắp gây nên sự kích hoạt phản xạ kéo giãn, lưu trữ năng lượng đàn hồi, và kéo giãn cơ tới chiều dài tối ưu để rồi co lại với một lực mạnh mẽ.

Giảm thiểu năng lượng tiêu hao

Nguyên tắc này liên quan đến năng lượng trao đổi chất được sử dụng để thực hiện một nhiệm vụ cụ thể, nó còn được gọi là nguyên tắc hạn chế kích thích cơ bắp. Cơ sở của nguyên tắc này là cơ chế thích nghi trong quá trình hình thành kỹ xảo vận động, ví dụ, giảm bớt các cử động không cần thiết trong quá trình học kỹ thuật động tác ném dậm.

Nguyên tắc giảm thiểu mức độ phức tạp của bài tập

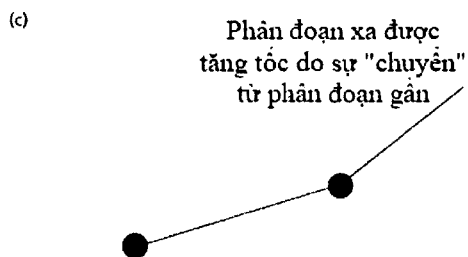
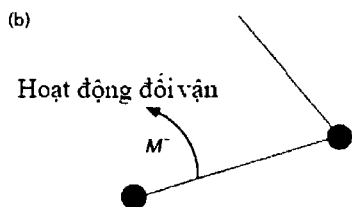
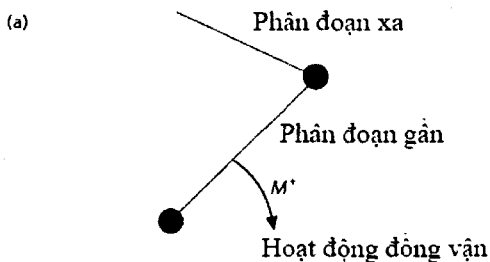
Nguyên tắc này liên quan đến việc kiểm soát các bậc tự do dư thừa trong chuỗi động học. Chuỗi động học (thường được gọi là chuỗi mắt xích động học, và thuật ngữ này sẽ được sử dụng trong suốt phần còn lại của chương này) phát sinh từ phân đoạn gần nhất đến phân đoạn xa nhất. Sự phối hợp của chuỗi mắt xích động học đó trở nên phức tạp hơn khi các bậc tự do – các trục quay có thể xảy ra cùng với các hướng chuyển động thẳng ở mỗi khớp tăng lên. Chuỗi mắt xích động học đối với các động tác ném dậm, từ đai vai đến các ngón tay, có khoảng 17 bậc tự do. Rõ ràng là

nhiều mắt xích trong chuỗi này cần phải được kiểm soát khi muốn thay đổi động tác ở bất kỳ mức độ nào. Ví dụ, trong quả ném phạt ở môn bóng rổ, đầu thủ ném phạt giữ khuỷu tay ngang vai để giảm bớt các bậc tự do không cần thiết. Các lực cần phải được tác dụng theo hướng chuyển động cần thiết. Nguyên tắc này giải thích lý do tại sao những động tác khi đã trở thành kỹ xảo, kể cả các động tác ném đẩy, trông rất đơn giản.

Nguyên tắc tổng quát từng phần

Hoạt động tuần tự của cơ bắp

Nguyên tắc này được biểu hiện theo trình tự luân phiên: tổng các nội lực, tổ chức nối tiếp theo chuỗi, và truyền mômen quay dọc theo chuỗi mắt xích động học.



Hình 8.14. Chuỗi mắt xích động học mở:

(a) Mômen lực đồng vận (M^+) của các khớp gần; (b) Mômen lực đối vận (M^-) của các khớp gần; (c) sự "chuyển" mômen lực từ phân đoạn của khớp gần đến phân đoạn của khớp xa.

Đây là yếu tố quan trọng nhất để có thể đưa dụng cụ được ném đi đến một cự ly xa nhất, chẳng hạn như ném đĩa. Nó liên quan đến việc huy động các phân đoạn cơ thể vào quá trình thực hiện động tác ở từng thời điểm một cách chính xác. Các chuyển động được khởi phát bởi các nhóm cơ lớn, mà thường là các cơ có cấu trúc dạng lông vũ và là các nhóm cơ phát lực để thắng được quán tính của toàn bộ cơ thể cộng với dụng cụ được ném. Chuỗi cử động này được tiếp tục bởi các cơ co nhanh hơn ở các chi. Các cử động này không chỉ có tầm vận động và tốc độ lớn hơn mà độ chính xác của chúng cũng được cải thiện, do ở đây, mỗi neurone vận động điều khiển một số lượng sợi cơ ít hơn (tỷ lệ phân bố thần kinh lớn hơn). Các phân đoạn gần thực hiện vận động trước các phân đoạn ở xa theo tuần tự chính xác, đảm bảo cho cơ bắp được kéo dài để làm tăng sức căng trước khi chúng co lại.

Các động tác ném đẩy thường bao gồm một chuỗi mắt xích động học mở - có một đầu tự do (Hình 8.14). Nghĩa là sau đó một phân đoạn ở xa có thể xoay mà không có bất kỳ hoạt động cơ nào tại khớp

ở đầu gần của nó. Điều này có thể xảy ra nếu cử động của phân đoạn ở đầu gần có sự giảm tốc, do cơ đối kháng chẳng hạn, và xung lực được chuyển dọc theo chuỗi mắt xích động học. Đặc điểm này thường gắn với các động tác ném – vút. Người ta thường thấy cơ tam đầu cánh tay hoạt động rất ít hoặc hầu như không hoạt động, ví dụ, trong giai đoạn thực hiện động tác ném bóng chày của các vận động viên có trình độ, mặc dù có việc duỗi ở khớp khuỷu trong giai đoạn này. Tuy nhiên, như đã đề cập ở trên, có rất ít công trình nghiên cứu đã được công bố liên quan đến những vấn đề cơ bản như: có sự chuyển từ đầu xa đến đầu gần, như trong động tác đá bóng mà ở đó, các phân đoạn ở xa làm giảm tốc độ của đoạn ở gần chứ không phải là sự truyền xung lực từ phần sau đến phần trước hay không.

Đối với những trường hợp khác cũng có nhận xét tương tự, chẳng hạn như động tác ném có phải là một hành động giống như động tác vung hoặc quất một cái roi hay không. Khi một cái roi da được quất xuống thì sự uốn cong dưới dạng sóng sẽ chạy dọc theo suốt chiều dài của nó và truyền động năng từ đầu gần đến đầu xa. Mặc dù đã mặc nhiên công nhận rằng, các vận động viên ném có trình độ kỹ thuật cao đều sử dụng nguyên tắc này, nhưng có rất ít bằng chứng thực nghiệm củng cố cho giả thuyết này. Bằng mẫu mô phỏng động tác ném trên máy tính đơn lẻ với một cơ ở khớp gối và một cơ ở khớp khuỷu, Alexander (1991) chỉ rõ hoạt động tuần tự của hai cơ này đã tạo ra cú ném xa hơn so với cự ly ném đạt được khi chúng đồng thời hoạt động. Điều này phù hợp với nguyên tắc đang được đề cập ở phần này (nguyên tắc hoạt động tuần tự của các cơ tham gia động tác), và cũng đã được Herring và Chapman (1992) công bố với mô hình ba phân khúc. Alexander cũng phát hiện thấy rằng khoảng trễ duy nhất giữa hoạt động của hai cơ này đã nâng tổng số công mà chúng sinh ra đạt đến mức tối đa. Tuy nhiên, khoản trễ dài hơn đã làm tăng tỷ trọng lượng công thực hiện đã được chuyển đổi thành động năng của dụng cụ được ném đi. Điều này cho thấy việc giải thích các động tác ném theo kiểu vút roi là đơn giản hóa quá mức và làm lẫn về ý tưởng.

Giảm thiểu quán tính

Yếu tố này là quan trọng nhất đối với các môn ném đẩy đòi hỏi tốc độ ra tay lớn. Các cử động tại bất kỳ khớp nào đều phải được bắt đầu với các khớp ở đầu xa tại một vị trí mà mômen quán tính là nhỏ nhất để tối đa hóa khả năng tăng tốc độ quay. Ví dụ, trong kỹ thuật ném lao, giai đoạn ra sức cuối cùng bắt đầu bằng cử động cơ khuỷu tay để giảm mômen quán tính của cánh tay và lao quanh khớp vai. Nguyên tắc này liên quan đến việc tạo và truyền mômen quay, được thực hiện bằng những thay đổi về mômen quán tính.

Nguyên tắc tạo xung lực

Nguyên tắc này, một lần nữa, là trọng yếu đối với các nội dung thi đấu ném đẩy mà thành tích được tính bằng khoảng cách. Nó liên quan đến phương trình xung lực – động lượng:

$$\text{Xung lực} = \text{sự thay đổi động lượng} = \text{lực bình quân} \times \text{thời gian hành động có hiệu lực} \quad (8.6)$$

Phương trình này cho thấy xung lực lớn là điều kiện cần thiết để tạo ra sự thay đổi lớn của động lượng. Điều này đòi hỏi lực quân bình quân phải lớn hoặc thời gian của hành động phải kéo dài. Để tạo xung lực, lực quân bình phải vượt trội do thời gian thực hiện các cử động ngắn và mang tính bột phát, chẳng hạn như đẩy tạ, là môn đòi hỏi sức mạnh, cũng có nghĩa là thực hiện hành động nhanh chóng.

Tối đa hóa cự ly tăng tốc

Nguyên tắc này bắt nguồn từ mối quan hệ năng lượng – công ($\Delta E = Fs$), trong đó cho thấy rằng sự thay đổi lớn về năng lượng cơ học (ΔE) đòi hỏi lực bình quân phải lớn (F) hoặc khoảng cách tác dụng lực phải được kéo dài tối đa (s). Đây là một nguyên tắc quan trọng đối với các kỹ thuật động tác ném đẩy đòi hỏi tốc độ ra tay lớn, ví dụ, vận động viên đẩy tạ thực hiện bước trượt đà dài đến hết chiều rộng của vòng đẩy tạ. Trong các động tác ném đẩy ở dạng này, các cơ hoạt động về cơ bản giống như một máy gia tốc.

