ANDREAS KLEE/THOMAS JÖLLENBECK/KLAUS WIEMANN

# Messstation zur Erfassung des Dehnungswiderstandes und der Viskosität der ischiocruralen Muskeln und des M. rectus femoris – ein Vergleich

## 1 Einleitung

Im Rahmen der uns vorliegenden Forschungsberichte zum Themenbereich „Dehnungsparameter der Muskeln in vivo“ werden 30 mal die ischiocruralen Muskeln (*isch. M.*, hintere Oberschenkelmuskulatur) als Untersuchungsgegenstand gewählt, viermal die Wadenmuskulatur, viermal Bewegungen, die sich über mehrere Gelenksysteme erstrecken (Rumpfflexion: 3, Rumpfextension: 1), dreimal verschiedene Muskeln des Schultergelenkes, zweimal die Fingermuskeln, einmal die Adduktoren, einmal die Hüftbeuger und einmal der M. rectus femoris (*rec. fem.*, der gerade Schenkelmuskel). Dieses deutliche Übergewicht der isch. M. wird noch auffälliger, wenn nur Untersuchungen neueren Datums betrachtet werden. Dabei machen es die spezifischen Charakteristika, die die isch. M. von anderen Muskeln unterscheiden – Muskelfaserzusammensetzung, Fiederungswinkel usw. –, erforderlich, die Untersuchungsergebnisse vor einer Generalisierung durch einen entsprechenden Vergleich mit anderen Muskelgruppen zu überprüfen und abzusichern. Der Vergleich mit dem rec. fem. wird dabei vor allem durch die folgende Entwicklung der Untersuchungen zum Thema Dehnungstraining der letzten Jahren ermöglicht.

Die Bewegungsreichweite (BRW, engl.: ROM, range of motion), die in den älteren Untersuchungen oft ausschließlich untersucht wurde, hängt stark von der maximalen Spannung in der finalen Dehnungsstellung und somit auch von der Toleranz der Vpn gegenüber dem auftretenden Dehnungsschmerz ab. Die Zunahme der BRW, die durch alle Dehnungsmethoden sowohl im Rahmen kurzzeitiger Programme (15 Min.) als auch im Rahmen langfristiger Trainingsprogramme (mehrere Wochen) erreicht werden kann, wird offensichtlich vor allem durch eine Erhöhung der maximalen Spannung und der Toleranz der Vpn gegen Dehnungsspannung verursacht (KLINGE u.a. 1997, MAGNUSSON u.a. 1996b, WIEMANN 1991). Somit besitzt der Parameter „BRW“ nur eine eingeschränkte Aussagefähigkeit über die Wirkung von Dehnungsmaßnahmen auf das Ruhespannungs-Dehnungsverhalten der Muskeln.

Aus den dargestellten Zusammenhängen ist bereits ersichtlich, dass auch die maximale Dehnungsspannung durch die Toleranz der Vpn gegen Dehnungsschmerz beeinflusst wird. Zusätzlich können sich in der finalen Dehnungsstellung unbewusste Kontraktionen der beteiligten Muskeln auf die gemessene Dehnungsspannung störend auswirken. Somit scheint auch die maximale Dehnungsspannung kein reli-

abler Parameter zur Abbildung von Muskeldehneigenschaften zu sein. Aus diesem Grund wird in den letzten Jahren der Ruhespannung der Muskeln im submaximalen Bereich bzw. der Abnahme der Ruhespannung (delta torque, MAGNUSSON u.a. 1996a, S. 624) während einer Fixierung im maximalen oder submaximalen Bereich mehr Aufmerksamkeit gewidmet.
Ein Nebeneffekt dieser Entwicklung ist, dass mit diesen zuletzt genannten Untersuchungsmethoden die Wirkung von Treatments auch auf solche Muskeln überprüft werden kann, die nicht die BRW des zugehörigen Gelenks begrenzen.

## 2 Die Diagnosestation „Seitenlage“

Die beiden im weiteren dargestellten Untersuchungsreihen sind bis auf das Treatment identisch und zeigen den folgenden Ablauf:

