

Biologische und biomechanische Grundlagen von Muskelleistungen

Zum biomechanischen Bereich

(Muskuläre Kraftentfaltung unter mechanischen Bedingungen)

Hebel- bzw. Gelenkwinkelverhältnisse

Da die Entwicklung von Muskelkräften innerhalb sportlicher Bewegungen immer in Verbindung mit Gelenkstellungen bzw. Gelenkbewegungen zu sehen ist, handelt es sich bei der Feststellung der Muskelkräfte eigentlich um die Momente der Muskelkraft, d. h. um das Drehmoment (= Muskelkraft mal Hebelarm). Die Größe des Moments ist stark von den Längen der Last- und Krafthebel abhängig. Während der Gelenkbewegungen ändern sich diese (Abb. 15). Das führt dazu, dass nicht über den ganzen Gelenkbereich die gleichen Kraftmomente vorliegen. Es gibt an jedem Gelenk jedoch einen engeren Winkelbereich, in dem das größte Kraftmoment aufgebracht werden kann. Dies ist der Bereich des optimalen Arbeitswinkels (Beispiele: Ellenbogenbeugung bei 60-120°, Kniestreckung bei 110-120°).

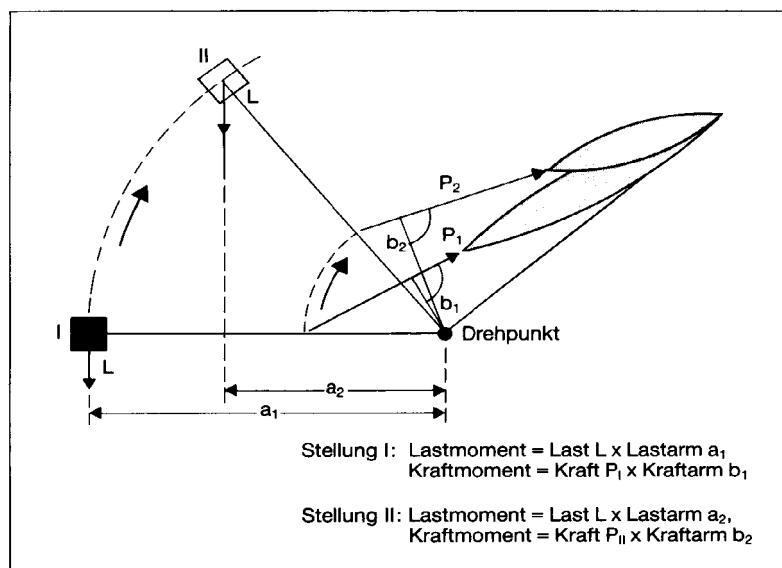


Abb. 15 Änderung der Drehmomente bei der Beugung im Ellbogengelenk (nach DE MARÉES 1981, 114): Der musculus biceps verkürzt sich von Stellung 1 nach Stellung 2 bei konstanter Last L . In Stellung 2 ist der Lastarm a_2 kleiner, der Krafthebel b_2 größer als in Stellung 1; d. h., das Drehmoment der Kraft wird größer (aus: GROSSER et al. 1987, 109).

Ausgangslänge des Muskels

Biomechanisch ist der Muskel als **Dreikomponentensystem** zu betrachten: Das **kontraktile Element** (= Aktin-Myosin-Komplex) entwickelt willkürlich aktive Muskelkraft; die **parallel-elastischen** (= Bindegewebe der Fasermembranen und Faszen) und **serienelastischen Elemente** (= elastisches Material in Sehnen und in den Myosin-Aktin-Querbrücken) wirken bei Dehnung wie eine elastische Feder und entwickeln passive Kräfte (Elastizitätskräfte).

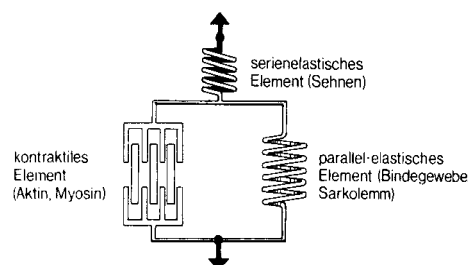


Abb. 40: Muskelmodell (MARKWORTH 1984, 52)

Die Gesamtkraft des Muskels die nach außen abgegeben wird, ist immer - unter gewisser Vordehnung- die Summe aus **aktiver Kraft (des kontraktilen Elements)** und **passiver Kraft (des parallel-elastischen Anteils)**. Dies ist bereits

der Fall, wenn der Muskel aus seiner sogenannten Ruhelänge (= 100%) sich kontrahiert, da in dieser Ruhelänge bereits eine Dehnung von ca. 5% gegenüber der **Gleichgewichtslänge (unter 100%)** enthalten ist. Die höchste Gesamtkraft wird (bei den meisten Muskeln) aus der Länge der optimalen Vordehnung (ca. 120%; + 20% Dehnung gegenüber der Ruhelänge) entwickelt (Abb. 16). Dabei wird der Kraftverlust aus dem kontraktilem Anteil (wegen geringerer Überlappungsfläche der Myofibrilien) durch die Kraft aus der parallelelastischen Komponente mehr als ausgeglichen. Bei noch stärkerer Vordehnung ist dieser Ausgleich nicht mehr gegeben.

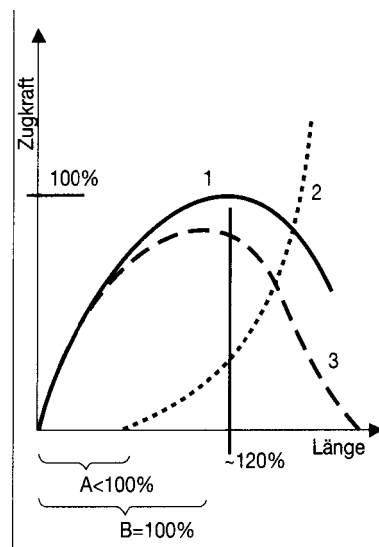


Abb. 16 Abhängigkeit der Zugkraft von der Länge des aktiven Muskels (bindegewebereicher Typ). A = Gleichgewichtslänge, B = Ruhelänge, 1 = Gesamtzugkraft, 2 = Kraft aus der parallelelastischen Komponente, 3 = Kraft aus der kontraktilem Komponente (nach ZAZIORSKI et al. 1984, 62).

Die optimale Vordehnung wird in zahlreichen Sportbewegungen durch Auftakt- oder Ausholbewegungen unbewußt genutzt. Für die Effektivität von Trainingsübungen kann die Kenntnis über Gelenkstellungen, in denen Muskeln ihre wirkungsvollste Ausgangslänge haben, von Nutzen sein.

Bewegungsgeschwindigkeit (Kontraktionsgeschwindigkeit)

Bei dynamischer Arbeitsweise ist die Kraftentwicklung von der Kontraktionsgeschwindigkeit (= Verkürzungsgeschwindigkeit) des Muskels abhängig. Oder: Die zur Bewältigung der zu befördernden Last notwendige Kraftgröße beeinflusst die Kontraktionsgeschwindigkeit. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der Hill'schen Kurve (Abb. 17).

Abb. 17 Abhängigkeit der maximalen Kontraktionsgeschwindigkeit von der Größe der Auflast bzw. der aufzuwendenden Kraft (HILL'sche Kurve): Geringere Kontraktionsgeschwindigkeit mit zunehmender Auflast und umgekehrt (aus: GROSSER et al. 1987, 132).