Các hoạt động như vậy, chỉ có thể quan sát thấy trên điện cơ đồ khi cơ đang co, nếu ta tiến hành ghi khoảng trễ của dòng điện cơ học chứ không phải là cơ đang làm gì. Để hiểu đầy đủ hơn về sự hoạt động của cơ, cần phải có thêm thông tin chi tiết về chuyển động của các phân đoạn, các lực và mômen quay tại các khớp. Điều này trở nên phức tạp hơn khi độ dài của chuỗi mắt xích động học tăng, mặc dù các cơ vẫn sẽ tạo ra mômen quay quanh khớp. Mômen quay tại bất kỳ khớp nào cũng sẽ phụ thuộc không chỉ vào các tác động làm tăng tốc tại khớp đó nhờ các cơ chạy ngang qua nó, mà phụ thuộc vào sự tăng tốc ở các khớp khác trong chuỗi động học đó.

Độ ổn định

Để có sự ổn định, cần phải có một chân đế rộng làm chỗ dựa, điều này không chỉ có ý nghĩa với các môn ném đẩy yêu cầu độ chính xác, chẳng hạn như phi tiêu, mà còn với nhiều nội dung thi đấu ném đẩy tính khoảng cách, mà ở đó có sự thay đổi đột ngột về vectơ lực. Các thành phần theo phương nằm ngang của phản lực từ mặt sân, đặc biệt là lên chân trước của vận động viên là quan trọng trong việc thiết lập một chân đế vững chắc và loại bỏ khả năng bị trượt khi thực hiện động tác ném

một cách mạnh mẽ. Để đạt được điều này, người ta thường sử dụng giày được đóng đinh bằng nhựa tổng hợp hoặc kim loại nhằm gia tăng độ bám.

Hạn chế chuyển động theo đường thẳng

Nguyên tắc này (còn được gọi là nguyên tắc mômen bản lề hay mômen tiếp hợp) đôi khi được đưa ra để giải thích các động tác trong những môn ném đẩy có chạy đà. Các lực tiếp xúc với mặt sân trong bước ra sức cuối cùng làm cho tốc độ chuyển động của toàn bộ cơ thể chậm lại. Tuy nhiên, nguyên tắc này cũng nói lên rằng những lực này sẽ làm cho thân trên của vận động viên, và dụng cụ được ném ra xoay quanh chân trụ và tăng tốc. Để tận dụng được hiệu quả của nguyên tắc này, các lực tác động lên hai chân phải được phát động từ phía sau trọng tâm của cơ thể, không được ở phía trước hoặc xuyên qua trọng tâm cơ thể. Tuy nhiên, cho tới nay, rất ít công trình nghiên cứu thực nghiệm đưa ra được những lý lẽ củng cố cho nguyên tắc này.

Các giai đoạn của kỹ thuật ném đẩy

Bước đầu tiên trong việc phân tích một kỹ xảo vận động thường là xác định khoảng thời gian của các giai đoạn thực hiện động tác. Điều này đôi khi được gọi là phân đoạn của động tác. Việc phân chia động tác ném đẩy thành các giai đoạn (pha) riêng biệt, nhưng liên kết chặt chẽ với nhau này cũng hữu ích cho việc nghiên cứu, do tính phức tạp của các kỹ thuật ném đẩy. Các giai đoạn của kỹ thuật động tác cần được lựa chọn sao cho chúng có một vai trò riêng biệt về mặt sinh cơ học trong động tác tổng thể, đó là sự khác biệt của giai đoạn đó so với các giai đoạn trước đó và các giai đoạn kế tiếp nó. Mỗi giai đoạn sẽ thực hiện một chức năng sinh cơ học xác định và có ranh giới dễ nhận thấy, người ta thường gọi đó là những điểm mấu chốt hoặc những tình huống mấu chốt. Mặc dù các phân tích theo từng giai đoạn có thể giúp cho việc tìm hiểu về kỹ thuật các động tác ném đẩy, song đặc điểm cơ bản của các động tác này là sự toàn vẹn của chúng, do vậy khi tiến hành phân tích bất kỳ giai đoạn nào của động tác ném đẩy đều phải luôn luôn lưu ý tới đặc điểm này.

Các giai đoạn của động tác kiểu “vút roi”

Các động tác kiểu vút roi được xem xét trên phương diện động lực học là những động tác được khởi phát bởi hoạt động của cơ chủ vận, tiếp đó là thời kỳ “thả” không có kích hoạt cơ, và kết thúc bằng việc giảm tốc của các cơ đối kháng hoặc bằng các cấu trúc mô thụ động. Những động tác này nói chung là nhanh. Nhiều động tác thể thao kiểu vút roi, kể cả các động tác ném đẩy, về mặt sinh cơ học có thể được chia thành ba giai đoạn: chuẩn bị, hành động và giữ thẳng bằng (hoãn xung). Mỗi giai đoạn này có chức năng sinh cơ học cụ thể. Các giai đoạn sau phụ thuộc vào giai đoạn, hoặc các phần trước đó. Cần lưu ý rằng, khi ghi lại thời gian của các giai

đoạn này, cần phải xác định và lựa chọn danh giới thích hợp giữa các giai đoạn. Ví dụ, trong động tác ném bóng vợt (môn thể thao dùng vợt để bắt bóng), kết thúc của động tác đưa vợt ra sau có thể được chọn là điểm kết thúc của giai đoạn chuẩn bị và bắt đầu của giai đoạn hành động. Tuy nhiên, ngay tại thời điểm này, hai chân và thân trên sẽ ở trong tư thế của giai đoạn hành động, trong khi các khớp ở đầu xa của cánh tay ném có thể vẫn chưa đạt đến tư thế kết thúc của giai đoạn chuẩn bị. Điều này thể hiện nguyên tắc hoạt động tuần tự của các cơ bắp (xem ở trên). Đây cũng là một nhược điểm của phương pháp phân tích theo giai đoạn, đó là việc lựa chọn các điểm mấu chốt có thể chỉ theo nhận định chủ quan của người nghiên cứu.

Giai đoạn chuẩn bị

Giai đoạn này có các chức năng cơ sinh học sau đây.

- Đưa cơ thể vào tư thế thuận lợi cho giai đoạn hành động.
- Kéo dài đến tối đa phạm vi chuyển động của dụng cụ và cả của trọng tâm cơ thể người ném, tức là làm tăng cự ly tăng tốc.
- Cho phép các phân đoạn lớn hơn bước vào cử động ném (hoạt động tuần tự của cơ bắp).

• Đặt các cơ chủ vận ở vào trạng thái kéo giãn (chu kỳ kéo dài - rút ngắn), do đó tăng hiệu ứng của thoi cơ dẫn đến tăng cường sự giải phóng các hoạt chất trong sợi gamma và tăng cường các xung động qua neurone hướng tâm đến các đơn vị vận động của cơ hoạt động. Nếu mục tiêu của động tác ném là khoảng cách thì cử động vung ra sau nhanh sẽ làm tăng lợi thế khi thực hiện động tác (phụ thuộc vào tốc độ), còn cử động vung ra sau với một cự ly kéo dài sẽ làm tăng phản ứng trương lực (phụ thuộc vào vị trí). Cử động vung ra sau nhanh sẽ thúc đẩy sự gia tăng tần số xung động trong thoi cơ dẫn đến một hành động mạnh mẽ hơn, trong khi một khoảng ngập ngừng tối thiểu giữa giai đoạn chuẩn bị và hành động sẽ cho phép sử dụng đầy đủ các phản ứng giai đoạn. Nếu mục tiêu của động tác là khoảng cách, với tư thế chuẩn bị được tổ chức chặt chẽ, như trong môn ném đĩa, thì sẽ không thể sử dụng các phản ứng giai đoạn. Để sử dụng được trọn vẹn phản ứng trương lực (phản ứng khi kéo căng cơ) thì cần phải thực hiện cử động vung ra sau với một cự ly dài nhất có thể và phù hợp với các yêu cầu khác. Nếu độ chính xác là mục tiêu chính của động tác thì giai đoạn chuẩn bị phải ngắn và chậm lại để có thể kiểm soát hoạt động của thoi cơ và tính giai đoạn nhằm tạo ra các lực nhỏ ở mức cần thiết. Khoảng ngập ngừng ở cuối giai đoạn chuẩn bị sẽ cho phép phản ứng giai đoạn giảm bớt mức độ căng cơ và giúp cho việc thực hiện động tác được chính xác, điều này có thể thấy rõ trong kỹ thuật của các vận động viên ném phi tiêu trình độ cao, đó là:

- Sử dụng lợi thế của mối quan hệ giữa độ dài và sức căng của cơ bắp bằng cách làm tăng độ dài của cơ tới ngưỡng mà ở đó xuất hiện sức căng lớn nhất (khoảng 1,2 lần chiều dài của cơ lúc nghỉ).

- Cho phép tích lũy năng lượng đàn hồi trong các thành phần *đàn hồi kế tiếp* và các thành phần *đàn hồi song song* của các cơ chủ vận. Năng lượng này, sau đó có thể được “hoàn lại” trong giai đoạn hành động.

- Giảm nhẹ thể Golgi ở gân cơ của các cơ chủ vận nhờ sự co rút của các cơ đối kháng.

Giai đoạn hành động (thực hiện)

Nhiều nguyên lý sinh cơ học chung về các động tác liên hợp được thể hiện rõ trong giai đoạn này. Ở những vận động viên ném đẩy trình độ cao, chúng ta thường quan sát thấy hoạt động theo trình tự của các cơ như là các phân đoạn được huy động vào thực hiện kỹ thuật động tác vào đúng thời điểm cụ thể. Các cử động được khởi phát bởi những nhóm cơ lớn và tiếp diễn bởi các cơ co nhanh hơn, nhỏ hơn và ở đầu xa hơn của các chi thể. Điều này sẽ làm tăng tốc độ trong suốt quá trình thực hiện động tác khi tầm vận động của các phân đoạn tăng lên. Độ chính xác của động tác cũng tăng nhờ sự huy động các cơ có tỷ lệ các sợi cơ được hoạt hóa tăng cao. Các lực phát sinh từ các phân đoạn được đặt theo hướng động tác, và các cử động được bắt đầu với quán tính nhỏ nhất nhờ cử động trước đó trong chuỗi mắt xích động học. Cuối cùng, các bậc tự do không cần đến sẽ được kiểm soát. Các cử động sẽ tuân theo các đặc tính sinh cơ học này nếu như yếu lĩnh kỹ thuật (động hình, hay mô hình chuyển động của động tác) được thực hiện chính xác. Ở các môn ném tính khoảng cách mà ở đó tốc độ ra tay là yếu tố chủ đạo thì tất cả các nguyên tắc này thể hiện rất rõ, còn ở các môn ném đòi hỏi độ chính xác thì một hoặc một số nguyên tắc sẽ ít quan trọng hơn.

