Die Kraft-Länge-Beziehung des Musculus rectus femoris

Autor(en): **Hasler, Evelyn**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule Magglingen mit Jugend + Sport**

Band (Jahr): **47 (1990)**

Heft 8

PDF erstellt am: **01.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-993463

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Kraft-Längen-Beziehung des Musculus rectus femoris

Evelyne Hasler

Die dem Artikel zugrunde liegende Diplomarbeit für das Eidgenössische Turn- und Sportlehrerdiplom II an der ETH Zürich erzielte beim Preisausschreiben des Forschungsinstitutes der ESSM 1989 einen 1. Preis.

Die Kraft-Längen-Beziehung ist eine der wichtigsten mechanischen Eigenschaften von Skelettmuskeln. Sie zeigt sich, wenn Muskeln in vorgegebener Gelenkstellung Kraft ausüben müssen, zum Beispiel beim Krafttraining mit Maschinen, beim Velofahren, bei der Startposition in den Startblöcken.
Die vorliegende Arbeit versucht, eine Diskrepanz zu erklären, die zwischen einer theoretischen und einer experimentellen Kurve festgestellt wurde.

Die Kraft-Längen-Beziehung eines Skelettmuskels ist definiert als die maximale isometrische Kraft in Abhängigkeit zur Muskellänge.

Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Kraft-Längen-Beziehung verschiedentlich an Tiermuskeln unter genau kontrollierten Bedingungen untersucht. An menschlichen Muskeln gibt es nur wenige Untersuchungen, wohl auch wegen der Schwierigkeit einzelne Muskeln aus einer Muskelgruppe zu isolieren.

Experimentelle Methode von Herzog

Herzog (1988) entwickelte eine experimentelle Methode, um die Kraftänderung eines einzelnen mehrgelenkigen Muskels als Funktion seiner Länge zu beschreiben und zwar unabhängig von seinen Synergisten.
Herzogs Methode verlangt, dass innerhalb einer Synergistengruppe bezüglich eines Gelenks A ein einzelner Muskel über ein zweites Gelenk gehen muss, ohne dass dieses von einem anderen Muskel gekreuzt wird (wie in Abb. 1a dargestellt).
Die Länge der eingelenkigen Muskeln ist durch die Winkelstellung im ersten Gelenk A eindeutig bestimmt. Ändert man die Winkelstellung des zweiten Gelenks B, ändert die Muskellänge des zweigelenkigen Muskels, jedoch nicht diejenige der eingelenkigen Muskeln (vGL! Abb. 1b). Dies bedeutet: Bestimmt man experimentell das Drehmoment (zum Beispiel bei maximalen isometrischen Kontraktionen) um die Gelenksachse von Gelenk A bei verschiedenen Stellungen des zweiten Gelenks B, so muss eine Änderung des Drehmomentes dem zweigelenkigen Muskel zugeordnet werden. Betrachtet man den Rectus femoris (= gerader Oberschenkelmuskel) bei konstanter Aktivität seiner Synergisten in verschiedenen Gelenkskonfigurationen, trifft man also zwei Annahmen:

a) Die Gelenksmomente der Synergisten des Rectus femoris sind bei gleicher Muskellänge gleich gross
b) Die Gelenksmomente der Antagonisten des Rectus femoris sind bei allen Gelenkskonfigurationen gleich gross.

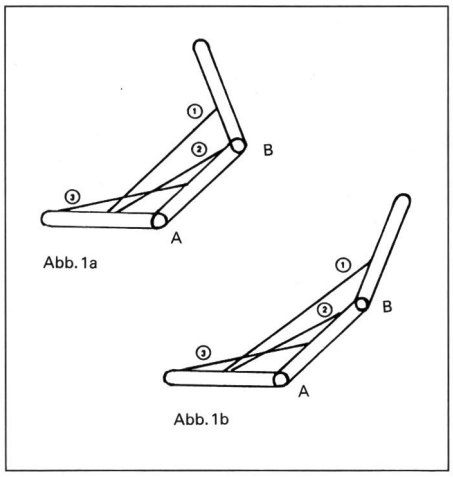

Abb. 1: Modell mit drei Muskeln 1, 2, 3 über Gelenk A und 1 zusätzlich über Gelenk B (nach Herzog et al., 1988).

