

Autor: Georg Wydra

Titel: Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken unter besonderer Berücksichtigung von Seitenunterschieden

Krankengymnastik. Zeitschrift für Physiotherapie, 55 (2003), S. 788 - 795

Schlagwörter: Muskeldehnung, Dehntechniken, Seitenunterschiede

Anschrift: Univ.-Prof. Dr. Georg Wydra

Arbeitsbereich Sportpädagogik

Sportwissenschaftliches Institut

der Universität des Saarlandes

Postfach 15 11 50

D-66041 Saarbrücken

Telefon: 0681 - 302 - 2544 (oder 4909)

E-Mail: g.wydra@mx.uni-saarland.de

<http://www.uni-saarland.de/fak5/sportpaed/>

1 Einleitung

Die Muskeldehnung spielt in der Physiotherapie und dem Sport sowohl unter präventiven als auch unter therapeutischen Gesichtspunkten eine bedeutende Rolle. In der Praxis finden sich immer wieder Seitenunterschiede: Der Muskel auf der einen Körperseite ist leichter zu dehnen als der gleiche Muskel auf der anderen Körperseite. Oftmals widersetzen sich diese Muskeln mit großer Hartnäckigkeit allen Bemühungen, sie auf das normale Maß zu dehnen. Es stellt sich deshalb die Frage, ob bestimmte Dehntechniken hierbei Vorteile gegenüber anderen Dehntechniken besitzen. Da in der Literatur hierzu keine wissenschaftlichen Untersuchungen vorliegen, wurde Datenmaterial von Wydra, Bös und Karisch (1991) im Hinblick auf Seitenunterschiede neu ausgewertet.

2 Theoretische Aufarbeitung des Problemfeldes

In der sporttherapeutischen und krankengymnastischen Praxis aber auch im Training finden sich immer wieder Seitenunterschiede. Es können mehrere Mechanismen als mögliche Ursachen für diese Unterschiede diskutiert werden.

- Kleinere Unterschiede werden bei fast jedem Menschen beobachtet, so dass sie schon als „normal“ bezeichnet werden können. Es stellt sich aber die Frage, ab wann ein Unterschied therapeutische Relevanz besitzt (Israel, 1983).
- Alle Menschen haben eine bevorzugte Seite, was sich in der Links- oder Rechtshändigkeit bzw. -füßigkeit nieder schlägt. In vielen Sportarten aber auch in der Alltags- und Arbeitsmotorik verstärkt sich diese natürliche Seitigkeit durch das intensive Training der dominanten Seite. Jede Muskelhypertrophie geht mit einem Zuwachs an Titin-Filamenten einher. Diese stellen die Ursache für die erhöhte Ruhespannung des Muskels und damit den erhöhten Widerstand bei der Dehnung dar (Wiemann, Klee & Startmann, 1998; Klee, 2001).
- Anatomische bedingte Seitenunterschiede, wie z. B. echte Beinlängendifferenzen, können eine weitere Ursache für die unterschiedliche Dehnfähigkeit der analogen Muskelgruppen darstellen. Durch die Entwicklung einer funktionellen muskulären Dysbalance wird die Störung kompensiert (Neumann, 1997).
- Abzugrenzen davon sind funktionelle Seitenunterschiede wie sie z. B. durch Blockierungen ausgelöst werden. Blockierungen des Ilio-Sacral-

Gelenks führen zu einer reversiblen Beinlängenänderung und eingeschränkter Dehnfähigkeit der Muskulatur. Solche athro-muskuläre Dysbalancen können ebenfalls zu Seitenunterschieden führen (Freiwald, Engelhardt & Reuter, 1997; Schomacher, 2001).

Angeht die Häufigkeit an, mit der man im Alltag mit Seitenunterschieden konfrontiert wird, stellt sich die Frage, ob es Untersuchungen zur Effektivität verschiedener Dehntechniken im Hinblick auf dieses Problem gibt.