1. Jeweils drei EMG-Registrierungen während einer 5-sekündigen maximalen Willkürkontraktion (MVC) der isch. M. und des rec. fem.
2. Die Vpn werden zur Messung der Dehnfähigkeit des rec. fem. auf der Diagnosestation in Seitenlage positioniert, um störende Einflüsse der Schwerkraft (Flüssigkeitsverschiebungen) zu vermeiden (Abb. 1, KLEE u.a. 1999). Zunächst wird die Vp in Längsrichtung so lange verschoben und das Gesäß mit Brettern unterlegt, bis sich der Trochanter major in Höhe eines Orientierungszeigers befindet (2). Im Anschluss wird die Vp durch einen Beckengurt (3) am Verrutschen gehindert. Orientiert an einem Zeiger (1) wird der rechte Oberschenkel in einer 20°-Überstreckung fixiert (4), die gewährleisten soll, dass bei möglichst vielen Vpn die BRW nicht durch Massenhemmung (die Wade berührt den hinteren Oberschenkel), sondern durch die Dehnfähigkeit des rec. fem. begrenzt wird.
3. *Vortest*:
   3.1. Eine Messung der maximalen Kniebeugefähigkeit (BRW) zur Gewöhnung an den Versuchsstand und an die Bewegung (Vtx1)
   3.2. Eine weitere Messung der maximalen BRW (Vtx2)
   3.3. Eine Messung bei submaximaler BRW, d.h. das Kniegelenk wird nicht maximal gebeugt (Vts = Kniewinkel von Vtx2 + 7,5°)
4. *Treatment*:
   4.1. Ein ca. 15-minütiges *Dehnungstraining* auf der Diagnosestation (3 x 5 maximale Dehnungen d1 - d15, die mit Vtx identisch sind und die auch aufgezeichnet werden, zwischen den drei Sätzen wird 3 Minuten pausiert)
   4.2. Ein ca. 15-minütiges auxotonisches *Krafttraining*, bei dem ein am Knöchel befestigtes Gewicht in Rückenlage mit gestrecktem Kniegelenk aus der Hüftüberstreckung (ca. 20°) bis zur Hüftbeugung (ca. 20°) angehoben wird (5 x 12 Wdh., zwischen den 5 Sätzen wird 3 Minuten pausiert)
5. *Nachtest*:
   5.1. Eine Messung der maximalen BRW (Ntx)
   5.2. Eine Messung bei derselben BRW wie beim submaximalen Vortest (Nts)

Aufgezeichnet werden jeweils das EMG der isch. M. und des rec. fem., die Dehnungsspannung und der Winkel im Verlauf von 25 Sek.. Dabei wird die Dehnung manuell durchgeführt. Nach einer ca. 6-sekündigen dynamischen Dehnungsphase wird das Bein ca. 12 Sekunden in der erreichten Position fixiert (statische Phase) und wieder mit einer Dauer von ca. 6 Sekunden in die Ausgangsposition zurückgeführt (vgl. Abb. 2). Die Messung des EMGs dient in erster Linie dazu zu kontrollieren, ob Aktivität während der Messung der Dehnungsspannung bei submaximaler BRW auftritt, da diese die Höhe der gemessenen Spannung verfälscht. In den wenigen Fällen, wo dies zu beobachten war, wurden die Messungen wiederholt.
Der Vergleich von Messungen mit gebeugter Hüfte (entdehnter rec. fem.) mit Messungen mit gestreckter Hüfte (gedehnter rec. fem.) ergab, dass ca. 25% der Dehnungsspannung im Bereich der maximalen BRW dem rec. fem. zuzuschreiben sind, die restlichen 75% der Vastusgruppe.

## 3 Zur Wirkung kurzfristiger Dehnprogramme (Dp)

Zur Wirkung kurzfristiger Dp auf den Dehnungswiderstand der isch. M. liegen mehrere Untersuchungen vor, von denen die Mehrzahl eine Abnahme feststellen. So weisen z.B. MAGNUSSON u.a. (1996a) nach, dass der Dehnungswiderstand von einer ersten bis zur fünften statischen Dehnung von jeweils 90 Sekunden Länge um 19,6% sinkt. WIEMANN (1995) hingegen stellt weder bei einem 15-minütigem dynamischen noch nach einem 15-minütigem statischen Dp eine Reduktion der Dehnungsspannung fest. Dabei ist jedoch festzustellen, dass WIEMANN die Ruhespannung im Verlauf der dynamischen Phase der Dehnung bei einem Hüftwinkel von 70° als Parameter wählte und die Vpn im Gegensatz zu MAGNUSSON u.a. die Dehnungen nicht auf dem Gerät durchführten. Es könnte sein, dass die Wirkung des Dps bei WIEMANN einerseits durch die Zeit, die das erneute Fixieren der Vpn auf der Diagnosestation benötigte, und/oder durch die motorische Beanspruchung beim Besteigen der Diagnosestation aufgehoben wurde.

### *3.1 Ergebnisse*

Die 5 der insgesamt 10 Vpn, bei denen die BRW nicht durch Massenhemmung begrenzt wurde, zeigen im Nachtest eine signifikante Zunahme der BRW von 5,5° ($p = 0{,}032$, vgl. Abb. 3). Die Dehnungsspannung bei submaximaler BRW sinkt um 3,2 Nm, bzw. 12,8% ($p = 0{,}001$) vom Vortest (24,9 Nm) zum Nachtest (21,7 Nm).