Huxleys Theorie

Mit dieser Methode bestimmte Herzog (1988) eine experimentelle Kraft-Längen-Beziehung des Musculus rectus femoris. Seine experimentell erhaltene Kurve unterschied sich deutlich von einer theoretischen Kurve, die auf der «cross-bridge»-Theorie von A.F. Huxley (1957) basierte. Huxleys Theorie wurde bis jetzt nur aufgrund von Versuchen an Tiermuskeln überprüft.

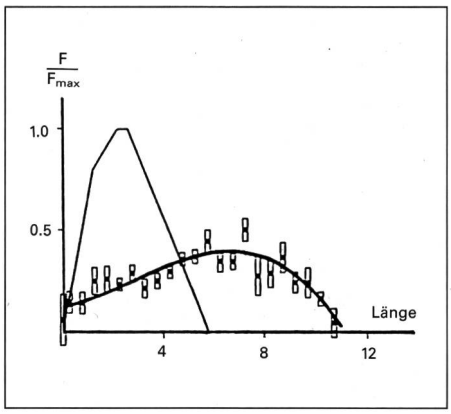

Abb. 2: Theoretische Kraft-Längen-Beziehung von Huxley (dünne Linie) und experimentelle Kraft-Längen-Beziehung von Herzog (dicke Linie).

Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit war es nun, die von Herzog getroffenen Annahmen a) und b) zu überprüfen und mögliche Gründe zur Erklärung der Diskrepanz zwischen theoretischer und experimenteller Kurve zu finden.

Arbeitsmethode

Um die Annahmen zu überprüfen, wurden Momentmessungen durchgeführt, bei denen gleichzeitig die Aktivitäten (EMG) der Oberschenkelmuskulatur (mit Oberflächenelektroden) erfasst wurden. 7 Versuchspersonen führten isometrische Extensionen in 3 verschiedenen Kniewinkelstellungen und je 5 verschiedenen Hüftwinkelstellungen an einem Schnelltrainer (Krafttestmaschine) durch (vgl. Abb. 3). EMGs wurden aufgenommen vom Vastus lateralis, Vastus medialis und dem Rectus femoris als Vertreter der Extensoren und vom Biceps femoris als Vertreter der Flexoren. Weil die Versuchspersonen nicht festgebunden waren, wurden alle

Für Trainingslager ins

Hallen- und Solebad in nächster Nähe

Günstige Übernachtungsmöglichkeiten in Militärunterkunft
(400 Meter vom Sportcenter entfernt) oder in Hotels in der Umgebung

Verpflegungsmöglichkeit im centereigenen Restaurant

Möglichkeit für Velotouren in nahegelegenen Schwarzwald oder im Fricktal

Unser Sportcenter Bustelbach in Stein ist leicht erreichbar:
- Mit günstigen Zugsverbindungen nach Stein-Säckingen
- oder im Auto, nur 30 km östlich von Basel und
  5 Minuten ab Autobahnausfahrt Eiken

STEIN
SPORT-CENTER
BUSTELBACH

Telefon 064 63 20 63

Halle 50 × 40 Meter
3 Tennisplätze
9 Badmintonplätze
Minigolfanlage

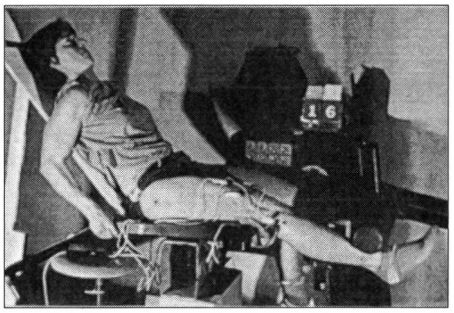

Abb. 3: Schnelltrainer mit Versuchsperson während einer Kontraktion.

Versuche gefilmt, um mögliche Abweichungen von der vorgeschriebenen Position festzuhalten und in den Berechnungen zu berücksichtigen.

Resultate und Interpretation

In einem ersten Schritt wurden mit den erhaltenen Daten ebenfalls Kraft-Längen-Kurven bestimmt und mit Herzogs Kurven verglichen, um sicher zu sein, dass man von vergleichbaren Situationen ausging. Die Kurven aus den gemessenen Daten stimmten recht gut mit Herzogs Kurven überein. Zweitens wertete man die Filmaufnahmen aus, um die Grösse der Hebelveränderungen festzustellen und berechnete die erhaltenen Kurven nochmals, allerdings mit korrigierten Hebeln. Die Kurven wurden dadurch stark verändert (vgl. Abb. 4).

