

Die Trainierbarkeit der Beweglichkeit in der Lebensspanne

Reanalyse vorliegender Studien unter Alternsgesichtspunkten Georg Wydra

Einleitung

Terminologische Klärungen

Unter Beweglichkeit soll im Sinne von Bös & Mechling (1983) eine weitgehend anatomisch determinierte personale Leistungsvoraussetzung der passiven Systeme der Energieübertragung verstanden werden. Beweglichkeit macht sich darin bemerkbar, dass ein Mensch in einem oder mehreren Gelenken große Bewegungsamplituden, sogenannte Range of motion – abgekürzt ROM – (☺_S. XXX) erreichen kann. Abhängig ist die Beweglichkeit zum einen von der Dehnbarkeit der Muskulatur und zum anderen von der Gelenkigkeit (Abb. 1).

Die Muskeldehnbarkeit ist abhängig von anatomischen Kenngrößen der Muskulatur. Dazu gehö-

ren die anatomische und funktionelle Muskellänge und die Masse des Titins (Klee 2003; Wiemann & Leisner 1996). Die Muskeldehnbarkeit ist des Weiteren auch von der nervalen Ansteuerung der Muskulatur abhängig. Hierbei können sowohl zentralnervöse (z. B. psychische Anspannung bzw. Entspannung) als auch periphere Mechanismen (Reflexe) eine Rolle spielen (Glück 2004).

Prinzipiell ist zu unterscheiden, ob sich ein Sportler selbst dehnt oder ob er gedehnt wird. Wydra et al. (1999) schlagen hierfür die Begriffe Eigen- und Fremddehnung vor. Bei einer Eigendehnung hat der Sportler über die kinästhetischen Rückmeldungen aus der gedehnten und der zur Dehnung eingesetzten Muskulatur die direkte und uneingeschränkte Möglichkeit der Handlungsregulation. Dies ist der

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung Bei der vorliegenden Untersuchung sollte geklärt werden, in welchem Umfang die Trainierbarkeit von Beweglichkeit und Muskeldehnbarkeit von Alternseffekten abhängig sind.

Material und Methode Da aus Stretchinguntersuchungen fast nur Daten jüngerer Versuchspersonen vorliegen, wurden mehrere eigene Untersuchungen reanalysiert. Es handelt sich hierbei um Querschnittsuntersuchungen und experimentelle Studien mit Rehatteilnehmer und Sportstudenten.

Ergebnisse Im Querschnitt zeigt sich die bekannte Abhängigkeit der Muskeldehnbarkeit vom Lebensalter. Sowohl bei singulären Dehnungen als auch bei mehrwöchigen Programmen sind bei jüngeren und älteren Personen die gleichen Zuwachsraten zu beobachten. Rehatteilnehmer erreichen nach zwei Wochen Training annähernd die Werte Sportstudierenden.

Schlussfolgerung Die Muskeldehnbarkeit scheint im Alter nicht eingeschränkt zu sein. Weitere Studien sollten sich mit der Verbesserung der oftmals gestörten Gelenkigkeit beschäftigen.

Schlüsselwörter Beweglichkeit, Dehnbarkeit, Gelenkigkeit, Muskeldehnung

Normalfall der Muskeldehnung im Sport. Eine Vorgehensweise, die dies nicht berücksichtigt, und lediglich die Muskulatur und das zugehörige Rückenmarkssegment in ihre Betrachtung miteinbezieht, greift zu kurz, um die bei einer Dehnung ablaufenden Prozesse zu erfassen. Ob eine weitere Differenzierung in eine Dehnung durch antagonistische oder sonstige Muskeln in der Praxis der Muskeldehnung im Sport empirisch sinnvoll ist, hat die Forschung noch zu belegen. Auch hier ist vor einer zu engen Betrachtungsweise zu warnen, bei der als Antagonist nur der Muskel bezeichnet wird, der aufgrund seiner anatomischen Lage in einem eingelenkigen offenen kinematischen System als solcher erscheint. Bei einer Fremddehnung durch einen Partner oder eine Maschine ist lediglich eine indirekte Möglichkeit der Korrektur von Umfang, Intensität und Dauer einer Dehnung gegeben. Bei einer Dehnung unter Narkose ist eine Möglichkeit der Regulation nicht gegeben. Die verschiedenen Dehn-techniken lassen sich den verschiedenen Methoden zuordnen (Abb. 2).