Wydra (1997) und Klee (2001) haben sich die Mühe gemacht, die umfangreiche Literatur zur Muskeldehnung im Hinblick auf die Effektivität der verschiedenen Dehntechniken zu durchleuchten. Im Allgemeinen werden die Verbesserung der maximalen Bewegungsreichweite, die Reduktion der Dehnungsspannung und die Erhöhung der maximal tolerierten Dehnungsspannung als Kriterien der Effektivität in den Blick genommen. Hierbei ist aber auch zu fragen, inwieweit welche der beobachteten Effekte tatsächlich auch wünschenswert sind. Die Berichte über negative Auswirkungen von Muskeldehnungen auf die Schnellkraft (Hennig & Podzielny, 1994; Künnemeyer & Schmidtbleicher, 1997) und die Entstehung von Muskelkater bzw. Verletzungen (Murphy, 1991; Rebsamen, 1994; Wiemann & Kamphöfner, 1995; Wiemann & Fischer, 1997) machen deutlich, dass eine Vergrößerung der maximalen Bewegungsreichweite bzw. der maximal tolerierten Dehnungsspannung nicht unbedingt als optimal anzusehen ist. Des Weiteren muss vor einer Pars-Pro-Toto-Interpretation der gefundenen Ergebnisse gewarnt werden. Viele Aspekte der muskulären Leistungsfähigkeit, die jeder Sportler schon nach wenigen Schritten spürt, oder die ein erfahrener Therapeut bei der Behandlung erfühlt, entziehen sich nach wie vor der wissenschaftlichen Beleuchtung.

Bezüglich des Zeitraums, über den die Muskeldehnungen durchgeführt werden, wird unterschieden zwischen singulären, kurzzeitigen und langzeitigen Dehnungsmaßnahmen. Unter singulären Dehnungen werden einzelne bzw. nur wenige Wiederholungen umfassende Maßnahmen verstanden. Unter kurzzeitigen Dehnungen werden 15 bis 30-minütige Dehnungsprogramme verstanden. Unter langzeitigen Dehnungen werden über Tage oder Wochen dauernde Programme verstanden. Davon zu unterscheiden sind die Zeiträume, über die sich die Effekte der verschiedenen Maßnahmen beobachten lassen. Unter kurzfristigen Effekten sind die zu verstehen, die unmittelbar nach einer Behandlung zu beobachten sind. Mittelfristige Effekte sind die, die über Stunden bis Tage zu beobachten sind, und die langfristigen die, die über Wochen bis Monate nach einem Treatment zu beobachten sind. Diese Differenzierung erscheint notwendig, um die verschiedenen Untersuchungsergebnisse einordnen zu können. (Wydra, Glück & Roemer, 1999).

Insbesondere zu den mittel- und langfristigen Effekten bzw. zu langzeitigen Dehnbehandlungen sind noch erhebliche Wissenslücken zu schließen. Trotz unterschiedlicher Methoden und Zeiträume, die bei den verschiedenen Untersuchungen in den Blick genommen wurden, lassen sich doch folgende Ergebnisse allgemein festhalten:

- Das statische Dehnen ist sowohl bei kurzzeitigen als auch bei längerfristigen Behandlungen den anderen Dehntechniken unterlegen (Klee, 2001).
- Das Spannungs-Entspannungs-Dehnen (Contract-Release-Dehnen) ist bei kurzzeitigen Dehnungen hinsichtlich der Verbesserung der Bewegungsreichweite effektiver als das dynamische und statische Dehnen (Wydra et al., 1999).
- Das dynamische Dehnen begünstigt bei kurzzeitigen Dehnungen in höherem Maß den Rückgang der Muskelspannung bei einer Dehnung als das Contract-Release-Dehnen bzw. das statische Dehnen (Wydra et al., 1999).
- Das dynamische Dehnen verbessert bei langzeitigen Dehnungen in höherem Maß die Beweglichkeit als das statische bzw. das Contract-Release-Dehnen (Wydra, Bös & Karisch, 1991)
- Untersuchungen zur kurz-, mittel- oder langfristigen Effektivität verschieden lang angewandter Dehntechniken bei Seitenunterschieden liegen keine vor.