Giai đoạn kết thúc hay giai đoạn giữ thăng bằng

Giai đoạn này gắn liền với việc giảm tốc độ vận động một cách có kiểm soát bằng hoạt động co nhượng bộ của các cơ thích hợp và đưa cơ thể trở về tư thế thăng bằng (ổn định).

Các giai đoạn của các động tác ném đẩy khác

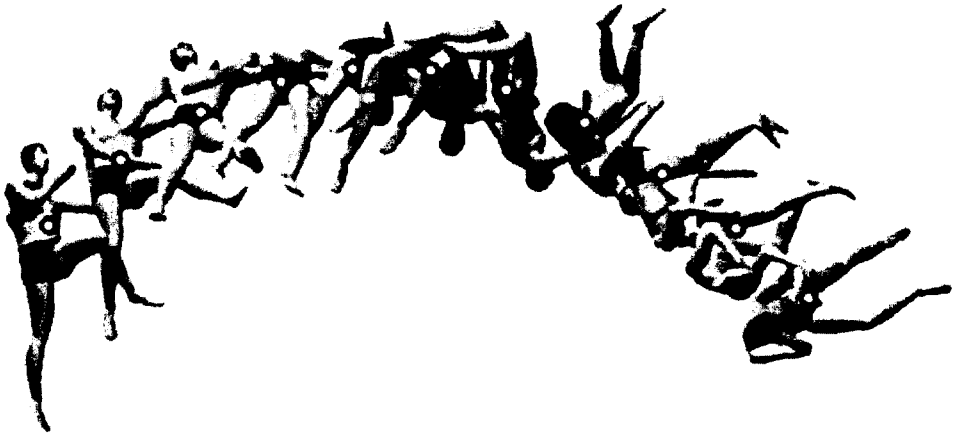
Một số động tác ném đẩy không hoàn toàn trùng hợp với động hình vận động trên. Ví dụ, kỹ thuật động tác ném lao thường được xác định có các giai đoạn sau:

- 1) Chạy đà: tăng tốc có kiểm soát;
- 2) Chuyển lao ra sau: gia tăng cự ly tăng tốc của lao;

- 3) Bước chéo;
- 4) Ra sức cuối cùng: giai đoạn ném lao;
- 5) Giữ thăng bằng.

8.3. Các động tác trên không

Trong giai đoạn trên không của các bài tập thể thao, vận động viên sẽ rơi tự do theo lực hấp dẫn. Trong khi rơi tự do, cơ quan phân tích thăng bằng ở tai trong không hoạt động như lúc bình thường do nó cũng đang ở trạng thái rơi tự do. Các vành bán khuyên và thạch nhĩ không còn có thể cung cấp thông tin chính xác về định hướng của đầu so với phương thẳng đứng. Tuy nhiên, chúng cung cấp thông tin về gia tốc tuyến tính và tốc độ góc mà các vận động viên có thể thực hiện để kiểm soát chuyển động trên không của mình.



Hình. 8.15. Trọng tâm cơ thể chuyển động theo đường parabol trong giai đoạn trên không của kỹ thuật nhảy cao

8.3.1. Chuyển động của trọng tâm cơ thể

Trong giai đoạn trên không của hầu hết các bài tập thể thao, sức cản không khí ảnh hưởng không đáng kể và quãng đường di chuyển của trọng tâm cơ thể theo hình parabol được xác định bởi vị trí và vận tốc của trọng tâm lúc giậm nhảy. Trong cú nhảy được mô tả ở hình 8.15, chiều cao của trọng tâm cơ thể lúc giậm nhảy là 1,31 m trong khi tốc độ di chuyển ngang và thẳng đứng là 4,7m/s và 4,5m/s.

Trong suốt giai đoạn trên không, vận tốc di chuyển ngang của trọng tâm cơ thể vẫn không đổi vì không có các lực tác động theo phương nằm ngang (nếu bỏ qua sức cản của không khí) trong khi gia tốc chuyển động theo phương thẳng đứng liên tục giảm đi ở mức $9,81 \text{ m/s}^2$ do trọng lượng của cơ thể. Tốc độ chuyển động theo phương thẳng đứng lúc giậm nhảy là 4,5m/s quyết định trọng tâm cơ thể được nâng

lên đến độ cao đỉnh điểm là 2,34m trong thời gian 0,46 s. Tốc độ di chuyển ngang lúc giậm nhảy là 4,7 m/s thì trọng tâm cơ thể sẽ quét một cự ly di chuyển ngang là 2,16m trong thời gian này. Tuy nhiên, với cú nhảy trong môn trượt tuyết thì các thông số về giậm nhảy không hoàn toàn quyết định quỹ đạo di chuyển của trọng tâm cơ thể trong giai đoạn bay trên không do sức cản của không khí tạo ra các lực kéo và lực nâng và các vận động viên trình độ cao có thể sử dụng chúng để làm tăng tối đa thành tích nhảy.

8.3.2. Xoay người trong khi bay

Trong các kỹ thuật nhảy có chạy đà, giai đoạn giậm nhảy thường làm sản sinh chuyển động quay ngay cả khi điều này là bất lợi đến thành tích. Trong nhảy xa, xung lượng tạo góc quay về phía trước được sản sinh trong lúc giậm nhảy và động tác đá lẳng chân kết hợp với đánh tay, thường được sử dụng để giảm thiểu sự quay về phía trước trong giai đoạn trên không. Trong nhảy cao, cả hai tác động xoay theo trục ngang và dọc của cơ thể được sản sinh khi giậm nhảy và chúng được sử dụng làm lợi thế để đưa cơ thể vượt qua xà ngang. Trong thể dục, động tác nhào lộn (santo) được bắt đầu trong giai đoạn bật lên cao, trong khi động tác xoay theo trục dọc có thể được khởi tạo trong quá trình bật lên hoặc trong giai đoạn trên không. Mặc dù sự chuyển động của trọng tâm cơ thể được xác định trước lúc bật lên (với điều kiện sức cản không khí có thể bỏ qua) các vận động viên vẫn có thể kiểm soát đáng kể chuyển động quay của cơ thể trong giai đoạn trên không. Tại thời điểm bật lên, trọng tâm cơ thể vận động viên thể dục chịu tác động của một số mômen quay nhất định và điều này vẫn không đổi trong suốt giai đoạn trên không do chỉ có một lực tác động là trọng lượng của vận động viên đó và lực này tác động qua trọng tâm

cơ thể. Đối với trường hợp nhào lộn đơn giản, trong đó cơ thể chỉ quay quanh một trục duy nhất thì mômen quay được phát sinh do mômen quán tính và vận tốc góc. Vũ công ba lê hoặc vận động viên trượt băng nghệ thuật sẽ bật lên để thực hiện kỹ thuật nhảy xoay người với cánh tay rộng và sau đó thu cánh tay về gần sát cơ thể. Hiệu quả của việc này là để giảm mômen quán tính theo trục xoắn và tăng tốc độ quay.



Hình. 8.16. Cú nhào lộn santo ngược hai vòng từ sàn thể dục cho thấy tốc độ quay vòng santo tăng lên khi cơ thể cuộn nhỏ lại.

Hình ảnh cú santo hai vòng trong hình 8.16 được chụp từ một bài thi đấu thể dục tự do tại Thế vận hội năm 1996, vận động viên này lúc đầu thực hiện nhào lộn với tư thế cơ thể mở rộng và động tác quay tương đối chậm, sau đó vận động viên thực hiện động tác cuộn nhỏ người qua đó đã làm giảm bớt mômen quán tính và làm tăng tốc độ quay. Bằng cách mở rộng tư thế cơ thể một lần nữa vào một thời điểm thích hợp vận động viên có thể tiếp đất nhẹ nhàng trên bàn chân và duy trì sự thăng bằng. Đối với các kỹ thuật nhào lộn trong đó vận động viên phải thực hiện động tác quay theo nhiều hơn một trục cơ thể thì các hành động sẽ phức tạp hơn nhưng vẫn cùng một nguyên tắc là bảo toàn mômen quay chi phối sự chuyển động.

8.3.3. Nhào lộn

Trong khi vận động viên thể dục đã kiểm soát hầu như là toàn bộ hành động quay trong giai đoạn trên không thì mômen quay để thực hiện một kỹ xảo cụ thể thường phải được gìm giữ khá chặt chẽ theo các yêu cầu để đạt được thành tích tốt. Hình 8.17 mô tả động tác xuống xà santo hai vòng được thực hiện tốt ở tư thế thẳng thân hoặc mở rộng. Do vận động viên phải duy trì tư thế mở rộng trong suốt giai

đoạn trên không, nên anh ta chỉ có một khả năng hạn chế để điều chỉnh mômen quán tính, chủ yếu bằng cách thay đổi vị trí cánh tay. Kết quả là mômen quay được tạo ra trước khi tay vận động viên rời khỏi xà phải nằm trong giới hạn khá chặt chẽ để có thể thực hiện động tác một cách tốt nhất.



Hình 8.17. Vận động viên thực hiện động tác xuống xà santo hai vòng với tư thế thẳng thân



Hình 8.18. Xuống xà đơn bằng lộn trước ba vòng hai tay ôm gối

Các mômen quay trong bốn động tác xuống xà santo hai vòng tại cuộc thi Olympic biến đổi đến 16% mặc dù chỉ có một trong bốn động tác đó có thể được xem là thực hiện tư thế duỗi thân tốt trong suốt giai đoạn bay trên không.