Muskelphysiologische Aspekte

Der Muskel ist ein System, bei dem kontraktile und visko-elastische Komponenten parallel und / oder in Serie angeordnet sind (Huijing 1994). Bei einer Muskeldehnung werden die Aktin- und >>>

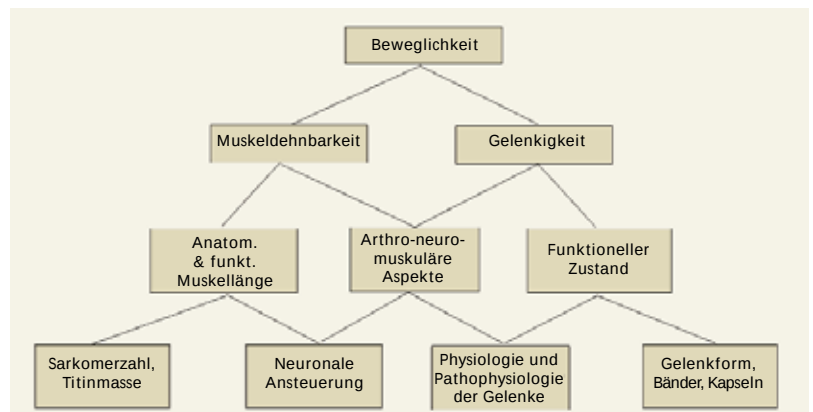


Abb. 1_Strukturmodell der Beweglichkeit

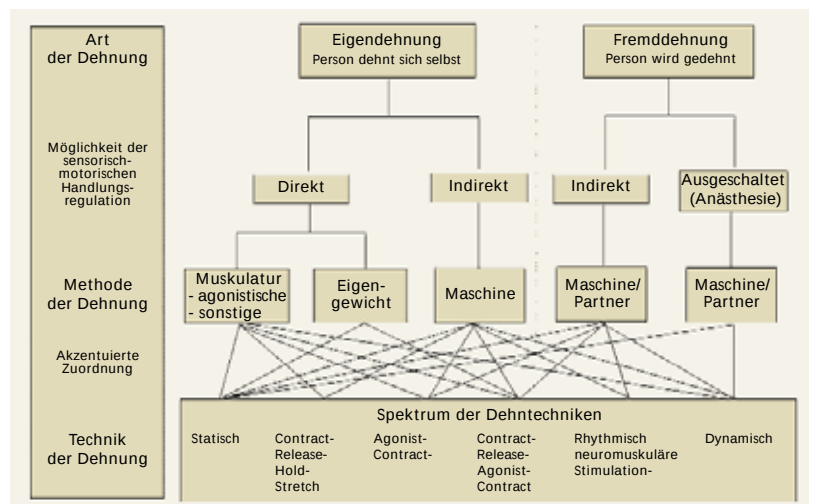


Abb. 2_Differenzierung der verschiedenen Formen der Muskeldehnung

ABSTRACT

Introduction The goal of the present investigation is to clarify the extent to which the trainability of mobility and muscle extensibility are dependent on the effects of aging.

Methods Since studies on muscle stretching have produced data relating almost exclusively to relatively young test persons, a number of the author's own studies have been re-examined. These studies involve cross-sectional investigations and experimental studies conducted on rehabilitation participants and sports students.

