Sonderdruck aus „DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN"

Heft 9 (1991) 42. Jahrgang

Schriftleitung: Prof. Dr. Dr. h. c. W. Hollmann, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Carl-Diem-Weg, 5000 Köln 41

G. Wydra,
K. Bös,
G. Karisch

Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken

The effectiveness of different stretching techniques

Aus der Bosenberg Klinik St. Wendel (Chefarzt Dr. med. P.B. Wenzkat) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Sportwissenschaft der Universität Frankfurt

Zusammenfassung

Die Effektivität verschiedener Dehntechniken wurde in einem Feldexperiment untersucht. Verglichen wurden die gehaltene, die postisometrische und die dynamische Dehnung. Beleuchtet wurden die kurzfristige und die mittelfristige Verbesserung der Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe.
Es konnte eine hochsignifikante kurzfristige Verbesserung der Dehnfähigkeit in allen Gruppen beobachtet werden. Die postisometrische Dehnung erwies sich gegenüber der gehaltenen Dehnung überlegen. Die beobachteten absoluten Unterschiede zwischen den Gruppen erscheinen jedoch unter therapeutischen Gesichtspunkten nicht von Relevanz. Die dynamische Dehnung war den anderen Dehntechniken bei der Beobachtung der mittelfristigen Verbesserungen der Dehnfähigkeit über einen Zeitraum von 2 Wochen signifikant überlegen.
Aufgrund der in der Literatur zu diesem Thema geführten Diskussion erscheint jedoch eine Präferierung der intermittierenden Dehntechnik verfrüht, jedoch sollten die Argumente gegenüber der Anwendung dynamischer Dehntechniken kritisch überprüft werden. Die Verf. sind der Ansicht, daß das dynamische Dehnen, zumindest in der hier vorgestellten Form, in der Sportpraxis gleichberechtigt neben anderen Dehntechniken regelmäßig angewandt werden sollte.

Summary

The effectiveness of different stretching-techniques had been observed in a field-experiment. Static, dynamic and contract-release stretching techniques have been compared. Short-term and middle-term improvement of extensibility of the hamstrings were examined.
There was a significant short-term improvement of extensibility registrated in all groups. The contract-release technique was significantly better than the static stretching. The observed absolut differences between the groups are of no therapeutical relevance. The dynamic stretching technique had significantly better results than the other stretching techniques when observing the middle-term improvement of extensibility in a period of two weeks.
Based on the discussion in the literature to the theme a preference of dynamic stretching techniques seems to be premature, however the arguments against the application of dynamic stretching techniques should be critically examined. The point of view of the authors is, that dynamic stretching techniques, at least as shown in this report, have equal rights besides the other stretching techniques in sports.

Einleitung und Problemstellung

In der jüngsten Vergangenheit finden sich eine Reihe von praxisorientierten Publikationen, die sich mit der Methodik der Muskeldehnung zur Verbesserung der Beweglichkeit auseinandersetzen (1, 3, 25). Bei der Diskussion werden weiche Stretchingtechniken aufgrund günstigerer elektrophysiologischer Bedingungen sowie geringerer Verletzungsgefahren gegenüber dynamischen Dehntechniken präferiert. *Dietrich et al.* (9) stellen hierzu fest: „Es liegen keine Untersuchungen vor, die eindeutig die Überlegenheit einer Methode beweisen" (20).
Aufgrund der zum Teil bestehenden Unsicherheit bezüglich der Anwendung bestimmter Dehntechniken erscheint eine intensive Durchleuchtung des Problemfeldes gewinnbringend.

Bedeutung der Muskeldehnung im Sport

Dehnübungen werden im Sport vorwiegend zur Verbesserung der Beweglichkeit eingesetzt. Der Begriff Beweglichkeit wird nicht einheitlich verwendet. Die Begriffsverwendung reicht von Gelenksbeweglichkeit, Gelenkigkeit bis zum Gebrauch als Oberbegriff im Sinne von Gewandtheit (6). Unter Beweglichkeit verstehen wir den willkürlich möglichen Bewegungsbereich in einem oder mehreren Gelenken (16).

Im Sinne dieser Begriffsbestimmung sind die Gelenkstrukturen, der Umfang der Muskelmasse, die Dehnungsfähigkeit des Muskels, ferner der Sehnen, Bänder und Gelenkkapseln sowie der Haut leistungslimitierende Faktoren für die Beweglichkeit.
Während bei jungen Menschen die Beweglichkeit im allgemeinen keine leistungslimitierende Bedeutung besitzt, nimmt deren Bedeutung im Alter zu. In einer eigenen Untersuchung bei Teilnehmern an stationären Heilbehandlungen konnten Muskelverkürzungen bei der Mehrzahl der Rehabilitanden festgestellt werden (7).
Häufig sind Einschränkungen der Beweglichkeit gepaart mit Muskelschwächen antagonistischer Muskelgruppen. Diese Muskeldysbalancen finden sich in allen Altersstufen (4,26). Der Verbesserung der Dehnfähigkeit kommt somit eine besondere Bedeutung zu, sowohl um leistungslimitierende Einschränkungen der Beweglichkeit abzubauen als auch um Muskeldysbalancen entgegenzutreten.