Ngoài tư thế thẳng thân, vận động viên có thể tự do lựa chọn nhiều tư thế khác để điều chỉnh tốc độ quay *santo*. Hình 8.18 mô tả động tác xuống xà *santo* ôm gối ba vòng đủ mômen quay cho phép thực hiện động tác một cách hoàn hảo. Nếu mômen quay yếu hơn chút ít so với đà này thì vận động viên có thể bù đắp bằng cách thực hiện tư thế ôm gối chặt hơn. Tuy nhiên, có thể có mômen quay lớn hơn đáng kể mà vẫn không gây bất lợi đối với việc thực hiện tốt động tác. Với mômen quay lớn hơn, vận động viên có thể trì hoãn yếu lĩnh động tác ôm gối và có thể duỗi thân sớm hơn trước khi tiếp đất. Thực tế là, mômen quay của động tác *santo* hai vòng được mô tả trong hình 8.17 lớn hơn so với mômen quay của động tác *santo* ôm gối ba vòng trong hình 8.18 là 18%. Điều này cho thấy rằng, những vận động viên đã thực hiện được động tác xuống xà *santo* thẳng thân hai vòng thì nhất định sẽ biết cách tạo nhiều mômen quay hơn để thực hiện động tác xuống xà *santo* ôm gối ba vòng. Một số vận động viên đã sử dụng cách kéo hai đầu gối rộng ra để giảm mômen quán tính đối với trục nhào lộn, nhưng kỹ thuật này sẽ làm thay đổi về hình thức động tác và chỉ làm tăng chút ít vòng nhào lộn.

8.3.4. Xoay theo trục dọc

Để hiểu được cơ cấu của động tác nhào lộn theo nhiều hệ trục kết hợp, trước tiên cần phải xem xét các chuyển động quay của một cơ thể cứng nhắc. Chỉ có hai loại chuyển động chung của một cơ thể cứng nhắc có thể xảy ra. Trường hợp thứ nhất là kiểu nhào lộn lắc lư trong đó cơ thể nhào lộn theo trục ngang nhưng cũng có một chuyển động lắc, trong đó cơ thể xoay sang một bên và sau đó xoay sang bên kia (Hình 8.19). Trong suốt thời gian của chuyển động này cơ thể cũng nghiêng sang bên này và sau đó là bên kia (xem những hình ảnh đầu tiên và cuối cùng trong hình 8.19).



Hình. 8.19. Động tác nhào lộn kết hợp xoay - lắc

Trường hợp thứ hai là kiểu nhào lộn theo trục dọc (xoắn vặn) trong đó cơ thể luôn luôn xoay theo cùng một hướng (Hình 8.20). Trong suốt thời gian chuyển động, cơ thể luôn luôn nghiêng trong cùng một hướng đi từ mặt phẳng nhào lộn (mặt phẳng thông thường so với vector của mômen quay). Độ nghiêng này thay đổi theo vòng xoắn và nhỏ nhất khi số lượng của $\frac{1}{4}$ vòng xoắn thực hiện là một số chẵn (ảnh 1, 6 và 11 của hình 8.20) và lớn nhất khi số lượng của $\frac{1}{4}$ vòng xoắn thực hiện là một số lẻ (ảnh 3 và 9 của hình 8.20). Theo nguyên lý con quay, sự thay đổi góc nghiêng này được gọi là sự chương động và nguyên lý này là rất quan trọng để giải thích

được sự chuyển động xoay quanh trục ở trên không được sản sinh như thế nào. Do hai dạng chuyển động của cơ thể cứng nhắc này hoàn toàn khác nhau và có thể xoay theo một hệ nhiều trục kết hợp nên vận động viên có thể thay đổi chuyển động của cơ thể mình từ dạng này sang dạng kia chỉ đơn thuần bằng cách thay đổi hình dạng tư thế cơ thể.

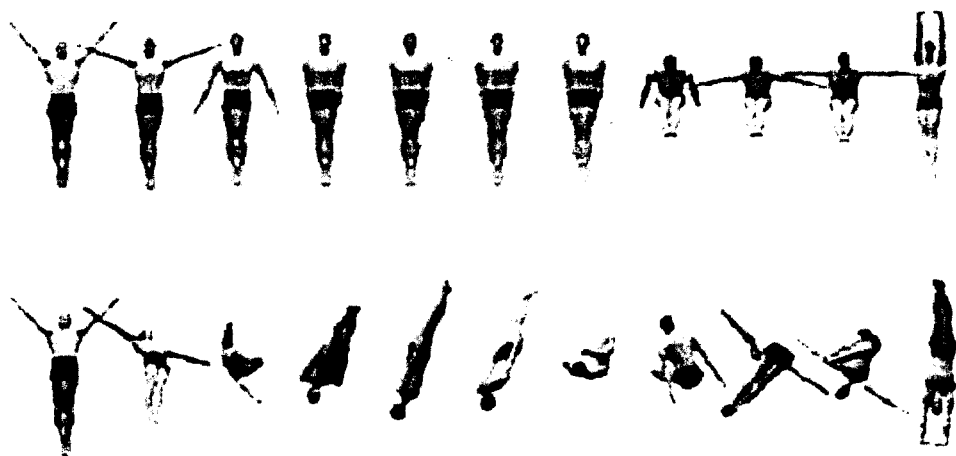


Hình 8.20. Động tác nhào lộn xoay trục dọc trong đó các vòng xoay liên tiếp theo một hướng

Xoay từ điểm tiếp xúc

Mômen quay được tạo ra khi cơ thể tiếp xúc với ván bật (cầu bật trong môn nhảy cầu) hoặc các dụng cụ thể dục để thực hiện các động tác nhào lộn lúc vận động viên bật lên cao.

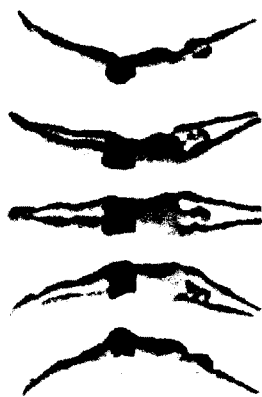
Chuyển động xoay theo trục dọc cơ thể có thể được bắt đầu theo cách tương tự bằng cử động xoay cánh tay và thân mình theo hướng xoay trong khi bàn chân còn tiếp xúc với bề mặt ván bật. Nếu cơ thể ở tư thế duỗi thẳng vào lúc bật lên cao thì sẽ tạo nên động tác santo kết hợp xoay theo trục dọc, trong đó cơ thể nghiêng ra xa trục thẳng đứng sau $\frac{1}{2}$ vòng santo. Nếu vận động viên thực hiện tốt sự phối hợp các yếu tố động tác thì độ nghiêng này sẽ tự biến mất sau khi hoàn thành cú nhào lộn mà không gây ra những trục trặc trong việc thực hiện các kỹ thuật nhào lộn, biểu hiện ở chỗ vận động viên bật lên và tiếp đất bằng hai bàn chân. Tuy nhiên, trong môn nhảy cầu, động tác nhào lộn xoay trục dọc có tiềm ẩn những trục trặc kỹ thuật do vận động viên tiếp xúc với mặt nước sau một vòng rưỡi santo. Hình 8.21 mô tả kỹ thuật nhào lộn được máy tính ghi lại cho thấy cơ thể vận động viên luôn ở trạng thái nghiêng sang trái-phải đối xứng nhau trong suốt giai đoạn trên không (trình tự trong hình 8.21) và đã khắc phục được tình trạng này bằng cách đưa cơ thể vào tư thế ke thân khi sắp hoàn thành số vòng xoay theo yêu cầu. Điều này gây ra sự thay đổi từ chuyển động quay santo kết hợp xoay trục dọc sang chuyển động nhào lộn kiểu lắc lư. Khi cơ thể ở chế độ chuyển động lắc lư, góc nghiêng sẽ dao động theo kiểu con lắc đến khi cơ thể duỗi thẳng thì nó gần như ở phương thẳng đứng. Kỹ thuật này có những hạn chế của nó do: để thực hiện nhiều vòng xoay, dao động lắc lư ở tư thế ke thân sẽ trở nên quá mức và gây khó khăn hơn nhiều cho việc kiểm soát vòng xoay.



Hình 8.21. Hình ảnh máy tính mô tả một cú nhảy santo ngược một vòng kết hợp xoay trục dọc, trong đó đã xoay được tạo ra khi vận động viên bật lên

Chuyển động xoay trong không trung

Việc một con mèo tự điều chỉnh về tư thế ngay ngắn khi bị rơi xuống ở thế lộn ngược bằng cách tạo ra một nửa vòng xoay trong không trung đã được các nhà khoa học nghiên cứu trong hơn một thế kỷ. Một số huấn luyện viên cho rằng đây là cơ chế chính mà các vận động viên nhảy cầu sử dụng để thực hiện động tác nhào lộn xoay thân. Chuyển động xoay thân này được tạo ra bằng cách sử dụng động tác xoay – lắc hông trong giai đoạn trên không. Nếu mômen quay ban đầu bằng 0 thì nó sẽ vẫn như vậy trong khi bay và như vậy mômen quay này đã kết hợp với vòng xoay hông

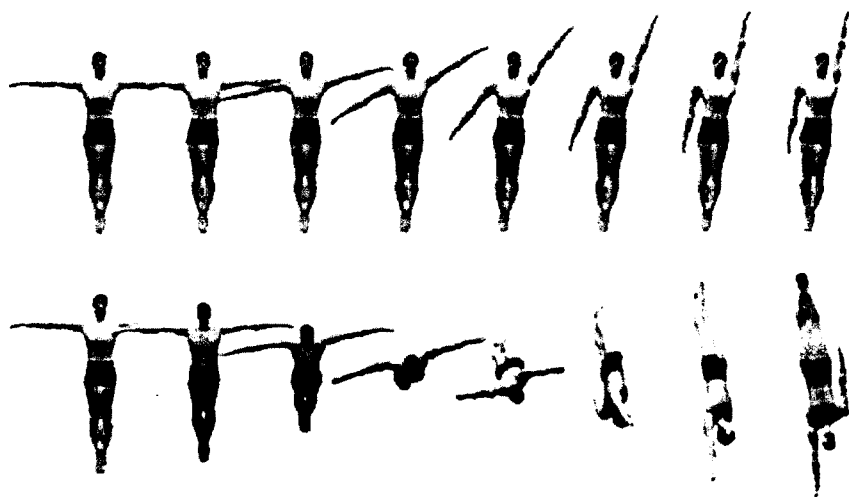


Hình 8.22. Hình ảnh máy tính mô tả động tác nhào lộn xoay 180° bằng cách sử dụng động tác xoay- lắc hông hay “ kỹ thuật của mèo ”

tạo ra chuyển động xoay của cả cơ thể theo hướng ngược lại. Một mô phỏng các chuyển động này được thể hiện trong hình 8.22, trong đó vòng xoay- lắc hông sang phải tạo ra chuyển động xoay sang bên trái. Thân người chuyển từ tư thế gập thân về phía trước chuyển qua vòng cung uốn cong lườn phía hông phải, tạo thành vòng cung cong ra sau, qua vòng cung uốn cong lườn phía hông trái và kết thúc ở gập thân về phía trước một lần nữa khi hoàn thành một nửa vòng xoay (180°). Vận động viên bật lưới (trampolinist) trình độ cao có thể thực hiện động tác xoay đầy đủ 360 độ bằng cách sử dụng hai vòng quay như vậy khi cơ thể đang ở trên không trung.