Results Findings on the whole reflected the well-known correlation between muscle extensibility and age. For singular stretching, as well as for programs extending over several weeks, findings disclosed the same rate of increase in both relatively young and in relatively old persons. After two weeks, rehabilitation participants achieved the same results as did sports students.

Conclusion Muscle extensibility is apparently not restricted by increasing age. Further studies could profitably focus on the enhancement of agility that is often impaired in older populations.

Key words Mobility, extensibility, agility, muscle stretching

Myosinfilamente (📍_S. XXX) auseinandergezogen. Mit zunehmender Dehnung nimmt der Überlappungsgrad von Aktin und Myosin und damit die maximal mögliche Spannung der kontraktiven Elemente ab. Gleichzeitig werden neben den kontraktiven Myofibrillen auch die elastischen Strukturen gedehnt, die der Dehnung einen wachsenden Widerstand entgegensetzen. Dadurch erhöht sich der Gesamtdehnungswiderstand. Der biologische Sinn dieser zunehmenden Stiffness (📍_S. XXX) liegt darin, eine unphysiologische Überdehnung, die bis zum Verlust der Filamentüberlappung führen könnte, zu vermeiden (Ullrich & Gollhofer 1994). Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Titinfilamente. Der Titin-Myosin-Komplex ist bei der Muskeldehnung für die Übertragung der Kraft auf die Z-Scheiben verantwortlich (Fürst 1999, Klee 2003). Bei der Kontraktion des Muskels kommt dem Aktin-Myosin-Komplex diese Funktion zu. Das Titin ist nach Klee (2003) die Quelle der Ruhe-Dehnungsspannung, der Kraft, die aufgebracht werden muss, um einen Muskel zu dehnen. Das Titin verhindert eine Überdehnung des Sarkomers.

Die Gelenkigkeit hängt von den anatomischen Spezifika der jeweiligen Gelenke, wie beispielsweise der Gelenkform (Scharnier-, Sattel- oder Kugelgelenk) und der das Gelenk sichernden Strukturen (Bänder und Gelenkkapsel) ab. Arthrogene Störungen können sich als muskuläre Dysbalancen bemerkbar machen. Dieser Begriff geht auf Janda (1986) zurück. Die Muskulatur wird entsprechend ihrer Reaktionsweise in phasische und tonische Muskeln unterschieden. Tonische Muskeln sollen eine natürliche Tendenz zur Verkürzung aufweisen und phasische eine Tendenz zur Abschwächung. Klee (1995) hat gezeigt, dass die theoretischen Vorstellungen zur Erklärung des Konstrukts Muskeldysbalance sehr defizitär sind. Freiwald & Engelhardt (1999) haben deutlich gemacht, dass Muskeln nur als Exekutivorgane fungieren und die Muskelfunktion niemals losgelöst von den zugehörigen Gelenken gesehen werden darf. Unter Umständen stellen diese »Muskeldysbalancen« eine für das Gesamtsystem zweckmäßige Reaktion dar. Bei einer Störung in einem Gelenksystem (Arthrose, Verletzung, Blockierung) versucht das Nervensystem über

die Muskulatur das Gelenk vor Überlastungen zu schützen. Dies kann über eine Erhöhung bzw. eine Verringerung des Muskeltonus erfolgen. Freiwald & Engelhardt (1999) benutzen den Begriff neuromuskuläre Dysbalance. Im höheren Lebensalter nimmt die Zahl arthrogener Störungen und pathologischer Gelenkveränderungen (Arthrosen) zu. Betroffen davon sind sowohl die großen Gelenke, wie Hüft- und Kniegelenke, als auch die kleinen Gelenke, insbesondere an der Wirbelsäule. Diese können mit Adaptationen im Sinne von muskulären Dysbalancen einhergehen. Wydra & Heckmann (2007) konnten keine Zusammenhänge zwischen anatomischen Seitigkeitsunterschieden, wie Beinlängendifferenzen, und der Dehnfähigkeit der kontralateralen Muskelgruppen nachweisen. Sie haben auf die messtechnischen Probleme hingewiesen.