Theoretische Grundlagen

Die bei der Muskeldehnung ablaufenden Prozesse lassen sich am ehesten durch ein Muskelmodell (vgl. Abb. 1) erklären, bei dem elastische und plastische Elemente parallel und hintereinander geschaltet sind (29). Die elastischen Elemente (Sarkolemm, Sehnen, Bindegewebe) lassen sich nur geringfügig dehnen (15). Von besonderer Bedeutung dagegen sind die Längenzunahmen, die durch Dehnung der kontraktilen Elemente innerhalb des Sarkomers erzielt werden können. Mit zunehmender Dehnung nimmt zwar der Überlappungsgrad von Aktin und Myosin und damit die maximal mögliche Spannung der kontraktilen Elemente ab (36), gleichzeitig erhöht sich jedoch die EMG-Aktivität (10, 27) und durch die zunehmende Dehnung der elastischen Elemente der Gesamtdehnungswiderstand.
Die neurophysiologisch orientierten Arbeiten, die sich mit der veränderten Auslösbarkeit des H-Reflexes bei unterschiedlicher Muskelaktivierung vor oder während des Dehnens beschäftigen, ergeben kein einheitliches Bild (11, 21, 30, 31, 35). Hinzu kommen Probleme bei der Interpretation der Ergebnisse, da fast sämtliche Untersuchungen sich mit der künstlichen Auslösbarkeit des H-Reflexes beschäftigen. Das Experimentieren mit konstanten reflexauslösenden Reizen erschwert die Erklärung der zugrunde liegenden Mechanismen zusätzlich (14, 22, 24).
In einer neueren Arbeit kommen *Guissard, Duchateau und Hainaut* (13) zu einer Empfehlung für die Anwendung von PNF-Techniken. Ihre Ergebnisse indizieren, daß die Auslösbarkeit des H-Reflex meistens in den ersten 5 Sekunden einer PNF-

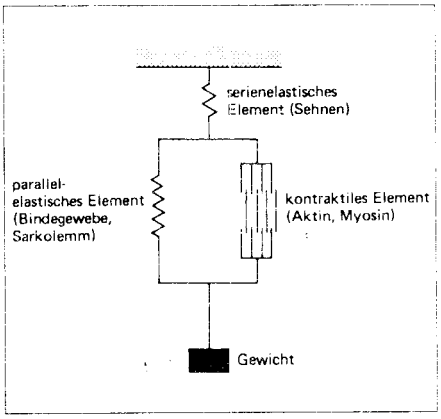


Abbildung 1: Der Muskel als Modell parallel- und serienelastischer bzw. -plastischer Elemente (de Marées 1989, 38)

Dehnung fast vollständig unterdrückt wird, während dies beim statischen Dehnen nicht der Fall ist. Die Unterdrückung des H-Reflexes beim postisometrischen Dehnen ist in der ersten Sekunde nach der Anspannung am größten, während längere Kontraktionszeiten keinen darüberhinausgehenden Effekt zeigten.
Die Grundlage für die Verbesserung der Beweglichkeit im Verlaufe des Trainingsprozesses stellen morphologische Veränderungen dar, über die ein recht einheitliches Bild besteht. *Tabary et al.* (37) konnten eine reversible Zunahme bzw. Abnahme der Sarkomerzahl in Abhängigkeit vom Grad der Dehnung feststellen. Nach *Williams und Goldspink* (39) versucht der Muskel stets eine optimale Überlappung von Aktin und Myosin aufrechtzuerhalten, wodurch eine optimale Spannung des Muskels gewährleistet ist. Im Tierexperiment kommt es bereits nach einer einwöchigen Dauerdehnung zu einer Vergrößerung der Sarkomerzahl in Längsrichtung des Muskels, während das Dickenwachstum erst danach einsetzt (2, 12, 15, 17).
Untersuchungen zur Verbesserung der Beweglichkeit beim Menschen liegen in nur geringer Zahl vor. *De Vries* (38), der die Auswirkungen des Hatha-Yoga im Vergleich zum ballistischen Dehnen beleuchtete, konnte keine Unterschiede hinsichtlich der Verbesserung der Beweglichkeit nachweisen. *Holt, Travis und Okita* (18) dagegen konnten beim Vergleich von ballistischem, langsamem und Contract-Release-Dehnen signifikante Vorteile der Contract-Release-Technik nachweisen. *Moore und Hutton* (31) zeigten die Überlegenheit einer Kombination von Contract-Release- und Antagonist-Contract-Technik gegenüber dem statischen Dehnen und dem Dehnen nach einer Muskelkontraktion. *Schober et al.* (33) untersuchten die muskuläre Entspannungsfähigkeit. Der Vergleich von Dauerdehnung, intermittierender Dehnung und Dehnung nach vorausgegangener Muskelkontraktion erbrachte deutliche Vorteile der intermittierenden Dehnung, während sich die statische Dehnung hemmend auf die muskuläre Regeneration auswirkte (19). Die postisometrische Dehnung führte zu indifferenten Ergebnissen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß die geringe Anzahl von Untersuchungen zur Verbesserung der Beweglichkeit als auch die Probleme bei der Interpretation neurophysiologischer Ergebnisse es nicht zulassen, eine Dehntechnik als Methode der Wahl zu präferieren.

UNTERSUCHUNGSMETHODIK

Fragestellung und Hypothesen

In einer Vergleichsuntersuchung sollte die Effektivität verschiedener Dehntechniken, die im Sport An-

wendung finden, überprüft werden. In der vorliegenden Untersuchung erfolgte eine Beschränkung auf die Betrachtung passiver Dehntechniken. Bei der Beurteilung der Effektivität von Behandlungsmaßnahmen kann entsprechend dem zeitlichen Ablauf der Behandlung eine Differenzierung von kurz-, mittel- und langfristigen Zielen oder Kriterien vorgenommen werden (40). Bei der vorliegenden Untersuchung sollten die kurz- und mittelfristigen Effekte beleuchtet werden.
Als Kriterium der Effektivität wurde aufgrund der sportbezogenen Relevanz dieses Kriteriums die Verbesserung der Beweglichkeit herangezogen. Unter kurzfristigem Effekt soll die Verbesserung der Dehnfähigkeit während einer einzelnen Behandlung, unter dem mittelfristigen Effekt die Verbesserung der Dehnfähigkeit während der gesamten Behandlungsdauer verstanden werden.