## 4 Zur Wirkung kurzfristiger Krafttrainingsprogramme (Kt)

In-vitro-Untersuchungen zeigen, dass die Dehnungsspannung eines Muskels durch Kontraktionen ebenso wie durch Dehnungen herabgesetzt werden kann (TAYLOR u.a. 1997). Vergleichbare Untersuchungen in-vivo im Rahmen kurzfristiger Kts

kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. So war die Dehnungsspannung nach einem isometrischen Kt (13 Wdh.) gesunken (AUGUSTIN 1993), nach einem exzentrischen Kt (5 x 12 Wdh.) gestiegen (WIEMANN/ FISCHER 1997) und nach einem auxotonischem Kt unverändert (WIEMANN 1995). Dass bzgl. der Wirkung von Kontraktionen auf Dehnungsparameter noch Klärungsbedarf besteht, zeigen Untersuchungen an Fingermuskeln, innerhalb derer ebenfalls eine unterschiedliche Wirkung verschiedener Kontraktionsformen festgestellt wird (zit. bei HUTTON 1994).

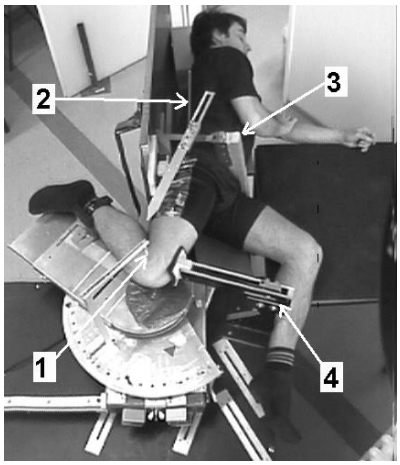


Abb. 1: Die Diagnosestation „Seitenlage“ von schräg oben gesehen, 1: Zeiger zur Ausrichtung der Drehachse des Kniegelenks auf die Drehachse des Drehtellers; 2: Hüftüberstreckung: 20°; 3: Fixierung Hüfte, 4: Fixierung Bein

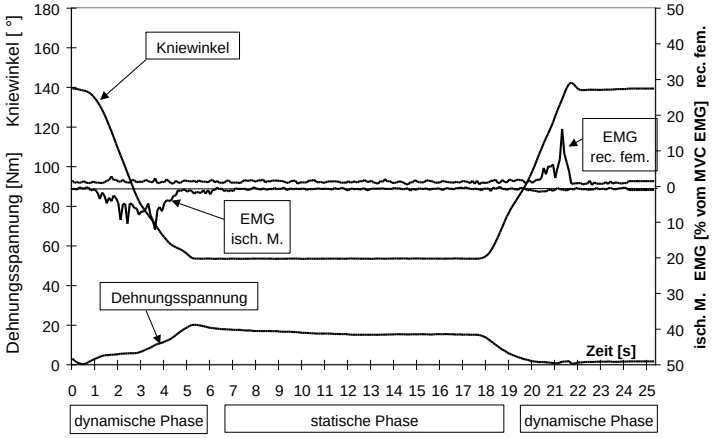


Abb. 2: Die Parameter „Kniewinkel“, „Dehnungsspannung“, „EMG der isch. M.“ und „EMG des M. rectus femoris in zeitabhängiger Darstellung (EMG gleichgerichtet und in % MVC-EMG)

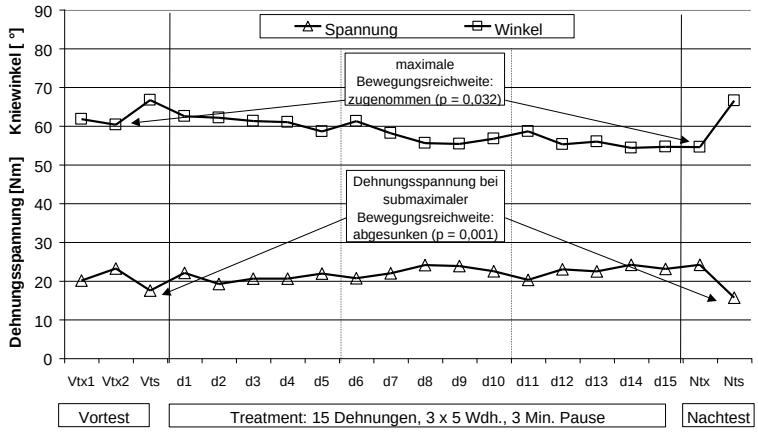


Abb. 3: Treatment „Dehnungstraining“: Die Veränderung der Parameter „Kniewinkel“ und „Dehnungsspannung“ (Mittelwerte in der statischen Phase der Dehnung) von der ersten bis zur letzten Messung (Vtx1 – Nts) der Vpn, bei denen die BRW nicht durch Massenhemmung begrenzt wird