Zur Entwicklung der Beweglichkeit

Bezüglich des Zeitraums, über den die Muskeldehnungen durchgeführt werden, wird unterschieden zwischen singulären, kurz-, mittel- und langzeitigen Dehnungsmaßnahmen. Unter singulären Dehnungen werden einzelne bzw. nur wenige Wiederholungen umfassende Maßnahmen verstanden. Unter kurzzeitigen Dehnungen werden 15 bis 30-minütige Dehnungsprogramme, unter mittelzeitigen Dehnungen Tage oder wenige Wochen dauernde Programme und unter langzeitigen Dehnung über mehrere Wochen oder gar Monate gehende 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 Untersuchungen entsprechend einordnen zu können (Wydra et al. 1999).

Die Entwicklung der Beweglichkeit ist wie die auch der anderen motorischen Fähigkeiten nicht nur von biologischen Veränderungen im Alternsgang (📍_S. XXX), sondern auch von der körperlichen Aktivität abhängig. Um zu klären, in welchem >>>

Maß der Rückgang der Beweglichkeit auch auf die zunehmende körperliche Inaktivität vieler Menschen zurückzuführen ist, erscheint es gewinnbringend, sich auch mit den Ergebnissen der Stretchingforschung zu beschäftigen. Hier ist anzumerken, dass zur trainingsbedingten Veränderung der Muskeldehnbarkeit überwiegend Daten von jüngeren Probanden vorliegen.

Die Entwicklung der Beweglichkeit soll im Folgenden am Beispiel der Veränderung der Leistung beim Finger-Boden-Abstand (FBA) dargestellt werden. Der FBA ist sowohl abhängig von der Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe und der Rückenmuskulatur als auch von der Gelenkbeweglichkeit im Bereich der Hüfte und der gesamten Wirbelsäule. Er stellt somit ein globales Maß für die Beweglichkeit dar, das auch für die Alltags- und Sportmotorik von großer Bedeutung ist. Positive Werte besagen, dass ein Proband mit den Fingerspitzen tiefer als das Fußbodenniveau kommt. Auf der Basis von Daten aus Spodat (Beck 2006) mit insgesamt 252.591 Versuchspersonen wurden für die verschiedenen Altersstufen die gewichteten arithmetischen Mittelwerte berechnet (Abb. 3).

Die Beweglichkeit unterliegt wie alle anderen motorischen Fähigkeiten auch einer Veränderung in der Lebensspanne (Gaschler 1994, Weineck 2002). Deutlich erkennbar sind die Alters- und Geschlechtsabhängigkeit der Beweglichkeit. Bis zum

Ende des zweiten Dezenniums (Glossar) kann eine Zunahme und anschließend eine Abnahme der Beweglichkeit beobachtet werden. Für die Geschlechtsunterschiede können eine Reihe biologischer Mechanismen verantwortlich gemacht werden (Weineck 2002): Durch hormonelle Einflüsse haben schon Mädchen eine geringere Muskelmasse als Jungen. Damit verbunden ist eine geringere Titinmasse, die hauptsächlich für den Dehnungswiderstand verantwortlich ist. Des Weiteren kommt es bei Mädchen und Frauen durch die Wirkung des Östrogens zu vermehrten Wassereinlagerungen, was einen positiven Einfluss auf die Dehnbarkeit aller die Beweglichkeit beeinflussenden Faktoren hat.

Bei den meisten Testübungen zur Erfassung der Beweglichkeit sind Gelenkigkeit und Muskeldehnbarkeit konfundiert, das heißt es kann nicht eindeutig gesagt werden, ob die Gelenkigkeit oder die Muskeldehnbarkeit für die beobachtbare Beweglichkeit verantwortlich ist. Bei der Rumpfbeuge sind die Wirbelsäulenbeweglichkeit und die Dehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe die wichtigsten Einflussgrößen. Zur Veränderung der Muskeldehnbarkeit im Alternsgang liegen aus Stretchinguntersuchungen fast ausschließlich Daten von Probanden des dritten Lebensjahrzehnts vor.