Der Hebel zwischen dem Berührungspunkt des Fusses mit dem Widerstand und der Maschinenachse (respektive Knieachse, vgl. Abb. 3) änderte sehr stark bei zunehmendem Hüftwinkel. (Offensichtlich konnten auch keine exakten isometrischen Kontraktionen erzeugt werden, da beim Auswerten der Filmdaten Winkelgeschwindigkeiten im Knie festgestellt wurden. Der Einfluss auf die Momentkurve war jedoch relativ gering.)

Die Änderung der Gelenkstellungen in der Messreihe führen zu einer Hebelveränderung und somit zu einem systematischen Fehler, der berücksichtigt werden muss.

Wertet man die EMG-Messungen aus, so stellt man fest, dass sich die Synergistenaktivität bezüglich des Kniegelenks wiederum systematisch zur Hüftwinkeländerung verhält. Dies bedeutet: Die Synergisten des Rectus femoris sind bei gleicher Muskellänge verschieden gross, da ihre Aktivität nicht konstant ist. Annahme a) muss daher angepasst werden. Annahme b) ist dann vertretbar, wenn man den Biceps femoris als Stellvertreter aller Antagonisten im Vergleich zum totalen Antagonistenmoment betrachtet. Sein Momentanteil ist relativ klein und konstant. Vergleicht man aber den Biceps femoris mit dem Rectus femoris, so steuern beide ungefähr gleichviel zum totalen Moment bei.

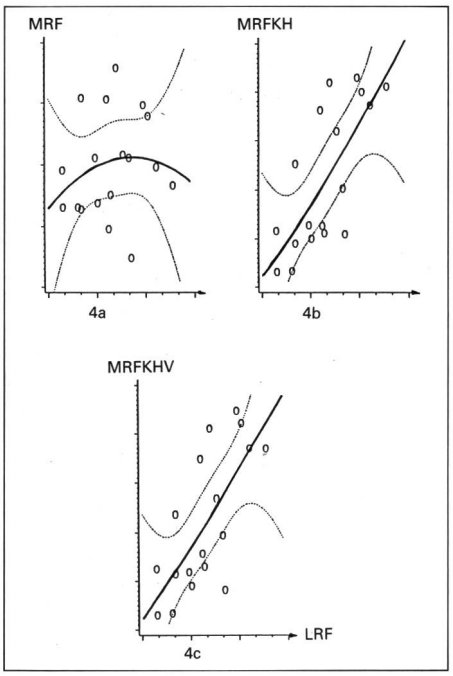

Abb. 4: Veränderung der erhaltenen Kurven (4a) durch den Einfluss der Hebeländerung (4b) und der Kniewinkelgeschwindigkeit (4c).

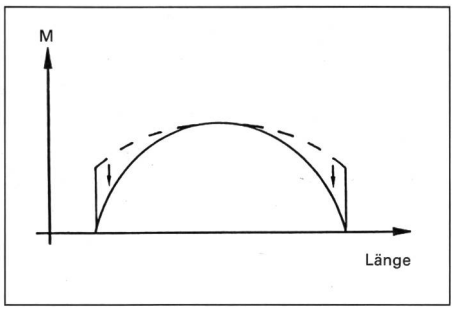

Abb. 5: Moment-Längen-Kurve mit Berücksichtigung der erhaltenen Daten.

Es ist also entscheidend, dass man alle Antagonisten (und nicht nur einen) berücksichtigt, wenn man eine Aussage über einen Synergisten (hier den Rectus femoris) machen will.

Betrachtet man mit den neuen Erkenntnissen nun wieder die experimentelle Kurve von Herzog, so hätte eine systematische Veränderung der Synergistenaktivität zur Folge, dass der aufsteigende und der abfallende Ast des Graphen viel steiler verlaufen würden (vgl. Abb. 5). Ist die Form der Kurve nur vom Rectus femoris-Kraftbeitrag abhängig, so ist der Rectus femoris bisher unterschätzt worden.

Fazit

Beim Vergleich zwischen der theoretischen und der experimentellen Kurve kann man aufgrund dieser Arbeit nicht von einer Diskrepanz reden, denn (1) systematische Fehler, (2) grosse zufällige Fehler und (3) sehr individuelle Resultate (einige Personen stimmen sehr gut mit Huxleys Kurve überein, andere gar nicht) bewirken diese Unterschiede. Somit kann Huxleys Theorie nicht verneint werden, vielmehr mussten Herzogs Resultate korrigiert werden.

Um die Frage abschliessend zu beantworten, müsste eine bessere Methode zur Bestimmung der Kraft-Längen-Beziehung entwickelt werden. ■