3 Darstellung der empirischen Untersuchung

Bei der vorliegenden Analyse handelt es sich um eine Sekundäranalyse von Zahlen, die von Wydra, Bös und Karisch (1991) vorgelegt worden sind. In der Originaluntersuchung wurden die Daten des rechten und linken Beines gemittelt. Eine getrennte Berechnung im Hinblick auf Seitenunterschiede zwischen dem mehr (besseren) und dem weniger beweglichen (schlechteren) Bein wurde damals nicht durchgeführt.

3.1 Fragestellung

Bei der vorliegenden Untersuchung sollte geklärt werden, wie sich verschiedene singuläre bzw. mittelzeitige Dehnprogramme auf die kurz- und mittelfristige Veränderung der Beweglichkeit bei Seitenunterschieden auswirken.

3.2 Untersuchungsmethodik

3.2.1 Personenstichprobe

An der Untersuchung nahmen 80 Patienten der Bosenberg Kliniken in St. Wendel teil. Es handelt sich um Frauen und Männer, die wegen internistischer und psychovegetativer Erkrankungen eine stationäre Heilbehandlung absolvierten. Ihre körperliche Leistungsfähigkeit war aber so gut, dass sie an sporttherapeutischen Programmen teilnehmen konnten. In den Versuchsgruppen bzw. in der Kontrollgruppe waren jeweils 10 Männer und 10 Frauen. Die wichtigsten Kenngrößen (Alter, Größe, Gewicht) der Stichprobe ergeben aus Tabelle 1.

Tabelle 1: Kenngrößen der Stichprobe

	Männer (n=40)		Frauen (n=40)	
	M	SD	M	SD
Alter	50,0	8,0	48,2	7,5
Größe	175,3	7,1	164,4	5,6
Gewicht	78,7	9,5	69,7	11,4

3.2.2 Operationalisierung der Dehnfähigkeit

Beurteilt wurde sowohl die aktive als auch die passive Beweglichkeit der ischiokruralen Muskelgruppe. Die Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe wurde mit nach der Neutral-Null-Methode (8) mit dem Goniometer nach Zacher der Fa. Ciba-Geigy GmbH, Wehr, gemessen. Der Goniometer hat eine Messgenauigkeit von 2°. Gemessen wurde die Hüftgelenksflexion des im Kniegelenk gestreckten Beines bei fixiertem Becken in Rückenlage. Der Goniometer wurde am Schienbeingrat angesetzt (vgl. Abb. 1).

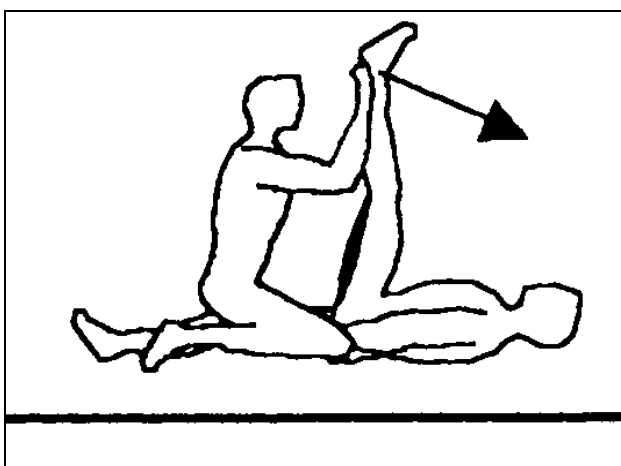


Abbildung 1: Position bei der Testung und bei der Dehnung

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 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. Die Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität sind gewährleistet (Wydra, Bös & Karisch, 1991).

3.2.3 Experimentelle Bedingungen

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 (siehe Abbildung 1). In der vorliegenden Untersuchung wurden nur Fremddehnungen (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.

Contract-Release-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 Versuchspersonen der Kontrollgruppe nahmen an dem klinikspezifischen Programm bestehend aus einem sporttherapeutischen Basisprogramm und Maßnahmen der physikalischen Medizin teil.