Methode

In der vorliegenden Studie soll geklärt werden, welchen Einfluss das Lebensalter bzw. Stretchingprogramme auf die Beweglichkeit und die Muskeldehnbarkeit haben.

Da aus Stretchinguntersuchungen fast nur Daten von jüngeren Versuchspersonen vorliegen und oftmals mit unterschiedlichen Verfahren die Messwerte erhoben wurden, die einen direkten Vergleich der Daten unmöglich machen, werden im Rahmen dieser Darstellung mehrere eigene Untersuchungen (Wydra 1985, Wydra et al. 1991, Glück et al. 2002, Glück 2004, Wydra & Heckmann 2007) reanalysiert.

In der ersten Untersuchung (U 1) wurden Reha-Teilnehmer (n=80) mit einem Durchschnittsalter von 49,9 ($\pm$ 7,8) Jahren (Wydra et al. 1991), in der

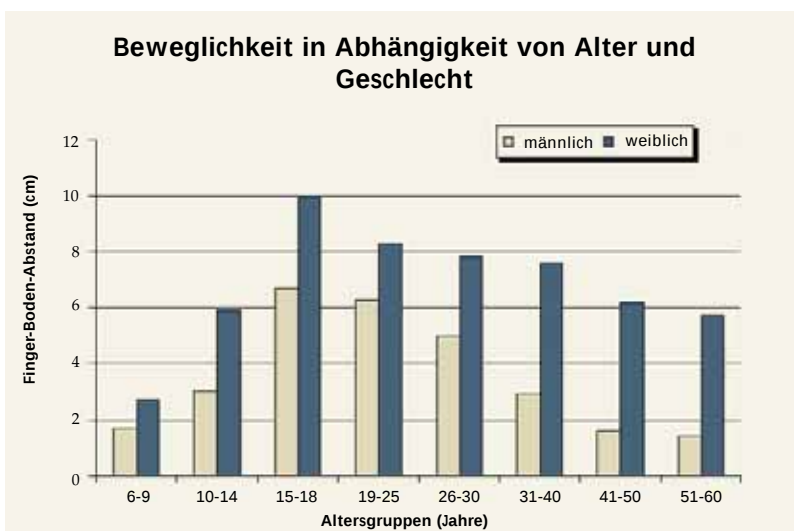


Abb. 3_Finger-Boden-Abstand von Jungen und Männern bzw. Mädchen und Frauen in Abhängigkeit vom Lebensalter; nach Zahlen von SPODAT (Beck 2006)

Tab. 1_Anthropometrische Angaben zu den Versuchspersonen der drei Untersuchungen.

	U 1		U 2		U 3	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich
n	40	40	16	11	30	22
Alter [Jahre]	50,0 ± 8,0	48,2 ± 7,5	25,4 ± 1,7	24,1 ± 1,4	24,1 ± 2,5	22,8 ± 2,6
Größe [cm]	175,3 ± 7,1	163,4 ± 5,6	178,6 ± 6,1	171,3 ± 7,9	181 ± 5,7	169 ± 5,4
Gewicht [kg]	78,7 ± 9,5	69,7 ± 11,4	72,6 ± 7,1	60,4 ± 8,2	75,8 ± 5,5	59,5 ± 4,6

zweiten Untersuchung (U 2) Sport-studenten (n=27) mit einem Durchschnittsalter von 24,8 (± 1,7) Jahren (Glück et al. 2002, Glück 2004) und in der dritten Untersuchung (U 3) Sportstudenten (n=52) mit einem Durchschnittsalter von 23,5 (± 2,7) Jahren (Wydra & Heckmann 2007) untersucht (Tab. 1).