Probandenstichprobe

An der Untersuchung nahmen 80 Patienten der Bosenberg Kliniken in St. Wendel teil. Es handelt sich bei den Vpn. um Frauen und Männer, die wegen internistischer und psychovegetativer Erkrankungen an einer stationären Heilbehandlung teilnahmen und aufgrund ihres Gesundheitszustandes sporttherapeutischen Programmen zugewiesen werden konnten. Für die Untersuchung wurden Patienten mit Verkürzungen der ischiokruralen Muskelgruppe herangezogen. In den Versuchsgruppen bzw. in der Kontrollgruppe waren jeweils 10 Männer und 10 Frauen. Die wichtigsten Kenngrößen (Alter, Größe , Gewicht) der Stichprobe ergehen aus Tabelle 1.

Variablenstichprobe

Die Operationalisierung der Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe erfolgte nach der Neutral-Null-Methode (8) mit dem Goniometer nach ZACHER der Fa. Ciba-Geigy GmbH Wehr. Der Goniometer hat eine Meßgenauigkeit von 2°. Gemessen wurde die Hüftgelenksflexion des im Kniegelenk gestreckten Beines bei fixiertem Becken in Rükkenlage. Der Goniometer wurde am Schienbeingrat angesetzt (vgl. Abb. 2).
Beurteilt wurde sowohl die aktive als auch die passive Beweglichkeit. Bei der Beurteilung der aktiven Beweglichkeit sollte die Versuchsperson das Bein soweit wie möglich anheben. Bei der Beurteilung der passiven Beweglichkeit wurde das Bein vom Versuchsleiter bis zum Erreichen der Schmerzgrenze angehoben. Die Bestimmung der Schmerzgrenze erfolgte zum einen auf der Basis der Angaben der Versuchspersonen, zum andern aufgrund der Beurteilung der

	Männer		Frauen	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Alter (Jahre)	50,0	8,0	48,2	7,5
Größe (cm)	175,3	7,1	163,4	5,6
Gewicht (kg)	78,7	9,5	69,7	11,4

Tabelle 1: Alter, Größe und Gewicht der Versuchspersonen.

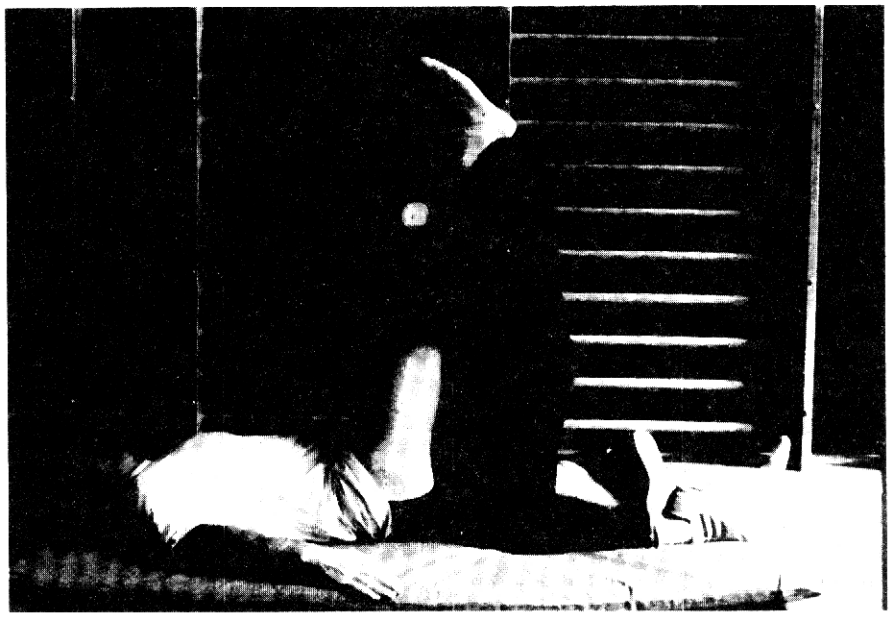


Abbildung 2: Meßposition zur Beurteilung der passiven Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe. Die Meßposition ist identisch mit der Position bei der Durchführung der verschiedenen Dehntechniken

Tabelle 2: Interkorrelationen zwischen den gemessenen Beweglichkeitsmaßen beim Test – Retest.

	Aktiv 1	Passiv 1	Aktiv 2	Passiv 2
Aktiv 1	–	.88	.86	.86
Passiv 1		–	.86	.95
Aktiv 2				.86
Passiv 2				–

Mimik der Versuchspersonen durch den Versuchsleiter. Da die Meßwertaufnahme sowohl vom Verhalten der Versuchspersonen als auch von der Interpretation des Versuchsleiters abhängig ist, kann das Verfahren lediglich als semiobjektiv bezeichnet werden.

Objektivität/Reliabilität: Zur Beurteilung der Objektivität und Reliabilität des Meßverfahrens wurde ein Test-Retest an 24 Versuchspersonen vorgenommen. Die Messung erfolgte innerhalb einer Sportstunde mit einem allgemeinen Trainingsprogramm ohne Akzentuierung beweglichkeitsschulender Inhalte. Die aktive Beweglichkeit verbesserte sich dabei um 3° und die passive Beweglichkeit um 5°.

Wie aus den Interkorrelationen (vgl. Tab. 2) ersichtlich ist, sind die Bedingungen für eine gute Objektivität und Reliabilität erfüllt (5).