3.2.4 Ablauf der Untersuchung

Die Versuchspersonen wurden über einen Zeitraum von zwei Wochen täglich zur gleichen Tageszeit zu einer Dehnbehandlung einbestellt. Insgesamt wurde jeder Patient 11-mal behandelt. Die Behandlungszeit lag bei 10 Minuten. Zur Erfassung der kurzfristigen Effekte der verschiedenen Dehntechniken wurden die Versuchspersonen unmittelbar vor und nach der sechsten Dehnbehandlung getestet. Zur Erfassung der mittelfristigen Effekte wurden die Versuchspersonen vor der ersten Dehnung und dem 11. Termin getestet (siehe Abbildung 2). 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.

Termine	Tests und Behandlungen
Montag	Vortest Dehnung
Dienstag bis Freitag	Dehnung
Samstag und Sonntag	keine Dehnung
Montag	Vortest Dehnung Nachttest
Dienstag bis Freitag	Dehnung
Samstag und Sonntag	keine Dehnung
Montag	Nachttest

Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf des Experiments

3.3 Hypothesen

Es bestehen keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Dehnprogrammen hinsichtlich der kurzfristigen Veränderung der Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe durch eine einzelne Dehnbehandlung.

Es bestehen keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Dehnprogrammen hinsichtlich der mittelfristigen Veränderung der Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung.

3.4 Statistik

Neben Mittelwerten, Standardabweichungen und Korrelationen wurden multiple Varianzanalysen mit dem Statistikprogramm Statistica 5.5 A (Tulsa, Ok) gerechnet.

4 Ergebnisse

4.1 Kurzfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit durch eine singuläre Dehnung

Tabelle 2: Kurzfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung des besseren (BB) und schlechteren Beins (SB) bei Vortest (1) und Nachtest (2).

		BB 1 (°)	SB 1 (°)	BB 2 (°)	SB 2 (°)
Stretching	n=20	86,0 ± 9,9	83,7 ± 9,0	93,5 ± 10,1	91,7 ± 8,3
CR-Dehnung	n=20	82,3 ± 11,3	79,4 ± 12,3	91,2 ± 13,0	88,8 ± 12,8
Dynamische Dehnung	n=20	83,9 ± 10,1	80,2 ± 10,1	89,8 ± 10,1	88,8 ± 11,3

Tabelle 3: Ergebnis der Varianzanalyse

	F	p
1. Dehntechnik	0,68	n. n.
2. Testzeitpunkt	369,6	< 0,001
3. Bein	37,1	< 0,001
Interaktion 1 X 2	2,5	n. s.
Interaktion 1 X 3	0,06	n. s.
Interaktion 2 X 3	8,14	< 0,01
Interaktion 1 X 2 X 3	1,49	n. s.

Die Varianzanalyse erbrachte folgende Ergebnisse: Es kommt während des Experiments zu einer Verbesserung der Beweglichkeit, wobei sich die Beweglichkeit des schlechteren Beins stärker verbessert als die des besseren Beins. Die verschiedenen Dehntechniken unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich ihrer Effektivität.

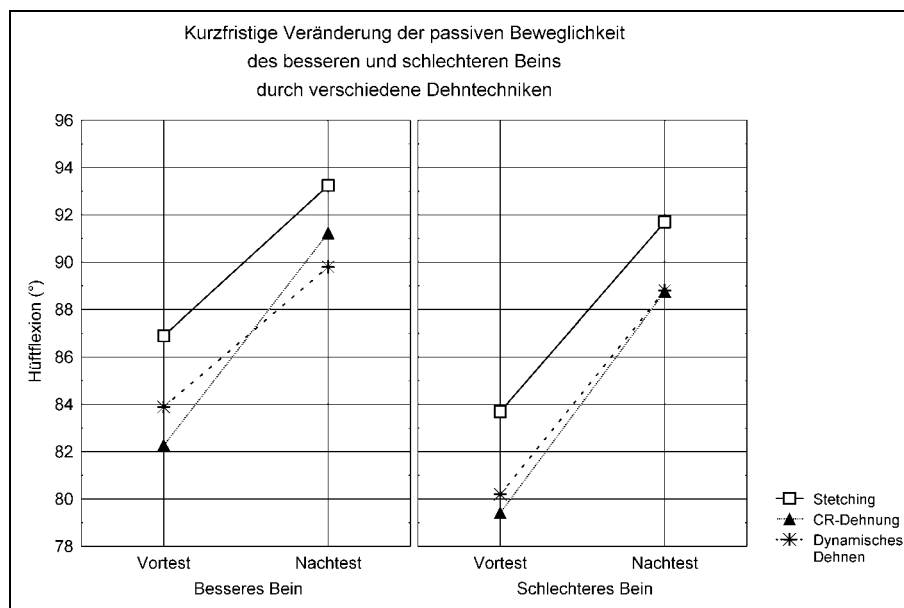


Abbildung 3: Kurzfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit durch eine einmalige Dehnbehandlung