Đây là bằng chứng của việc các vận động viên thể dục, vận động viên bật lưới và các vận động viên

nhảy cầu đều không sử dụng kỹ thuật này để thực hiện các động tác nhào lộn xoay theo nhiều trục trong giai đoạn trên không do đặc trưng của nó là cơ thể luôn duy trì ở tư thế duỗi thẳng trong quá trình xoay. Khi động tác nhào lộn được thể hiện thì bất kỳ kỹ thuật nào làm cơ thể nghiêng ra khỏi mặt phẳng nhào lộn sẽ dẫn đến cử động xoay để duy trì đà xoay không đổi. Cách thức rõ ràng nhất để tạo độ nghiêng trong quá trình rơi tự do là gơ cao một bên cánh tay trong khi tay kia hạ thấp xuống. Trong cú nhảy thẳng thân sẽ không có mômen quay và chuyển động cánh tay này sẽ làm nghiêng toàn bộ cơ thể để duy trì mômen quay bằng không (theo trình tự ở hình 8.23). Nếu các động tác tay tương tự được thực hiện trong khi nhào lộn thẳng thân thì sẽ xuất hiện một số lần cơ thể ở các độ nghiêng giống nhau (8°) và cơ thể sẽ tự động xoay để duy trì đà xoay không đổi.

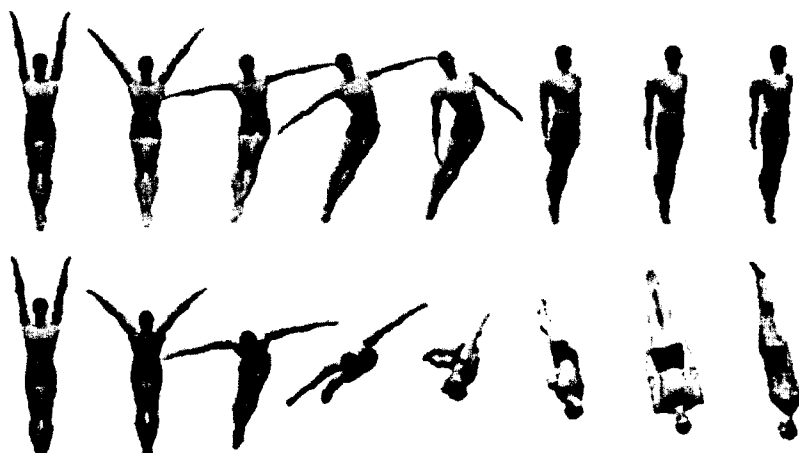


Hình 8.23. Chuyển động xoay trong không trung trong động tác nhào lộn là kết quả của độ nghiêng được tạo bởi chuyển động không đối xứng của hai cánh tay

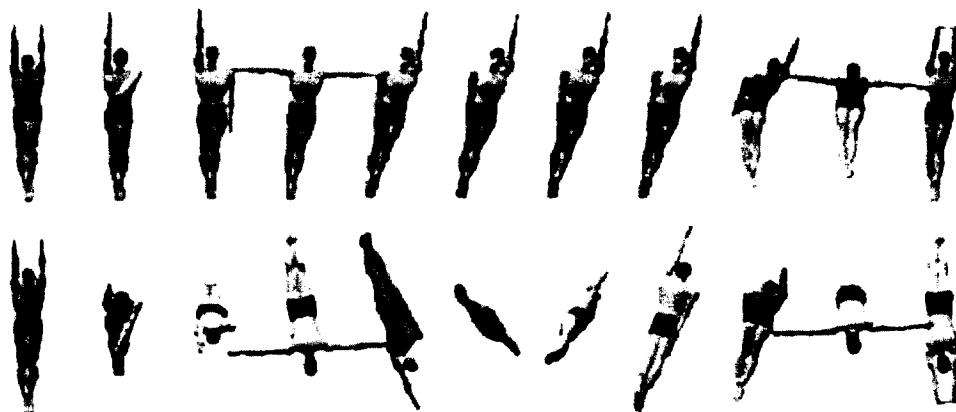
Bất kỳ động tác vận động nào mà trong đó sự đối xứng trái-phải không được duy trì thì đều có khả năng tạo ra một chuyển động xoay nào đó. Các hình ảnh trên hình 8.24 cho thấy cơ thể tạo ra một cử động xoay cục bộ trong khi duỗi từ tư thế ke thân thành tư thế thẳng thân. Trong cú nhảy thẳng thân, cử động xoay này với cánh tay dang ngang sẽ tạo độ nghiêng khi cơ thể ở vào tư thế hình cung khum sang bên do có sự định hướng lại các trục chính của quán tính. Tuy nhiên khi cơ thể duỗi ra thì, độ nghiêng cuối cùng chỉ còn là 3° (theo trình tự trên hình. 8.24). Nếu các cử động tương tự được thực hiện trong kỹ thuật santo thì tư thế sẽ khác đi chút ít. Chùng nào cơ thể đã ở vào tư thế uốn vòng cung sang bên với cánh tay dang rộng thì sẽ có độ nghiêng đáng kể (10°) của trục chính tương ứng với quán tính nhỏ nhất và cơ thể bắt đầu xoay để duy trì liên tục mômen quay. Khi xoay đến $\frac{1}{4}$ vòng, góc nghiêng cũng tăng lên do hiệu ứng chương động. Khi cơ thể duỗi ra đến tư thế thẳng thân, góc nghiêng không giảm theo cách giống như đối với cú nhảy thẳng thân với

cử động xoay - lắc hông do hành động duỗi thân này được thực hiện vào lúc cơ thể đã xoay được $\frac{1}{4}$ vòng và do vậy bất kỳ một sự định hướng lại nào đó vào lúc này đều làm thay đổi chính động tác santo chứ không phải là độ nghiêng. Kết quả là kỹ thuật này tạo ra độ nghiêng đáng kể (11°) trong cú nhào lộn santo và là một phương pháp hữu hiệu để tạo ra chuyển động xoay người trên không. Điều ngẫu nhiên là cử động xoay- lắc hông tạo ra chuyển động xoay sang trái trong một cú nhảy cũng sẽ tạo ra một độ nghiêng dẫn đến một chuyển động xoay sang trái trong động tác santo trước. Trong khi bật lên để thực hiện kỹ thuật santo trước từ thảm thể dục hoặc trên lưới bật, hoặc từ cầu bật trong môn nhảy cầu, vận động viên sẽ thực hiện động tác gập hông để khởi đầu cú nhào lộn ở tư thế ke thân là tư thế thích hợp để hoàn thành kỹ thuật này. Đối với kỹ thuật santo sau, cơ thể ban đầu phải uốn lưng hình cánh cung và sử dụng một động tác xoay hông cục bộ trong khi duỗi thân trở lại tạo ra độ nghiêng mà kết quả là chuyển động xoay thân cùng một hướng với chuyển động xoay hông. Tuy nhiên, nếu cơ thể đang quay sau ở tư thế ke thân thì độ nghiêng được tạo bởi động tác xoay hông sẽ dẫn đến chuyển động xoay theo hướng ngược lại với chuyển động xoay hông đó. Sự đối lập này làm giảm đáng kể hiệu quả của kỹ thuật và thích hợp hơn là sử dụng cử động không đối xứng của hai cánh tay để tạo chuyển động xoay trên không từ tư thế ke thân khi thực hiện kỹ thuật quay sau. Độ nghiêng được tạo bởi các cử động không đối xứng của cánh tay sẽ lớn hơn khi cánh tay di chuyển quét qua một góc lớn. Để đạt được điều này trong một mô phỏng máy tính, cánh tay trái đầu tiên hạ xuống bên sườn kết hợp với một vài cử động khép và dạng sao cho nó đi qua mặt trước của cơ thể (thứ tự trên hình 8.25). Cách phối hợp này sẽ làm giảm thiểu độ nghiêng âm tạo nên bởi chuyển động cánh tay ban đầu và đặt hai cánh tay vào tư thế không đối xứng mà từ đó mỗi cánh tay có thể xoay hết một nửa vòng. Điều này tạo ra hai lần độ nghiêng (16°) của cử động cánh tay thể hiện trong hình 8.23 do cánh tay di chuyển qua hai lần gấp góc. Khi các cử động cánh tay cùng được thực hiện trong khi nhào lộn thì sẽ tạo nên một số lượng tương tự các độ nghiêng và sau đó là tốc độ xoay tăng nhanh. Khi xoay gần được 3 vòng, cơ thể vẫn ở tư thế gập ở hông và hai cánh tay dang ngang. Điều này sẽ loại bỏ độ nghiêng để vận động viên có thể hoàn thành cú nhảy cầu santo một vòng rưỡi kết hợp với xoay 3 vòng theo trục dọc. Điều quan trọng là cử động quét qua thân lúc đầu của cánh tay trái khi hạ xuống bên mình, nếu không cơ thể sẽ bị nghiêng theo hướng ngược lại và xoay về bên phải trong lúc cánh tay đang hạ xuống. Trong trường hợp này, chuyển động kép của cánh tay xảy ra khi cơ thể ở vào vị trí xoay $\frac{1}{4}$ vòng và tạo nên sự thay đổi nhỏ trong góc nghiêng do có sự định hướng lại của cơ thể biểu hiện chủ yếu là sự thay đổi về vòng quay santo. Kỹ thuật hông không đối xứng mô tả trong hình 8.24 có thể được áp dụng để tạo ra chuyển động xoay một vòng rưỡi theo trục dọc khi thực hiện kỹ thuật santo đơn hoặc kép. Yeadon (1997a) sử dụng

hình ảnh mô phỏng trên máy tính cho việc học kỹ thuật nhào lộn santo kép kết hợp xoay trục dọc một vòng rưỡi ở vòng santo thứ hai (Hình 8.26). Ở vòng santo đầu tiên, cơ thể phải gấp thành tư thế ke thân và sau đó chuyển qua tư thế uốn thành vòng cung sang bên với hai tay dang rộng trong khi duỗi thân. Sau đó hai tay phải khép lại để đẩy nhanh tốc độ vòng xoay và khi đã xoay được một vòng rưỡi theo trục dọc thì trước tiên là tay phải và sau đó là tay trái phải dang ra để giúp loại bỏ sự nghiêng thân. Cơ thể cũng chuyển qua tư thế uốn vòng cung sang bên để sử dụng kỹ thuật hông không đối xứng giúp loại bỏ độ nghiêng. Kỹ thuật hông không đối xứng có khả năng tạo nên độ nghiêng khi thực hiện động tác santo trước và loại bỏ độ nghiêng khi thực hiện kỹ thuật santo sau. Nó không có tác dụng loại bỏ độ nghiêng khi thực hiện động tác nhào lộn trong môn nhảy cầu như trong hình 8.25, ở đây hướng của vòng santo cuối cùng là quay ra trước.