Validität: Die inhaltlich logische und die Konstrukt-Validität des Meßverfahren ergeht aus Überlegungen zur funktionellen Anatomie des Hüftgelenks. Die beschriebene Meßposition findet sich in der Literatur zur Muskelfunktionsdiagnose (23). Zur Beurteilung der Validität können auch die Korrelationen mit dem Ergebnis beim Finger-Boden-Abstand herangezogen werden. Die aktive Hüftflexion korreliert mit .62 ebenso wie die passive Beweglichkeit mit .63 hochsignifikant mit dem Finger-Boden-Abstand.

Tabelle 3: Aktive und passive Flexionsfähigkeit im Hüftgelenk (°) in Abhängigkeit vom Geschlecht.

	Männer		Frauen			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	t	p
Aktiv	62,0	10,7	69,9	9,3	3,4	.001
Passiv	75,9	12,2	83,7	10,1	3,1	.003
t	13,0		13,6			
p	0,00		0,00			

Tabelle 4: Veränderung der passiven Flexion im Hüftgelenk (°) während der Durchführung des Experiments. T1 Eingangsmessung vor der ersten Dehnung, T2 Messung unmittelbar vor der Dehnung am 6. Behandlungstag, T3 Messung unmittelbar nach der Dehnung am 6. Behandlungstag, T4 Ausgangsmessung vor der letzten Dehnung am 11. Behandlungstag; a = aktive und p = passive Beweglichkeit.

	Kontroll-gruppe		Experimentalgruppen					
			Gehalten		Post-isometrisch		Dynamisch	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
T 1 p	81,6	12,9	84,1	10,8	78,8	11,4	74,5	9,9
T 1 a	66,6	11,2	66,9	10,3	64,0	9,9	66,2	11,6
T 2 p	–	–	85,3	8,8	80,9	11,4	82,0	9,7
T 3 p	–	–	92,4	8,7	90,0	12,5	89,3	10,2
T 4 p	90,1	13,8	95,9	7,9	90,7	11,0	92,1	10,3
T 4 a	72,4	12,1	72,0	7,3	69,3	10,2	77,8	9,9

Ablauf der Untersuchung

Beschreibung der Versuchsgruppen

Zur Beurteilung der Effektivität verschiedener Dehntechniken wurden drei verschiedene Dehntechniken in den Experimentalgruppen durchgeführt. Daneben wurde eine Kontrollgruppe eingerichtet, die nur an dem für stationäre Heilbehandlungen typischen Behandlungsprogramm teilnahm. In den Versuchsgruppen wurde die ischiokrurale Muskelgruppe in Rückenlage bei fixiertem Becken über die Flexion des gestreckten Beines gedehnt. In der vorliegenden Untersuchung wurden nur passive Dehntechniken beleuchtet. Die Dehnung wurde in den drei Versuchsgruppen bis zum Erreichen der Schmerzschwelle durchgeführt.

Gehaltene Dehnung: Die Dehnung wurde für jeweils 20 Sekunden gehalten. Anschließend erfolgte eine 10-sekündige Lockerung. Die Dehnung wurde bei beiden Beinen jeweils 6-mal wiederholt.

Postisometrische Dehnung: Nach einer 10-sekündigen maximalen Anspannung der ischiokruralen Muskulatur des gestreckten Beines gegen den Widerstand des Versuchsleiters erfolgte eine sofortige 10-sekündige Dehnung. Anschließend erfolgte eine 10-sekündige Lockerung. Die Dehnung wurde bei beiden Beinen jeweils 6-mal wiederholt.

Dynamische Dehnung: Die Dehnung erfolgte durch eine rhythmische Pumpbewegung des zu dehnenden Beines. Die Amplitude der Pumpbewegung betrug ca. 30 cm. Gedehnt wurde über einen Zeitraum von jeweils 20 Sekunden, so daß insgesamt ca. 20 Pumpbewegungen durchgeführt wurden. Anschließend erfolgte eine 10-sekündige Lockerung. Die Dehnung wurde bei beiden Beinen jeweils 6-mal wiederholt.

Kontrollgruppe: Die Probanden der Kontrollgruppe nahmen an dem klinikspezifischen Programm bestehend aus einem sporttherapeutischen Basisprogramm und Maßnahmen der physikalischen Medizin teil.

Zeitlicher Ablauf der Untersuchung

Die Versuchspersonen wurden über

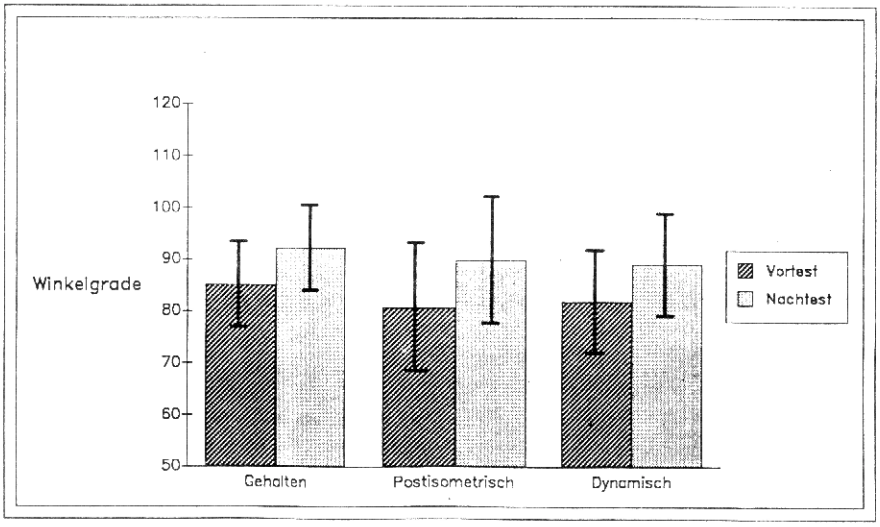


Abbildung 3: Unmittelbare Verbesserung der passiven Dehnfähigkeit

Varianzquellen	df	Mean Square	F-Wert	p
Haupteffekte				
Gruppe	2	149,2	0,7	0,52
Meßzeitpunkt	1	1881,3	377,4	0,00
2fache Interaktion	2	12,9	2,6	0,08

Tabelle 5: Kurzfristige Veränderung der passiven Dehnfähigkeit während der Behandlung – Ergebnis der Varianzanalyse.