4.2 Mittelfristige Veränderung der aktiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung

Tabelle 4: Mittelfristige Veränderung der aktiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung des besseren (BB) und schlechteren (SB) bei Vortest (1) und Nachtest (2).

		BB 1 (°)	SB 1 (°)	BB 2 (°)	SB 2 (°)
Kontrolle	n=20	69,1 ± 11,5	63,5 ± 11,9	73,6 ± 14,4	71,1 ± 11,7
Stretching	n=20	69,7 ± 9,5	64,0 ± 12,5	73,1 ± 9,0	70,3 ± 7,5
CR-Dehnung	n=20	66,3 ± 10,7	61,7 ± 10,1	70,2 ± 11,2	67,8 ± 10,0
Dynamische Dehnung	n=20	69,7 ± 11,2	62,7 ± 13,0	79,8 ± 10,7	75,8 ± 10,1

Tabelle 5: Ergebnis der Varianzanalyse - aktive Beweglichkeit

	F	p
1. Dehnstechnik	0,99	n. n.
2. Testzeitpunkt	102,87	< 0,001
3. Bein	64,08	< 0,001
Interaktion 1 X 2	5,52	< 0,01
Interaktion 1 X 3	0,63	n. s.
Interaktion 2 X 3	11,97	< 0,01
Interaktion 1 X 2 X 3	0,07	n. s.

Die Varianzanalyse erbrachte folgende Ergebnisse: Es kommt während des Experiments zu einer Verbesserung der Beweglichkeit, wobei sich die Beweglichkeit des schlechteren Beins stärker verbessert als die des besseren Beins. Es besteht eine Interaktion zwischen der Dehntechnik und dem Testzeitpunkt, d. h. das dynamische Dehnen führt sowohl beim besseren als auch beim schlechteren Bein zu einer größeren Verbesserung der Beweglichkeit als die anderen Dehntechniken.

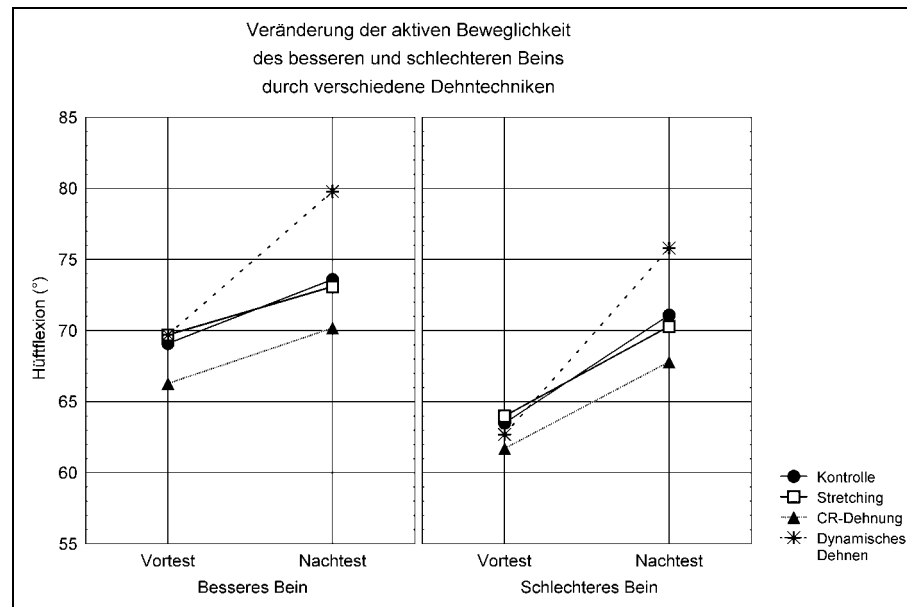


Abbildung 4: Veränderung der aktiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung

4.3 Mittelfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung

Tabelle 6: Mittelfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung. Angabe von Mittelwert und Standardabweichung des besseren (BB) und schlechteren (SB) bei Vortest (1) und Nachtest (2).