In Stretchinguntersuchungen wird fast ausschließlich die ischiokrurale Muskelgruppe in den Blick genommen, da diese die einzige Muskelgruppe darstellt, bei der im Allgemeinen weder eine Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit noch eine Muskel-massenhemmung zu einer Verfälschung des Messergebnisses führt. Erfasst werden hier das maximal erreichbare Bewegungsausmaß (ROM) und der Dehnungswiderstand (Klee 2003; Glück 2004). Diese Messungen sind aber mit einem sehr hohen messtechnischen Aufwand verbunden, sodass hierzu nur relativ wenige Daten vorliegen.

In den hier reanalysierten Untersuchungen wurde die Dehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe über die maximale Hüftextension mittels mechanischer Goniometer bzw. elektronischer Winkelmesser erfasst. Die zum Erreichen der maximalen Bewegungsreichweite erforderlichen Kräfte (Dehnungswiderstand) wurden mit einer Kraftmessdose gemessen (Abb. 4). Des Weiteren wurde in U 1 auch der Finger-Boden-Abstand gemessen.

Die drei Untersuchungen wurden nach unterschiedlichen Untersuchungsdesigns durchgeführt:

- U 1: Versuchskontroll-Gruppen-Experiment mit drei verschiedenen Treatments (statisches, dynamisches und postisometrisches Dehnen). Analysiert wurden sowohl die kurzfristigen Veränderungen kurzzeitiger Programme auf die Muskeldehnbarkeit als auch die mittelfristigen Veränderungen mittelzeitiger Programme auf die

Muskeldehnbarkeit und Beweglichkeit. Bei dem kurzzeitigen Programm wurden die Effekte einer zehnminütigen Fremddehnung und bei dem mittelfristigen Programm die Effekte eines täglich über einen Zeitraum von zwei Wochen durchgeführten Dehnprogramms untersucht (Wydra et al. 1991).

- U 2: Experiment nach einem Within-in-subject-Design (☉_S. XXX), wobei drei standardisierte Stretchingprozeduren in randomisierter Reihenfolge durchgeführt wurden. Die Probanden dehnten sich selbst über einen Seilzug (Eigendehnung) oder wurden von einem Testleiter gedehnt (Fremddehnung). Bei diesem kurzzeitigen Programm wurden die Effekte von insgesamt 15 singulären Dehnungen analysiert (Glück 2004).
- U 3: Querschnittsanalyse mit einmaliger Bestimmung der maximalen Hüftextension und der dabei auftretenden Dehnungsspannung (Wydra & Heckmann 2007). >>>

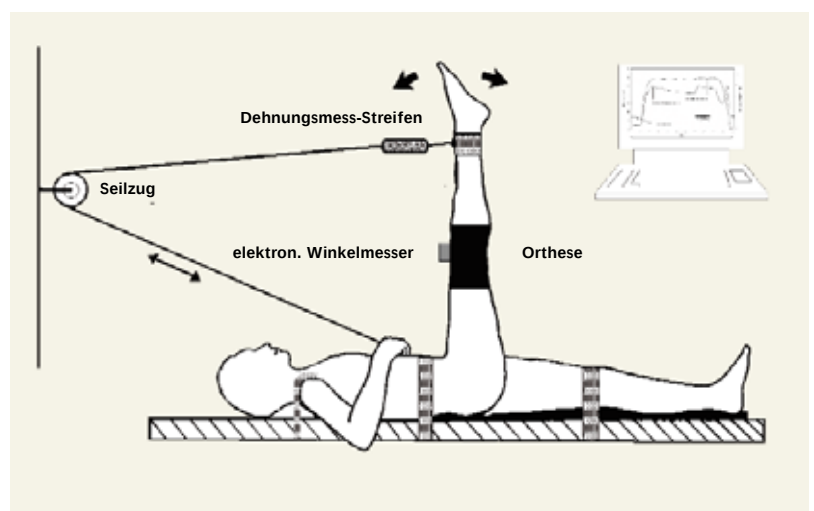


Abb. 4_Erfassung von Beweglichkeit und Dehnungsspannung bei Stretchinguntersuchungen (Wydra & Heckmann 2007)

Es wurde von der Hypothese ausgegangen, dass die Beweglichkeit vom Lebensalter abhängig ist, aber die Trainierbarkeit der Beweglichkeit bzw. der Muskeldehnbarkeit unabhängig vom Lebensalter ist.