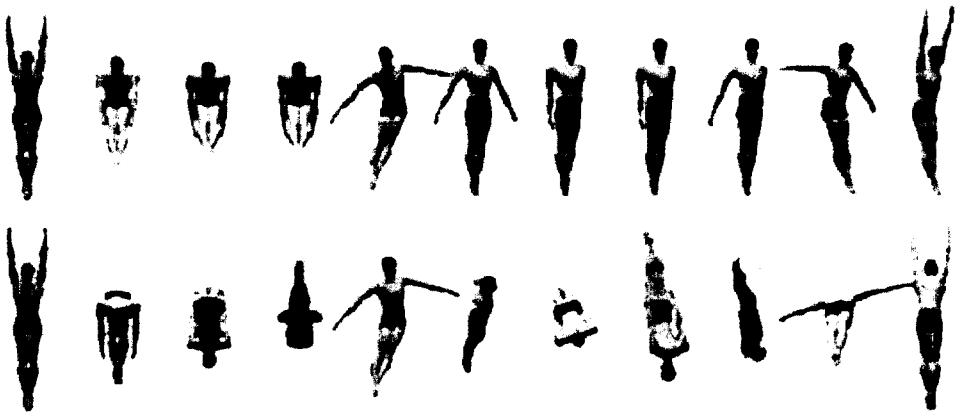
Hình 8.24. Chuyển động xoay trong động tác santo nhờ có độ nghiêng được tạo bởi chuyển động không đối xứng của hông



Hình 8.25. Hình ảnh mô phỏng động tác santo trước 1 vòng trong nhảy cầu kết hợp xoay theo trục dọc 3 vòng

Dừng chuyển động xoay

Trong các hình ảnh được mô tả trên hình 8.25, độ nghiêng đã được loại bỏ bằng cách đảo ngược động tác cánh tay không đối xứng ban đầu mà đã được sử dụng để tạo ra độ nghiêng. Kỹ thuật này có thể được sử dụng trong các động tác nhào lộn của môn nhảy cầu với số lần thực hiện xoay 180° là số chẵn. Với số lần thực hiện xoay 180° là một số lẻ thì việc đảo chiều của cánh tay ban đầu sẽ làm tăng độ nghiêng và tốc độ xoay. Trong trường hợp này, điều cần thiết là làm thế nào để việc đảo chiều các tư thế của tay trong khi xoay mà không làm ảnh hưởng đến độ nghiêng để hai tay ở một tư thế thích hợp cho việc loại bỏ độ nghiêng trước khi tiếp xúc vào mặt nước. Trong các kỹ thuật nhảy cầu lộn ngược và xoay đảo chiều thông thường sẽ có 1, 2 hoặc 3 vòng xoắn, và kỹ thuật này thường được sử dụng. Các hình ảnh ở hàng dưới của hình 8.27 chụp vận động viên thực hiện kỹ thuật santo sau một vòng kết hợp với một vòng xoay trực dọc. Các hình ảnh ở hàng trên cho thấy các tư thế cơ thể được sử dụng trong các kỹ thuật nhào lộn của môn nhảy cầu. Sau khi bật lên cao, tay trái được hạ xuống và tay phải được giữ ở trên cao tạo độ nghiêng dẫn đến một vòng xoay sang trái. Trong khi xoay, các vị trí của tay được đảo ngược nhưng vẫn giữ ở gần sát với cơ thể để không làm chậm tốc độ xoay. Lúc sắp hoàn thành một vòng xoay, cơ thể đầu tiên ở tư thế ke thân và sau đó hạ thấp cánh tay trái đồng thời nâng cánh tay phải của mình để loại bỏ độ nghiêng. Bằng cử động gập thân lúc ban đầu (gấp khớp hông) mômen quán tính quanh trục trước sau giảm đi để loại bỏ được độ nghiêng nhiều hơn thông qua sự chuyển động không đối xứng của hai cánh tay.



Hình 8.26. Động tác santo kép kết hợp xoay 360° ở vòng santo thứ hai được tạo ra nhờ chuyển động không đối xứng của hông



Hình 8.27. Dừng xoay bằng cách loại bỏ độ nghiêng trong động tác santo sau một vòng kết hợp xoay 360° sử dụng các cử động không đối xứng của hai tay

Đóng góp của các kỹ thuật xoay nghiêng

Các mô hình mô phỏng đã được sử dụng để xác định sự đóng góp của các kỹ thuật xoay khác nhau để tạo độ nghiêng và vì vậy trong thực tế, vận động viên thường sử dụng cách thay đổi tư thế, hình dạng cơ thể để thực hiện động tác nhào lộn xoay theo trục dọc. Ví dụ, để xác định sự đóng góp của các động tác tay không đối xứng, người ta có thể thực hiện động tác mô phỏng khác đi, trong đó cánh tay phải chuyển động ngược với động tác của cánh tay bên trái ở nguyên bản, sao cho hai cánh tay di chuyển đối xứng nhau (theo kiểu đối xứng qua gương). Sự khác biệt về các góc nghiêng được tạo ra trong các động tác mô phỏng này và các hình ảnh mô phỏng ban đầu dựa trên cử động thực tế của cánh tay sẽ cho biết mức độ đóng góp của chuyển động tay không đối xứng đối với việc tạo ra góc nghiêng. Những tác dụng khác có thể được xác định một cách tương tự. Hình 8.28 mô tả quá trình thực hiện động tác santo kép trên lưới bật kết hợp xoay 360° ở vòng santo thứ hai. Trong quá trình thực hiện động tác mà hầu hết vòng santo hoàn thành trước khi cơ thể bắt đầu xoay theo trục dọc thì có thể xảy ra trường hợp vận động viên sử dụng một chút ít thời gian tiếp xúc để tạo mômen quay và chủ yếu sử dụng các kỹ thuật trên không để thực hiện chuyển động xoay thân. Trước khi xoay, cơ thể đang ở tư thế ke thân và do nó đang quay ngược ra sau nên chuyển động không đối xứng của hông không thể tạo ra độ nghiêng lớn do các hướng xoay trên đường vòng và xoay theo góc nghiêng là trái ngược nhau. Kết quả là, có thể xảy ra trường hợp chuyển động xoay được tạo

ra bằng động tác tay không đối xứng trong giai đoạn trên không, và khi phân tích hình ảnh mô phỏng cũng cho kết quả đúng như nhận định này. Phân tích mô phỏng như vậy đã chỉ ra rằng các kỹ thuật động tác của hông và động tác tay không đối xứng góp phần lớn nhất vào quá trình thực hiện nhào lộn ở giai đoạn trên không trong nhảy cầu có ván bật, trong động tác xuống xà santo đơn kết hợp xoay 360° và trong động tác xuống vòng treo santo kép kết hợp xoay 360° theo trục dọc. Tuy nhiên có một số bằng chứng cho thấy các kỹ thuật xoay từ điểm tiếp xúc có đóng góp lớn trong việc thực hiện động tác nhào lộn quay theo nhiều trục, khi mà có chuyển động xoay trục dọc ở vòng santo đầu tiên, ví dụ như xuống xà trong thể dục dụng cụ và nhào lộn tự do trên không trong trượt tuyết.



Hình 8.28. Quá trình thực hiện động tác santo sau hai vòng kết hợp xoay 360° ở vòng santo thứ hai trên lưới bật



Hình 8.29. Hình ảnh mô phỏng động tác santo sau hai vòng không ổn định dẫn đến chuyển động xoay thân 90°

8.3.5. Kiểm soát chuyển động cơ thể trên không

Nếu một cơ thể cứng nhắc đang quay santo theo mômem quán tính trung gian thì chuyển động của nó sẽ không ổn định theo nghĩa là tốc độ xoay sẽ tăng lên theo cấp số nhân cho đến khi cơ thể hoàn thành một nửa vòng xoay (xoay 180°). Trong thực tế, điều này sẽ chứa đựng khả năng dẫn đến sự trục trặc cho việc thực hiện động tác santo theo trục ngang khi cơ thể được giữ ở tư thế duỗi thẳng. Hình 8.29 trình bày hình ảnh mô phỏng theo giả thuyết của động tác santo kép, trong đó cử động của hai tay hơi không cân xứng đã dẫn đến việc làm cho cơ thể xoay thêm $\frac{1}{4}$ vòng (90°) khi kết thúc động tác. Nigg (1974) cho rằng, vận động viên có thể dang ngang hai tay khi thực hiện santo thẳng thân để giảm thiểu tác động của sự bất ổn định này, giải pháp này sẽ không làm giảm sự tăng thêm độ xoay vòng. Phương án