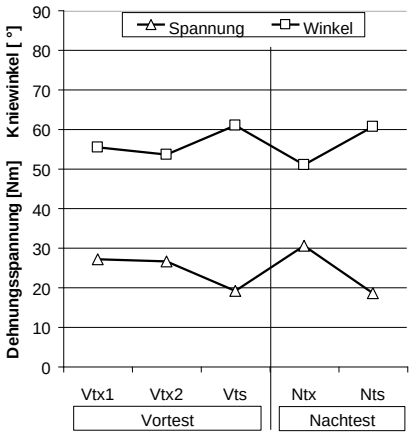


Abb. 4: Treatment „Krafttraining“: Die Parameter „Kniewinkel“ und „Dehnungsspannung“ (Mittelwerte in der statischen Phase der Dehnung) im Vor- und Nachtest

### *4.1 Ergebnisse*

Die fünf der bisher insgesamt acht Vpn, bei denen die BRW nicht durch Massenhemmung begrenzt wurde, zeigen im Nachtest keine signifikante Veränderung der BRW (vgl. Abb. 4). Auch bei der Dehnungsspannung bei submaximaler BRW sind die Differenzen der fünf auswertbaren Vpn nicht signifikant. Da die Versuchsreihe noch nicht beendet ist und wegen der geringen Vpn-Anzahl, müssen diese Ergebnisse noch als vorläufig gelten.

## 5 Zusammenfassung

Die Untersuchungsmethode „Dehnungsspannung bei submaximaler Bewegungsreichweite“ ist zur Überprüfung der Wirkung von Treatments auf den M. rectus femoris geeignet. Die Ergebnisse der Untersuchungsreihe „Dehnungstraining“ zeigen keine Unterschiede zu den Ergebnissen, die bei den isch. M. erzielt wurden. Vor dem abschließenden Vergleich der Ergebnisse der Untersuchungsreihe „Krafttraining“ muss der weitere Verlauf abgewartet werden. Ohne dies an dieser Stelle statistisch absichern zu können, soll die Beobachtung den Abschluss bilden, dass es beim Vergleich des rec. fem. mit den isch. M. bei dem Reflexverhalten Unterschiede zu geben scheint. Die bei der Messung der maximalen BRW typischen Dehnungsreflexe der isch. M. wurden beim rec. fem. nicht beobachtet.

## Literatur


AUGUSTIN, J.: Der Einfluss unterschiedlicher Beanspruchungsformen auf die Ruhespannung von Muskeln. Unveröff. Examensarbeit, Wuppertal 1993

HUTTON, R. S.: Neuromuskuläre Grundlagen des Stretchings. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln 1994, 41-50

KLEE, A./ WIEMANN, K./JÖLLENBECK, T.: Messstation zur Erfassung des Dehnungswiderstandes, der Viskosität sowie dynamischer und statischer Kraftparameter in vivo. In: WIEMEYER, J. (Hrsg.): Forschungsmethodische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport. (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 105). Hamburg 1999, 249-254.

KLINGE, K./ MAGNUSSON, S. P./ SIMONSON, E. B./ AARGAARD, P./KLAUSEN, K./ KJAER, M.: The Effect oft Strength and Flexibility Training on Skeletal Muscle Electromyographic Activity, Stiffness, and Viscoelastic Stress Relaxation Response. In: American Journal of Sports Medicine, 25 (1997) 5, 710 - 716

MAGNUSSON, S. P./ SIMONSON, E. B./AARGAARD, P./ KJAER, M.: Biomechanical Responses to Repeated Stretches in Human Hamstring Muscle In Vivo. In: The American Journal of Sports Medicine, 24, (1996a), 5, 622 - 628

MAGNUSSON, S. P./SIMONSON, E. B./SORENSON, H./, M.: A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. In: J Physiol 497 (Pt 1) (1996b), 291 - 298

TAYLOR, D. C./BROOKS, D. E./RYAN, J. B.: Viscoelastic characteristics of Muscle: Passive stretching Vs. Muscular contraction. In: Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol. 29 (1997) No. 12, S. 1619 - 1624

WIEMANN, K.: Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. In: Sportwissenschaft, 21 (1991), 295-306

WIEMANN, K.: Die ischiocrurale Muskulatur. In: CARL, K./QUADE, K./STEHLE, P. (Hrsg.): Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung. Köln 1995, 85 – 124

WIEMANN, K./FISCHER, T.: Ruhespannung und Muskelkater. In: Sportwissenschaft, 27 (1997), 4, 428 – 436