		BB 1 (°)	SB 1 (°)	BB 2 (°)	SB 2 (°)
Kontrolle	n=20	84,3 ± 13,8	74,6 ± 20,0	90,1 ± 13,9	90,1 ± 15,2
Stretching	n=20	86,6 ± 11,1	81,6 ± 11,8	96,4 ± 9,7	95,3 ± 7,8
CR-Dehnung	n=20	80,9 ± 12,2	76,7 ± 11,4	91,5 ± 12,6	89,9 ± 10,6
Dynamische Dehnung	n=20	77,4 ± 9,4	71,5 ± 11,4	93,0 ± 10,3	89,9 ± 15,2

Tabelle 7: Ergebnis der Varianzanalyse

	F	p
1. Dehntechnik	1,47	n. s.
2. Testzeitpunkt	218,36	< 0,001
3. Bein	31,07	< 0,001
Interaktion 1 X 2	2,69	n. s.
Interaktion 1 X 3	0,52	n. s.
Interaktion 2 X 3	11,98	< 0,001
Interaktion 1 X 2 X 3	1,48	n. s.

Die Varianzanalyse erbrachte folgende Ergebnisse: Es kommt während des Experiments zu einer Verbesserung der Beweglichkeit, wobei sich die Beweglichkeit des schlechteren Beins stärker verbessert als die des besseren Beins. Die verschiedenen Dehntechniken unterscheiden sich nicht hinsichtlich ihrer Effektivität.

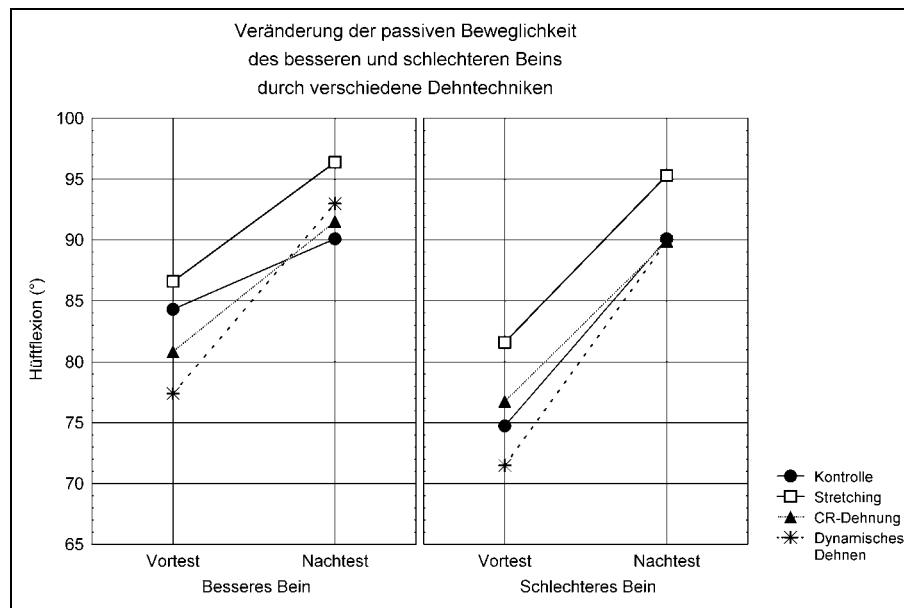


Abbildung 5: Mittelfristige Veränderung der passiven Beweglichkeit durch eine zweiwöchige Dehnbehandlung

5 Diskussion

Bei der Untersuchung handelt es sich um eine Sekundäranalyse von Daten von Wydra, Bös & Karisch (1991), die im Hinblick auf Seitenunterschiede hin neu ausgewertet wurden. Analysiert wurde die kurzfristige und mittelfristige Veränderung der Beweglichkeit durch unterschiedliche singuläre und langzeitige Dehnbehandlungen.