Varianzquellen	df	Mean Square	F-Wert	p
Haupteffekte				
Gruppe	3	329,5	1,4	0,26
Meßzeitpunkt	1	6276,0	338,6	0,00
2fache Interaktion	1	147,9	7,9	0,00

Tabelle 6: Mittelfristige Veränderung der passiven Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe – Ergebnis der Varianzanalyse.

Varianzquellen	df	Mean Square	F-Wert	p
Haupteffekte				
Gruppe	3	196,5	0,9	0,43
Meßzeitpunkt	1	1967,5	109,7	0,00
2fache Interaktion	1	96,4	5,4	0,00

Tabelle 7: Mittelfristige Veränderung der aktiven Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe – Ergebnis der Varianzanalyse.

einen Zeitraum von 2 Wochen täglich zur gleichen Tageszeit zu einer Dehnbehandlung einbestellt. Insgesamt wurde jeder Patient 11-mal behandelt. Pro Behandlungstermin wurde eine Zeit von 10 Minuten eingeplant. Zur Erfassung der kurzfristigen Effekte der verschiedenen Dehntechniken wurden die Versuchspersonen unmittelbar vor und nach der 6. Dehnbehandlung getestet. Zur Erfassung der mittelfristigen Effekte wurden die Versuchspersonen vor der 1. und der 11. Dehnbehandlung getestet. Es wurde darauf geachtet, daß diesen Terminen keine aktive oder passive Erwärmung (Bäder oder unspezifische bewegungstherapeutische Maßnahmen) vorausging. Die Messungen erfolgten jeweils im nicht erwärmten Zustand.

ERGEBNISSE

Gesamtergebnis

Bei der Untersuchung wurde die Hüftgelenksflexion auf beiden Seiten gemessen. Zur weiteren Berechnung wurden lediglich die Mittelwerte aus den beiden Messungen herangezogen, da sich keine Unterschiede zwischen beiden Seiten ergaben. Die Korrelationen zwischen den Messungen links und rechts liegen zwischen .76 und .92. Bei der querschnittlichen Betrachtung des Zahlenmaterials interessieren vor allem die Unterschiede zwischen Männern und Frauen sowie zwischen aktiver und passiver Beweglichkeit (vgl. Tab. 3). Frauen sind hochsignifikant beweglicher als Männer und die passive Beweglichkeit ist hochsignifikant besser als die aktive. Aktive und passive Beweglichkeit korrelieren mit .84 ($p = .00$) hochsignifikant miteinander.

Die Veränderungen in den Versuchsgruppen bzw. in der Kontrollgruppe bei der aktiven bzw. passiven Beweglichkeit werden im folgenden beleuchtet, wobei eine differenzierte Betrachtung der kurzfristigen und der mittelfristigen Effekte erfolgt. Die Einzelergebnisse ergehen aus Tabelle 4.

	Kontroll-gruppe	Gehalten	Postiso-metrisch	Dynamisch
Kontroll-gruppe	–	2,9 (0,08)	3,3 (0,07)	23,1 (0,00)
Gehalten	0,1 (0,75)	–	0,0 (0,90)	9,5 (0,00)
Postiso-metrisch	0,07 (0,78)	0,0 (0,92)	–	9,3 (0,00)
Dynamisch	9,4 (0,00)	11,4 (0,00)	11,4 (0,00)	–

Tabelle 8: Angabe des F-Wertes und des Signifikanzniveaus für die Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich einer Verbesserung der passiven Dehnfähigkeit (obere Hälfte) und der aktiven Beweglichkeit (untere Hälfte).