lựa chọn các động tác dạng, khép cánh tay không đối xứng dựa trên gia tốc và vận tốc góc của chuyển động xoay có thể ngăn ngừa sự tăng thêm độ xoay với điều kiện thời gian trễ trong vòng xoay tiếp nối ít hơn thời gian của một phần tư vòng santo. Có bằng chứng cho thấy rằng, các dữ liệu thông tin phản hồi cần thiết về tốc độ xoay và gia tốc trong quá trình vận động viên thực hiện động tác nhào lộn là do các cơ quan tiền đình ở tai trong chuyển về não bộ chứ không phải là do hệ thống thị giác. Chức năng chính của mắt có thể là thu thập được thông tin về góc độ theo hướng chuyển động của cơ thể trong không gian để điều chỉnh các bộ phận cơ thể trong khi bay sao cho hướng tiếp đất được chính xác. Trong thực tế, những lần thực hiện các động tác santo thẳng thân hai vòng như vậy, các động tác không đối xứng của tay không phải lúc nào cũng rõ nét để người quan sát có thể thấy rõ hoặc để người thực hiện có thể điều chỉnh chính xác. Điều này có thể là do các động tác điều chỉnh được thực hiện ở phạm vi nhỏ và độ soay phát sinh thêm cũng là nhỏ. Tuy nhiên, đôi khi sự phát sinh thêm độ xoay có thể được sửa chữa phần nào sau đó và sẽ cần đến động tác tay không đối xứng ở mức rộng hơn. Một ví dụ về trường hợp này được thể hiện trong hình 8.30, mô tả quá trình thực hiện cú santo thẳng thân hai vòng trên lưới bật, trong đó có thể thấy rõ các động tác không đối xứng của tay sau vòng santo thứ nhất là đáng kể. Có thể sử dụng ảnh hưởng tốt của hiện tượng phát sinh thêm độ xoay để tạo ra chuyển động xoay trên không bằng cách thực hiện không đối xứng ở mức độ nhỏ các tư thế động tác của tay. Hình 8.31 mô tả hình ảnh mô phỏng theo lý thuyết động tác santo hai vòng kết hợp xoay 360° ở $\frac{1}{4}$ vòng santo cuối cùng. Trong ba phần tư của vòng santo đầu, hai tay dang rộng, nhưng với mức độ không đối xứng nhỏ (5°). Điều này sẽ làm chậm trễ việc tạo ra độ nghiêng và chuyển động xoay trong vòng santo đầu tiên. Chuyển động xoay được tăng tốc vào lúc cả hai cánh tay khép lại cho đến lúc kết thúc vòng santo đầu tiên. Khi sắp sửa hoàn thành một vòng xoay, đầu tiên là tay phải khép vào và sau đó là khép tay trái để loại bỏ độ nghiêng và dừng chuyển động xoay. Do cử động cánh tay không đối xứng làm dừng chuyển động xoay này cũng chính là những động tác kỹ thuật để ngăn ngừa sự phát sinh thêm độ xoay trong động tác santo thẳng thân, nên việc luyện tập cách kiểm soát chuyển động cơ thể trong nhào lộn xoay trục dọc ở dạng này và cách kiểm soát các động tác nhào lộn không kết hợp xoay trục dọc là có thể chuyển hóa cho nhau.



Hình 8.30. Quá trình thực hiện động tác santo thẳng thân hai vòng, trong đó sự điều chỉnh bằng cử động tay không đối xứng thể hiện rõ ở cuối động tác nhào lộn



Hình 8.31. Hình ảnh động tác santo sau hai vòng kết hợp xoay 360° ở vòng santo thứ hai phát sinh từ cử động tay không đối xứng một cách không đáng kể ở vòng santo đầu tiên

8.3.6. Tổng quát

Hầu hết các động tác kỹ thuật thể thao đều có một giai đoạn trên không, trong thời gian đó cơ thể không còn tiếp xúc với mặt đất hoặc các dụng cụ. Trong khi đường di chuyển của cơ thể khi bay trên không được quyết định bởi vị trí và tốc độ của nó lúc bật lên thì số vòng quay và dạng chuyển động quay của cơ thể phần lớn là do vận động viên điều khiển. Dạng chuyển động quay theo trục phải - trái là một hệ quả của mômen quay được tạo ra trong quá trình bật lên cao. Dạng chuyển động xoay theo trục dọc có thể được bắt đầu trong quá trình bật lên hoặc trong giai đoạn trên không bằng cách sử dụng các cử động không đối xứng của cánh tay hoặc các động tác của hông. Các cử động không đối xứng của cánh tay có thể được sử dụng để dừng chuyển động xoay khi thực hiện nhào lộn xoay theo trục dọc hoặc để ngăn chặn việc phát sinh thêm độ xoay khi thực hiện động tác santo không kết hợp xoay thân. Cơ quan phân tích thăng bằng ở tai trong thực hiện chức năng cung cấp thông tin phản hồi để kiểm soát chuyển động quay của cơ thể theo dạng này, với điều kiện tổ độ quay của cơ thể không quá nhanh.

CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VIII

1. Phân tích sinh cơ học một số động tác cơ bản trong tập luyện thể dục thể thao như đánh, đá, đập, ném các dụng cụ thể thao (chủ yếu trong các môn bóng) qua việc phân tích các giai đoạn khác nhau của quá trình thực hiện như chuẩn bị động tác, vung tay, chạm vào bóng...?
2. Phân tích sinh cơ học các động tác ném đẩy?
3. Phân tích sinh cơ học các động tác trên không?

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. SINH CƠ THỂ DỤC THỂ THAO, Bản dịch từ tiếng Nga của Lê Quý Phương và Vũ Chung Thủy, NXBTĐTT, 1993
2. Sinh cơ Thể dục thể thao – Nguyễn Thị Mai, Bài giảng Sinh cơ cho sinh viên Đại học TĐTT Bắc Ninh
3. Biomechanical Evaluation of Movement in Sport and Exercise, Edited by CARL J.PAYTON and ROGER M. BARTLETT, LONDON AND NEW YORK, 2008.
4. Biomechanical Basis of Human Movement - Joseph Hamill and Kathleen M. Knutzen - Copyright 2009 Lippincott Williams & Wilkins
5. BIOMECHANICS IN SPORT, Edited by VLADIMIR M. ZATSIORSKY, Blackwell Science 2008
6. BIOMECHANIKA UKŁADU RUCHU CZŁOWIEKA, Tadeusz Bober Jerzy Zawadzki Wydanie III. poprawione. Wrocław (Poland), 2008
7. Биомеханический анализ физических упражнений - <http://sporttall.ru/>
8. Биомеханика физических упражнений - Уткин В. Л. - Москва «Просвещение» 1989
9. БИОМЕХАНИКА УДАРНЫХ ДВИЖЕНИЙ - Ф.Н.Агаши - МОСКВА «ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ» 1977
10. Биомеханика двигательного аппарата человека- Зацiorsкий В. М. и др. - Издательство «Физкультура и спорт», 1981г.
11. Лекции по БИОМЕХАНИКЕ, Ламаш Б.Е, <http://www.dvgu.ru/meteo/book/BioMechan.htm>
12. БИОМЕХАНИКА, учебник для средних и высших, учебных, заведений по физической культуре - В.И. ДУБРОВСКИЙ, В.Н. ФЕДОРОВА, Москва ,2003г.
13. БИОМЕХАНИКА (курс лекций) - В.А.Масленников, ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД, 2008г.

MỤC LỤC

	Trang
PHẦN I. SINH CƠ HỌC CƠ SỞ	3
Chương 1. GIỚI THIỆU VỀ MÔN HỌC SINH CƠ	3
1.1. Khái niệm, đối tượng, nhiệm vụ và nội dung của sinh cơ	3
1.2. Lịch sử phát triển sinh cơ học	13
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG I	18
Chương 2. HOẠT ĐỘNG CỦA CƠ BẮP	19
2.1. Những đặc tính sinh cơ học của cơ bắp	19
2.2. Các dạng hoạt động cơ bản của cơ bắp	21
2.2.1. Cơ cơ tĩnh lực	22
2.2.2. Cơ cơ động lực	24
2.3. Cấu trúc đại thể và vi thể của cơ vân	26
2.4. Thuyết trượt của sự co cơ	27
2.5. Kích thích thần kinh và mối liên quan đến hiện tượng điện trong cơ	28
2.6. Đơn vị vận động và hoạt động điện của cơ	29
2.7. Chu kỳ kéo giãn - co cơ	32
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG II	35
Chương 3. VAI TRÒ LỰC TÁC ĐỘNG CỦA CƠ - LỰC VÀ TỐC ĐỘ CƠ CƠ	36
3.1. Phân loại lực tác động	36
3.2. Các đặc tính sinh cơ học trong nghiên cứu chuyên động của con người	38
3.2.1. Những đặc tính động học	40
3.2.2. Những đặc tính động lực học	46
3.2.3. Những đặc tính năng lượng	50
3.3. Sức mạnh và khối lượng, sức mạnh tuyệt đối, sức mạnh tương đối và sức mạnh riêng	51

3.3.1. Lực với khối lượng cơ thể và khái niệm sức mạnh tương đối	51
3.3.2. Sức mạnh riêng, thiết diện sinh lý và hình dáng của cơ	54
3.3.3. Phương pháp tính thiết diện sinh lý	56
3.3.4. Ảnh hưởng của hướng sợi cơ đến giá trị lực	60
3.3.5. Mối quan hệ giữa sức mạnh tuyệt đối và sức mạnh tương đối	61
3.4. Mối liên quan giữa lực và chiều dài của cơ	62
3.5. Các loại cơ, góc và tốc độ co cơ	66
3.6. Lực cơ là một hàm của tần số kích thích	69
3.7. Lực cơ là một hàm của thời gian	71
3.8. Lực cơ là một hàm của tốc độ; công suất của cơ	74
3.8.1. Lực và tốc độ co cơ	75
3.8.2. Công suất của cơ thể hiện trong phương trình Hill	78
3.9. Năng lượng đàn hồi	80
3.9.1. Sử dụng năng lượng đàn hồi trong các hoạt động vận động của con người	84
3.9.2. Sử dụng phản xạ kéo giãn trong chu kỳ kéo giãn - co cơ (hoạt động có đà)	86
3.9.3. Các yếu tố kỹ thuật của chuyển động sử dụng năng lượng đàn hồi	87
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG III	90
Chương 4. TÁC ĐỘNG CỦA LỰC CƠ LÊN ĐÒN BẦY XƯƠNG VÀ SỰ BIẾN ĐỔI GIẢI PHẪU CHỨC NĂNG CỦA CƠ	91
4.1. Tác động của cơ lên đòn bẩy xương, mômen lực của cơ	91
4.1.1. Sự hoạt động của đòn bẩy xương được gây ra bởi hoạt động của cơ	96
4.1.2. Ảnh hưởng của góc giữa gân và xương (gọi tắt là góc gân - xương) đến giá trị mômen lực cơ	97
4.1.3. Thay đổi cánh tay đòn cùng với thay đổi góc gân - xương	100
4.2. Phép đo mômen lực một nhóm cơ	102
4.3. Thực nghiệm dữ liệu về mômen lực của nhóm cơ chi trên, chi dưới trong một hàm góc độ khớp	106
4.4. Các phần và các lớp của cơ	110
4.5. Chức năng của cơ, tính tương đối về giải phẫu chức năng	111
4.5.1. Sự tương tác giữa mômen lực cơ với mômen lực cản bên ngoài	111
4.5.2. Cơ hai khớp và hoạt động của chúng	113
4.5.3. Sự truyền động mômen lực cơ	114
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG IV	114
	115