In allen drei Teilstudien kommt es während des Experiments zu einer Verbesserung der Beweglichkeit. Die Beweglichkeit des schlechteren Beins verbessert sich in allen drei Teilstudien stärker als die des besseren Beins. Die Unterschiede werden zwar geringer, bestehen aber auch nach dem zweiwöchigen Experiment immer noch, wobei nur der Unterschied bei der passiven Beweglichkeit (1,4 °) nicht signifikant ist. Aber auch die Unterschiede beim aktiven Dehnen (2,9 °) und bei der passiven Dehnung im Rahmen der einmaligen Behandlung (1,4 °) sind therapeutisch zu vernachlässigen.

Nur bei der mittelfristigen Veränderung der aktiven Beweglichkeit unterscheiden sich die Dehntechniken hinsichtlich ihrer Effektivität: Das dynamische Dehnen führt sowohl beim besseren als auch beim schlechteren Bein zu einer größeren Verbesserung der Beweglichkeit als die anderen Dehntechniken.

Bei der Interpretation der Ergebnisse besteht das Problem, dass es sich um eine Sekundäranalyse handelt. Die Originalstudie wurde nicht vor dem Hintergrund der hier diskutierten Fragestellung der Seitenunterschiede durchgeführt. Es wurden keine Diagnosen erfasst, so dass keine Aussagen über die Ursachen der Seitenunterschiede gemacht werden können. Aufgrund der starken Verbesserung und der geringeren Unterschiede zwischen dem besseren und schlechteren Bein am Ende des Experiments darf aber angenommen werden, dass es sich in den meisten Fällen um keine schwerwiegenden orthopädischen Probleme gehandelt haben dürfte.

Für die Verbesserung der Beweglichkeit während des recht kurzen Untersuchungszeitraums von nur zwei Wochen können verschiedene Mechanismen verantwortlich sein. Diskutiert werden kann zum einen eine Erhöhung der Schmerztoleranz, die bei gleicher Muskellänge eine höhere Bewegungsreichweite zulässt (Wiemann, 1991). Dies ist möglich, wenn der Muskel eine höhere Dehnungsspannung toleriert. Da nur die Bewegungsreichweite, nicht aber die Dehnungsspannung untersucht wurde, kann hier nur spekuliert werden.

Bei diesem Experiment ist auch eine echte Erhöhung der Muskellänge denkbar. Durch die Rehamaßnahme wurde der Alltag der Versuchspersonen grundlegend geändert. Die meisten Rehateilnehmer gingen in ihrem Alltag einer sitzenden Tätigkeit nach. Während der stationären Heilbehandlung waren sie täglich viele Stunden zu Fuß unterwegs. Nach Goldspink (1994) versucht der Muskel stets eine optimale Überlappung von Aktin und Myosin aufrechtzuerhalten. Hierdurch wird eine optimale Spannung des Muskels gewährleistet. Da die Länge der einzelnen Sarkomere konstant bleibt, muss es zu einer Zunahme der Sarkomerzahl in Längsrichtung kommen. Goldspink (1994) geht davon aus, dass die Sarkomerzahl auch beim Erwachsenen nicht fixiert ist und im Bedarfsfall innerhalb von wenigen Tagen zu- oder abnehmen kann. Ob es beim Menschen zu einer Längenveränderung kommt, wird nach wie vor kontrovers diskutiert (vgl. Taylor et al., 1990; Gajdosik, 1991; Wiemann, 1994; Klee, 2001). Im Gegensatz zum Tiermodell sind beim Menschen Experimente mit anschließender Auszählung der Sarkomere nicht möglich. Dass dieser Mechanismus eine große Rolle gespielt hat, wird auch daran deutlich, dass sich die Veränderungen in den Gruppen, die statisch bzw. postisometrisch gedehnt wurden, in der gleichen Größenordnung abspielten wie in der Kontrollgruppe.