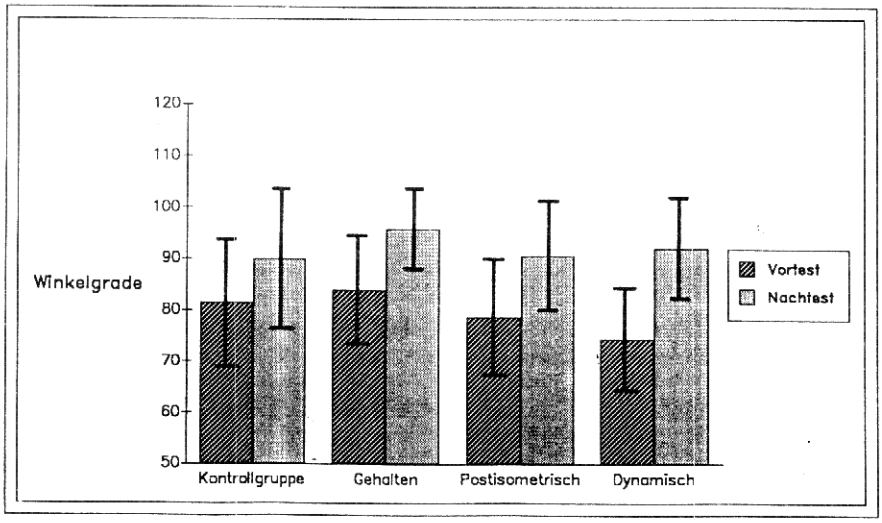
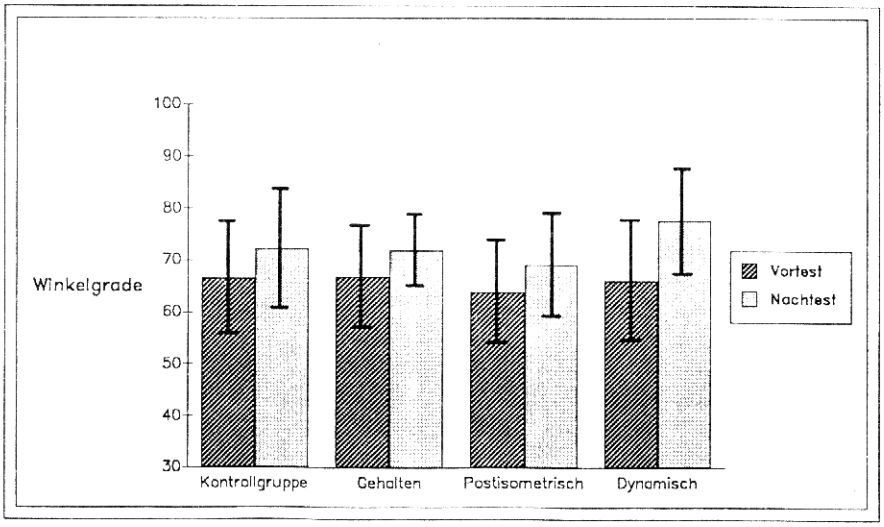


Abbildung 4: Mittelfristige Verbesserung der passiven Dehnfähigkeit

Abbildung 5: Mittelfristige Verbesserung der aktiven Dehnfähigkeit



Analyse der kurzfristigen Effekte

Zur Beurteilung der kurzfristigen Effekte der drei Dehntechniken wurde unmittelbar vor und nach der 6. Dehnbehandlung die passive Flexion im Hüftgelenk gemessen. Die Ergebnisse wurde mit einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung berechnet (vgl. Tab. 5 und Abb. 3).
Es kommt in allen drei Versuchs-Gruppen zu einer hochsignifikanten Verbesserung der Beweglichkeit. Im direkten Vergleich erweist sich die postisometrische Dehnung der gehalten Dehnung statistisch signifikant ($F = 4{,}2$; $p = .04$) überlegen. Zwischen gehaltener und dynamischer Dehnung ($F = 3{,}5$; $p = .6$) und zwischen postisometrischer und dynamischer Dehnung ($F = 0{,}0$; $p = .84$) sind keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellbar.

Analyse der mittelfristige Effekte

Zur Beurteilung der mittelfristigen Effekte der verschiedenen Dehntechniken wurde die passive und aktive Beweglichkeit vor der ersten und letzten Dehnbehandlung im kalten Zustand gemessen. Die Ergebnisse wurden mit einer Varianzanalyse mit Meßwiederholung berechnet vgl. Tab. 6 bis 8 und Abb. 4 und 5)
Zwischen den vier an der Untersuchung beteiligten Gruppen bestehen zu Beginn der Untersuchung keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Beweglichkeit. Es kommt in allen Gruppen — auch in der Kontrollgruppe — zu einer hochsignifikanten Verbesserung der passiven und aktiven Beweglichkeit zwischen Beginn und Ende der Treatmentphase. Während sich die Verbesserungen zwischen Kontrollgruppe und gehaltener bzw. postisometrischer Dehnung nicht signifikant voneinander unterscheiden, ist die dynamische Dehnung den anderen Dehntechniken bzw. der Kontrollgruppe statistisch hochsignifikant überlegen. Für die passive Beweglichkeit liegen zusätzlich noch die Ergebnisse des Zwischentests vor. Die dynamische Dehnung führt bereits nach einer Woche im Gegensatz zur statischen Dehnung ($F = 12{,}9$; $p = .00$) und der postisometrischen Dehnung ($F =$

10,0; p = .00) zu einer signifikanten Verbesserung der Beweglichkeit. Danach lassen sich zwischen den Gruppen hinsichtlich der Entwicklungsdynamik der Beweglichkeit keine Unterschiede feststellen.

DISKUSSION

Die gegenwärtige Position zur Anwendung verschiedener Dehntechniken im Sport wird durch ein Zitat von *Guissard, Duchateau und Hainaut* (13) deutlich widergegeben: „It appears today that static stretching is a better approach, as compared to repetitive dynamic lengthening, because it avoids the reflex acitivity of the stretched muscle."