Chương 5. ĐẶC TÍNH QUẢN TÍNH CỦA CƠ THỂ	116
1.1. Chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay của các bộ phận cơ thể	116
5.1.1. Chuyển động tịnh tiến	117
5.1.2. Chuyển động quay	118
5.2. Xác định mẫu phân tích (model) chuyển động cơ thể trong nghiên cứu chuyển động của con người	130
5.3. Phương pháp xác định khối lượng các bộ phận cơ thể	131
5.4. Trọng tâm và khối tâm của các bộ phận cơ thể	134
5.4.1. Phương pháp xác định trọng tâm các bộ phận cơ thể	136
5.4.2. Xác định trọng tâm của hệ vật chất	138
5.4.3. Xác định trọng tâm chung của cơ thể người bằng sử dụng đòn bẩy một hướng	141
5.5. Phương pháp xác định mômen quán tính các bộ phận cơ thể	144
5.5.1. Phương pháp gián tiếp	144
5.5.2. Các phương pháp thực nghiệm xác định mômen quán tính các bộ phận cơ thể	147
5.6. Khối lượng riêng của cơ thể và các tổ chức	149
5.7. Lực cản không khí	151
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG V	153
Chương 6. SỰ LIÊN KẾT ĐỘNG HỌC CỦA KHỚP	154
6.1. Tầm hoạt động của khớp	154
6.1.1. Khái niệm về biên độ hoạt động, hoạt động chủ động và bị động của khớp	154
6.1.2. Biên độ hoạt động và giới hạn của nó	156
6.2. Những mặt phẳng và trục cơ bản như một hệ tham chiếu cho hoạt động của cơ thể và các bộ phận cơ thể	158
6.3. Đặt tên hướng chuyển động của các phân đoạn cơ thể	159
6.4. Phép đo góc, nguyên tắc đo biên độ hoạt động của khớp	161
6.4.1. Phương pháp đo biên độ hay tính di động của khớp	162
6.4.2. Quy ước ghi kết quả đo biên độ hoạt động của khớp	164
6.5. Các thiết bị cơ học và hoạt động của chúng; hệ vận động của cơ thể như một cấu trúc sinh cơ	165
6.5.1. Đặc điểm sinh cơ học của hệ xương	165
6.5.2. Vật thể tự do và số bậc tự do	167

6.5.3. Cặp động học	169
6.5.4. Tính linh hoạt của cặp động học	170
6.5.5. Chuỗi động học và tính linh hoạt của nó	171
6.5.6. Hệ vận động của con người như một bộ máy sinh học	174
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VI	177

PHẦN II. SINH CƠ HỌC THỂ DỤC THỂ THAO

Chương 7. SINH CƠ HỌC MỘT SỐ MÔN THỂ THAO	178
7.1. Đi bộ	179
7.2. Chạy	184
7.3. Nhảy cao	192
7.3.1. Đặc điểm chung của giai đoạn chạy đà	192
7.3.2. Góc tiếp cận giậm nhảy	193
7.3.3. Quá trình chạy đà	194
7.3.4. Tốc độ di chuyển ngang và độ cao của trọng tâm cơ thể lúc kết thúc giai đoạn chạy đà	195
7.3.5. Vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể vào lúc bắt đầu các giai đoạn giậm nhảy	199
7.3.6. Hướng đặt chân giậm nhảy và khả năng xảy ra chấn thương mắt cá chân và bàn chân	200
7.3.7. Độ nghiêng thân	202
7.3.8. Các động tác đánh tay và lãng chân	205
7.3.9. Thời gian giậm nhảy	206
7.3.10. Thay đổi vận tốc chuyển động theo phương nằm ngang trong giai đoạn giậm nhảy	207
7.3.11. Độ cao và vận tốc chuyển động theo phương thẳng đứng của trọng tâm cơ thể vào cuối của giai đoạn giậm nhảy	207
7.3.12. Độ cao của xà ngang, độ cao đỉnh điểm của trọng tâm cơ thể, và độ cao vượt qua xà	207
7.3.13. Cự ly giậm nhảy	209
7.3.14. Mômen quay trong nhảy cao	210
7.4. Nhảy xa	220
7.4.1. Chạy đà	221
7.4.2. Giậm nhảy	223

7.4.3. Bay trên không và rơi xuống đất	226
7.4.4. Công thức tính cự ly bay trên không	228
7.4.5. Vận tốc chạy đà và kỹ thuật giậm nhảy	231
7.5. Bóng chuyền	233
7.5.1. Di chuyển phát bóng	233
7.5.2. Chuyền và nhận bóng	237
7.5.3. Đập bóng tấn công	242
7.5.4. Chắn bóng	249
7.6. Bóng rổ	250
7.6.1. Kỹ thuật thực hiện các động tác di chuyển	250
7.6.2. Các tư thế đứng	250
7.6.3. Đi	250
7.6.4. Chạy	250
7.6.5. Các động tác nhảy trong bóng rổ	251
7.6.6. Các động tác dừng	251
7.6.7. Kỹ thuật khống chế bóng	251
7.6.8. Dẫn bóng	253
7.6.9. Ném bóng vào rổ	253
7.7. Bóng ném	258
7.7.1. Dẫn bóng	158
7.7.2. Bắt bóng	258
7.7.3. Chuyền bóng	258
7.7.4. Ném bóng	258
7.7.5. Các động tác giả	263
7.7.6. Tư thế đứng của chủ môn	263
7.8. Bóng đá	265
7.8.1. Sút bóng	265
7.8.2. Đánh đầu	267
7.8.3. Dừng bóng	268
7.8.4. Tiếp cận bóng	269
7.8.5. Tác dụng hỗ trợ của chân trụ và khung chậu	269
7.8.6. Chân sút	270
7.8.7. Hỗ trợ của thân trên	272
7.8.8. Sự tương tác giữa chân với bóng	272

7.8.9. Đường bay của bóng	274
7.8.10. Các khía cạnh khác	277
7.9. Bơi lội	277
7.9.1. Lực cản trong bơi lội	282
7.9.2. Lực đẩy tiến trong bơi lội	288
7.10. Đẩy tạ	295
7.11. Vật	325
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VII	330
Chương 8. PHÂN TÍCH SINH CƠ HỌC MỘT SỐ ĐỘNG TÁC TRONG THỂ THAO	332
8.1. Các động tác đánh , đá, đập, ném bóng	332
8.1.1. Chuẩn bị thực hiện động tác	332
8.1.2. Hoạt động vung ra sau	336
8.1.3. Vung ra trước – đánh vào bóng	339
8.1.4. Va đập	348
8.1.5. Trang bị, dụng cụ tập luyện và thi đấu	351
8.1.6. Vút theo hướng đánh (hoãn xung)	352
8.2. Các động tác ném đẩy	352
8.2.1. Phân loại các động tác ném đẩy	352
8.2.2. Định hướng mục tiêu	355
8.2.3. Hiệu ứng khí động học	358
8.2.4. Các nguyên lý kỹ thuật ném đẩy	359
8.3. Các động tác trên không	367
8.3.1. Chuyển động của trọng tâm cơ thể	367
8.3.2. Xoay người trong khi bay	368
8.3.3. Nhào lộn	369
8.3.4. Xoay theo trục dọc	370
8.3.5. Kiểm soát chuyển động cơ thể trên không	378
8.3.6. Tổng quát	380
CÂU HỎI ÔN TẬP CHƯƠNG VIII	380
TÀI LIỆU THAM KHẢO	381
MỤC LỤC	383

GIÁO TRÌNH SINH CƠ HỌC THỂ DỤC THỂ THAO

NHÀ XUẤT BẢN THỂ DỤC THỂ THAO

7. Trịnh Hoài Đức – Hà Nội

ĐT: 38456155 – 38437013;

Fax: 04.38456867

Email: nxbtddt@vnn.vn

Chi nhánh tại TP Hồ Chí Minh

48 Nguyễn Đình Chiểu Q.1

ĐT: 083.8298378

Chịu trách nhiệm xuất bản:

NGUYỄN NGỌC KIM ANH

Biên tập : QUÝ BÌNH
Trình bày : THU HÀ
Vẽ bìa : VINH QUANG

In 500 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Công ty Cổ phần Văn hoá Hà Nội
Số đăng ký KHXB: 03-2013/CXB/77 - 373/TDĐT
In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2013

NHÀ XUẤT BẢN THỂ DỤC THỂ THAO

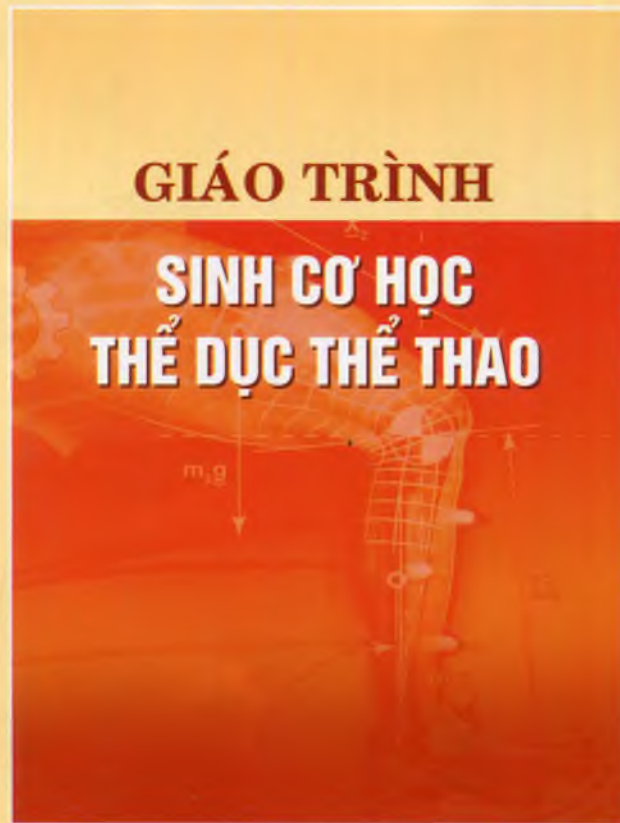
Số 7 Trịnh Hoài Đức - Hà Nội

Điện thoại: 04. 3 7332939 - 04. 3 8437013 - Fax: 04. 3 8456867

Email: nxbtdtt@vnn.vn

Chi nhánh: 48 Nguyễn Đình Chiểu. Q.1

TP. Hồ Chí Minh - Điện thoại: 08. 38298378



SÁCH ĐẶT HÀNG