Um die offenen Fragen zu beantworten, müssten umfangreichere Untersuchungen durchgeführt werden, wobei neben der Bewegungsreichweite auch noch die Dehnungsspannung und die Kraftwinkelkurven erfasst werden müssten. Des Weiteren müssten homogene Gruppen mit eindeutigen Diagnosen

zugrunde liegen. Neben den Dehntechniken wären dann auch die unterschiedlichen Dehnintensitäten (Marschall, 1999) mit in den Blick zu nehmen.

Literaturverzeichnis

1. Freiwald, J., Engelhardt, M., Reuter, I.: Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport – Ursachen, Einordnung und Behandlung. In: Zichner, L., Engelhardt, M., Freiwald, J. (Hrsg.): Neuromuskuläre Dysbalancen. Novartis Pharma, Wehr, 1997, 165-193.
2. Gajdosik, R. L.: Effects of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstring muscles. In: Journal of Orthop. Sports Phys. Therapy 14 (1991), 250 - 255.
3. Goldspink, G.: Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaptation des Skelettmuskels. In: Komi, P. V.: Kraft und Schnellkraft im Sport. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1994, 215 - 231.
4. Hennig, E., Podzielny, S.: Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 45 (1994), 253 - 260.
5. Israel, S.: Körperliche Normbereiche in ihrem Bezug zur Gesundheitsstabilität. In: Theorie und Praxis 32 (1983), 360 - 363.
6. Klee, A.: Die Ruhespannungs-Dehnungskurve - ihre Erhebung beim M. rectus femoris und ihre Veränderung im Rahmen kurzfristiger Treatments. Habilitationsschrift. Universität Gesamthochschule Wuppertal, Wuppertal 2001.
7. Künnemeyer, J., Schmidtbleicher, D.: Die rhythmische neuromuskuläre Stimulation (RNS). In: Leistungssport 27 (1997) 2, 39 -46.
8. Marschall, F.: Wie beeinflussen unterschiedliche Dehnintensitäten kurzfristig die Veränderung der Bewegungsreichweite? In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 50 (1999), 5 - 9.
9. Murphy, D. R.: A critical look at static stretching: Are we doing our patients harm? In: Chiropractic Sports Medicine 5 (1991), 67 - 70.
10. Neumann, G.: Zur Begriffsbestimmung muskulärer Dysbalancen. In: Zichner, L., Engelhardt, M., Freiwald, J. (Hrsg.): Neuromuskuläre Dysbalancen. Novartis Pharma, Wehr 1997, 9 - 24.
11. Rebsamen, R.: Das Syndrom des Over-Stretching. In: Hoster, M., Nepper, H.- U. (Hrsg.): Dehnen und Mobilisieren. Sport Consult, Waldenburg 1994, 110 - 117.
12. Schomacher, J.: Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates in der Physiotherapie. Thieme, Stuttgart 2001.
13. Taylor, D. C. et al.: Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biochemical effects of stretching. In: American Journal of Sports Medicine 18 (1990), 300 - 309.
14. Wiemann, K.: Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. In: Sportwissenschaft 21 (1991), 295-305.
15. Wiemann, K.: Beeinflussung muskulärer Parameter durch unterschiedliche Dehnverfahren. In: Hoster, M., Nepper, H.-U.: Dehnen und Mobilisieren. Waldenburger Trainingstherapie-tage 1993. Sport Consult, Waldenburg 1994.

16. Wiemann, K., Klee, A., Startmann, M.: Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 49 (1998), 111-118.
17. Wiemann, K., Kamphöfner, M.: Verhindert statisches Dehnen das Auftreten von Muskelkater nach exzentrischem Training? In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 46 (1995), 411 - 421.
18. Wiemann, K., Fischer, T.: Ruhespannung und Muskelkater. In: Sportwissenschaft 27 (1997), 428 - 436.
19. Wydra, G.: Stretching - Ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung. In: Sportwissenschaft 27 (1997), 409 - 427.
20. Wydra, G., Bös, K., Karisch, G.: Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 42 (1991), 386 - 400.
21. Wydra, G., Glück, S., Roemer, K. : Kurzfristige Effekte verschiedener singularer Muskeldehnungen. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 50 (1999) 1, 10 - 16.