Die üblichen Verfahren der deskriptiven Statistik (M, SD) sowie Varianzanalysen mit Mess-wiederholung mit einem Statistikprogramm fanden Anwendung.

Ergebnisse

Muskeldehnbarkeit im Altersgang

Aus U 1 und U 3 liegen Datensätze von Reha-Teilnehmern und von Sportstudenten vor, die aufgrund einer vergleichbaren Messwertaufnahme direkt miteinander verglichen werden können. Varianzanalytisch zeigte sich, dass die Muskeldehnbarkeit sehr signifikant von Geschlecht ($F = 8,3$; $p < 0,01$) und hochsignifikant vom Lebensalter ($F = 23,3$; $p < 0,001$) abhängig ist. Interaktionen zwischen den Hauptfaktoren Geschlecht und Alter bestehen nicht (Abb. 5).

Zur Entwicklung der Muskeldehnbarkeit durch Training

Kurzfristige Auswirkungen kurzzeitiger Dehnungen
In U 2 wurden die kurzfristigen Auswirkungen kurzzeitiger Dehnungen bei Eigen- und Fremddehnungen analysiert (Abb. 6).

Bei den ersten Wiederholungen hat man die größten Erfolge bei der Verbesserung der Bewegungsreichweite und Herabsetzung der Dehnungsspannung. Von Wiederholung zu Wiederholung reduziert sich der Zugewinn. Nach ca. vier bis fünf Wiederholungen kommt es nur noch zu minimalen Zuwächsen.

Auch aus U 1 liegen Zahlen über die kurzfristigen Auswirkungen kurzzeitiger Dehnungen bei Fremddehnungen vor. Der tabellarische Vergleich der Daten aus U 1 und U 2 zeigt, dass sich die Ausgangswerte der beiden Probandengruppen zwar auf unterschiedlichem Niveau befinden, die Zuwachsraten sich aber in den gleichen Größenordnungen bewegen.

Mittelfristige Auswirkungen mittelzeitiger Dehnprogramme

Aus U 1 liegen Zahlen über die mittelfristigen Auswirkungen mittelzeitiger Dehnungen bei Fremddehnungen vor. Die Daten wurden nochmals im Hinblick auf die Veränderung der Muskeldehnbarkeit und der Beweglichkeit analysiert (Abb. 7). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Die Unterschiede zwischen Vor- und Nachtest waren hochsignifi- >>>

Muskeldehnbarkeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht

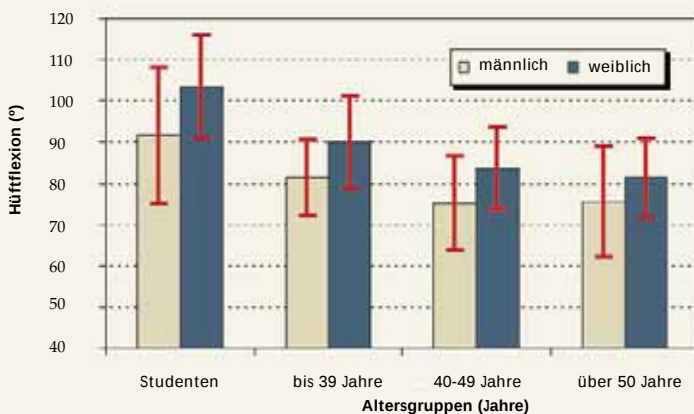


Abb. 5_Muskeldehnbarkeit in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht am Beispiel der Hüftflexionsfähigkeit als Maß der Dehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe (nach Zahlen von Wydra et al. 1991 und Wydra & Heckmann 2007)