Wie im einleitenden Kapitel gezeigt wurde, lassen die vorliegenden Untersuchungen es nicht zu, diese Aussage zu verabsolutieren. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Versuch unternommen, die kurz- und mittelfristige Effektivität verschiedener in der Sportpraxis anzutreffender Dehntechniken zu erfassen. Es erfolgte eine Orientierung an den Außenaspekten der Dehnfähigkeit, so daß keine Aussagen über die zugrundeliegenden und eventuell unterschiedlichen Ursachen für die verbesserte Dehnfähigkeit auf der anatomisch-physiologischen Ebene gemacht werden können. Des weiteren ist bei der Diskussion der Ergebnisse zu berücksichtigen, daß die Verbesserung der Beweglichkeit nur als ein mögliches Kriterium unter anderen — z.B. die muskuläre Entspannungsfähigkeit — angesehen werden kann (19, 33).
Hinsichtlich der kurzfristigen Effekte der verschiedenen Dehntechniken lassen sich keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den verschiedenen Dehntechniken herausarbeiten. Lediglich die postisometrische Dehnung erweist sich der gehaltenen Dehnung signifikant, aber therapeutisch nicht relevant (34), überlegen.
Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß die vom Versuchsleiter und den Versuchspersonen aufgrund der subjektiven Beobachtung erwarteten Zuwachsraten bei weitem nicht erreicht wurden. Zum Teil waren beide — Versuchsleiter und Pbd. — nach der objektiven Messung vom tatsächlichen Effekt enttäuscht. Insbesondere bei der postisometrischen Dehnung wurden wesentlich größere Verbesserungen erwartet. Auf diese Diskrepanz zwischen tatsächlichem und beobachtetem Effekt wurde bereits von *Moore und Hutton* (31) aufmerksam gemacht, die feststellten, daß der beim Dehnen auftretende Schmerz und die erachtete Effektivität der Dehntechnik sowohl miteinander als auch mit der EMG-Aktivität korrelieren, daß sich aber keine korrelativen Zusammenhänge mit der Verbesserung der Beweglichkeit zeigten. Hierdurch wird die Notwendigkeit von datengestützten Evaluationsstudien verdeutlicht (40).
Die Analyse der mittelfristigen Effekte erbrachte statistisch signifikante und therapeutisch relevante Vorteile der dynamischen Dehnung gegenüber den anderen Dehntechniken sowohl hinsichtlich der aktiven als auch hinsichtlich der passiven Beweglichkeit. Erstaunlich bei der Analyse der mittelfristigen Effekte ist, daß sowohl die statische als auch die postisometrische Dehnung gegenüber der Kontrollgruppe keine statistisch greifbaren Effekte zeigen. Die in der Kontrollgruppe zu beobachtenden Verbesserungen um 7,7° bei der aktiven Beweglichkeit bzw. 8,9° bei der passiven Beweglichkeit verdeutlichen, daß Muskelverkürzungen in hohem Maße durch den im Alltag vorherrschenden Bewegungsmangel sowie bestimmte Arbeitshaltungen determiniert werden. Dies gilt insbesondere für die ischiokrurale Muskelgruppe deren Verkürzung vorwiegend durch das Sitzen begünstigt wird. Die Verbesserungen in der Kontrollgruppe sind nicht durch den Einfluß von speziellen Dehnübungen, sondern auf den Einfluß der vielfältigen Bewegungsaktivitäten während einer Rehabilitationsmaßnahme zurückzuführen.

Bei der dynamischen Dehnung kommt es bereits in der ersten Woche zu einer signifikanten Verbesserung der passiven Beweglichkeit. Bei einer vorsichtigen Interpretation dieses Ergebnisses kann davon ausgegangen werden, daß durch das dynamische Dehnen — im Gegensatz zu den anderen Dehntechniken — schon sehr schnell die für die strukturellen Veränderungen im Muskel notwendigen Reize gesetzt werden. Diese These wird durch die Beobachtungen von *Holly et al.* (17) bestätigt, die im Tierexperiment zeigen konnten, daß besonders in der Anfangsphase des Dehnens mit einer Vermehrung der Sarkomerzahl in der Längsrichtung des Muskels zu rechnen ist.

Die vorliegende Untersuchung stellt ein Feldexperiment dar. Im Gegensatz zum Laborexperiment, bei dem die Rahmenbedingungen sehr gut kontrolliert werden können, besteht hier die Gefahr, daß die Bedingungen des Feldes zu einer systematischen Verfälschung der Ergebnisse beitragen können (32). Die Verf. glauben diesen Gefahren durch die Größe der zugrunde liegenden Stichproben, als auch die Dauer des Experiments Rechnung getragen zu haben. Inwieweit die Ergebnisse auch auf andere Populationen bzw. Sportprogramme übertragen werden können, die unter anderen Rahmenbedingungen ablaufen, ist noch zu untersuchen.

Es ist festzuhalten, daß die oftmals vorgebrachten Argumente gegenüber der Anwendung dynamischer Dehntechniken (28) kritisch überprüft werden müssen. Die Verf. sind der Ansicht, daß das dynamische Dehnen, zumindest in der hier vorgestellten Form, in der Sportpraxis gleichberechtigt neben anderen Dehntechniken angewandt werden sollte.

Literaturverzeichnis

(1) *Anderson, B.*: Stretching. Waldeck-Dehringhausen 1982.
(2) *Ashmore, C. R., P. J. Summers*: Stretch-induced growth of chicken muscles, myofibrillar proliferation. American Journal of Physiology 241 (1981), C 93 — C 97.
(3) *Beaulieu, J. E.*: Developing a stretching program. The Physician and Sportsmedicine 9 (1981) 11, 59 — 69.
(4) *Badtke, G., E. Roderfeld*: Muskelfunktionsstörungen bei gesunden Schulkindern. Manuelle Medizin 24 (1986) 87 — 90.
(5) *Bös, K.*: Handbuch sportmotorischer Tests. Hogrefe, Göttingen 1987.

(6) *Bös, K., H. Mechling*: Dimensionen sportmotorischer Leistungen. Hofmann, Schorndorf 1983.
(7) *Bös, K. , G. Wydra, G. Karisch*: Gesundheitsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport. perimed, Erlangen (im Druck).
(8) *Debrunner, H.U.*: Gelenkmessung, Längenmessung, Umfangmessung. Bern 1971.
(9) *Dietrich, L., F. Berthold, H. Brenke*: Muskeldehnung – eine wichtige trainingsmethodische Maßnahme. Theorie und Praxis 34 (1985) 12, 922 – 930.
(10) *Dietz, V.*: Elektrophysiologie komplexer Bewegungsabläufe: Gang-, Lauf-, Balance- und Fallbewegungen. In: Berger, W., V. (11) (11) *Dietz, A. Hufschmidt, R. Jung, K.-H. Mauritz, D. Schmidtbleicher*: Haltung und Bewegung beim Menschen. Springer, Berlin 1984, 87 – 118.
(12) *Etnyre, B. R., L. D. Abraham*: H-reflexes changes during static stretching and two variations of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 63 (1986) 174 – 179.
(13) *Frankeny, J. R., R. G. Holly, C.R. Ashmore*: Effects of graded duration of stretch on normal and dystrophic skeletal muscle. Muscle and Nerve 6 (1983), 269 – 277.
(14) *Guissard, N., J. Duchateau, K. Hainaut*: Muscle stretching and motoneuron excitability. European J. Appl. Physiol. 58 (1988) 47 – 52.
(15) *Haase, J.*: Haltung und Bewegung und ihre spinale Koordination. In: Haase, J., H.-D. Henatsch, R. Jung, P. Strata, U. Thoden: Sensomotorik. Urban & Schwarzenberg, München 1976, 99 – 192.
(16) *Halar, E. M., W.C. Stolov, B. Venkatesh, F. V. Brozovich. J. D. Harley*: Gastrocnemius muscle belly and tendon length in stroke patients and able-bodied persons. Archieves of Physical Medicine and Rehabilitation 59 (1978), 476 – 484.
(17) *Hollmann, W., T. Hettinger*: Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer, Stuttgart 1990.
(18) *Holly, R. G., J. G. Barnett, C. R. Ashmore, R. G. Taylor, P. A. Molé*: Stretch-induced growth in chicken wing muscles: a new model of stretch hypertrophy. American Journal of Physiology 238 (1980), C 62 – C 71.
(19) *Holt, L. E., T. M. Travis, T. Okita*: Comparative study of three stretching techniques. Perceptual and Motor Skills 31 (1970), 611 – 616.
(20) *Hortobagyi, T., J. Faludi, J. Tihanyi, B. Merkely*: Effects of intense „stretching"-flexibility training on the mechanical profile of the knee extensors and on the range of motion of the hip joint. International Journal of Sports Medicine 6 (1985) 317 – 321.
(21) *Hoster, M.*: Zur Bedeutung verschiedener Dehntechniken in der Sportpraxis. Die Lehre der Leichtathletik 26 (1987) 31, 1523 – 1526.
(21) *Hutton, R. S., J. L. Smith, E. Eldred*: Postcontraction sensory discharge from muscle and its scource. J. Neurophysiol. 36 (1973) 1090 – 1103.
(22) *Iles, J.*: Reciprocal inhibition during agonist and antagonist contraction. Experimental Brain Research 62 (1986), 212 – 214.
(23) *Janda, V.*: Muskelfunktionsdiagnostik. Volk und Gesundheit, Berlin (Ost) 1986.
(24) *Jung, R.*: Einführung in die Bewegungsphysiologie. In: Haase, J.; H.-D. Henatsch, R. Jung, P. Strata, U. Thoden: Sensomotorik. Urban & Schwarzenberg, München 1976, 1 – 98.
(25) *Knebel, K.P.*: Funktionsgymnastik. Rowolth, Reinbek 1985.
(26) *Kraeff, T.*: Muskuläre Dysbalance bei Menschen im fortgeschrittenen Alter. Manuelle Medizin 21 (1983) 71 – 73.
(27) *Küchler, G.*: Motorik. Fischer-Verlag, Stuttgart 1983.
(28) *Maehl, O.*: Beweglichkeitstraining. Ahrensburg 1986.
(29) *de Marées, H.*: Sportphysiologie. Tropon-Werke, Köln 1989.
(30) *Mark, R. F., J.-M Coquery, J. Paillard*: Autogenetic reflex effects of slow or steady stretch of the calf muscles in man. Experimental Brain Research 6 (1968) 130 – 145.
(31) *Moore, M., R. Hutton*: Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. Medicine and Science in Sports and Excercise 12 (1980) 5, 322 – 329.
(32) *Patry, J.-L.*: Laborforschung – Feldforschung. In: Patry, J.-L. (Hrsg.): Feldforschung. Huber, Bern 1982.
(33) *Schober, H., W. Kraft, G. Wittekopf, H. Schmidt*: Beitrag zum Einfluß verschiedener Dehnungsformen auf das muskuläre Entspannungsverhalten des M. quadrizeps femoris. Medizin und Sport 30 (1990) 3, 88 – 91.
(34) *Simons, H.*: Über einige Probleme der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis. Sportwissenschaft 13 (1983) 4, 374 – 384.
(35) *Smith, J. L., R. S. Hutton, E. Eldred*: Postcontraction changes in sensitivity of muscle afferents to static and dynamic stretch. Brain Research 78 (1974) 193 – 202.
(36) *Stoboy, H.*: Das Krafttraining und seine Beziehung zu verschiedenen Sportarten. Sportwissenschaft 14 (1984) 1, 9 – 31.
(37) *Tabary, J. C., C. Tabary, C. Tardieu, G. Tardieu, G. Goldspink*: Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different length by plaster casts. Journal of Physiology (London) 224 (1972), 231 – 244.
(38) *de Vries, H. A.*: Evaluation of static stretching procedures for improvement of flexibility. Research Quarterly 33 (1962), 222 – 228.
(39) *Williams, P. E., G. Goldspink*: Changes in sarcomere length and physiological properties in immobilized muscle. Journal of Anatomy 127 (1978) 3, 459 – 468.
(40) *Wittmann, W.*: Evaluationsforschung. Springer-Verlag, Berlin 1985.

Anschrift für die Autoren

Dr. Georg Wydra
Bosenberg Kliniken
6690 St. Wendel