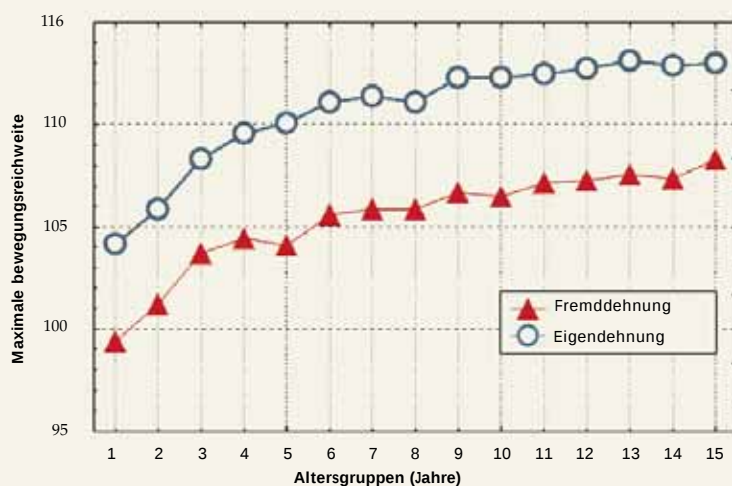


Abb. 6_Veränderung der Bewegungsreichweite in Abhängigkeit von der Zahl der Wiederholungen und der Art der durchgeführten Dehnung (nach Zahlen von Glück 2004)

kant ($F = 164,3$; $p < 0,001$) und es bestanden keine Interaktionen zwischen den Hauptfaktoren Alter und Testzeitpunkt.

Tab. 2_Kurzfristige Trainierbarkeit der Muskeldehnbarkeit während einer einzelnen Dehnbehandlung

	Hüftflexion Vortest (°)	Hüftflexion Nachtest (°)	Prozentuale Zuwachsraten	Effektstärken
U 1 RehaTeilnehmer	82,4 ± 10,6	90,4 ± 11,2	9,75	0,73
U 2 Sportstudenten	105,2 ± 9,3	114,2 ± 9,8	8,55	0,94

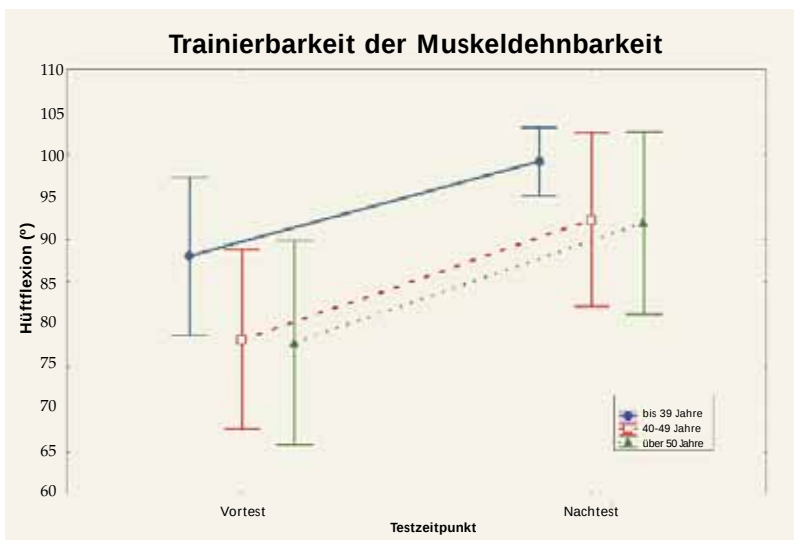


Abb. 7_Veränderung der Muskeldehnbarkeit über einen Zeitraum von zwei Wochen in Abhängigkeit vom Lebensalter (nach Zahlen von Wydra et al. 1991)

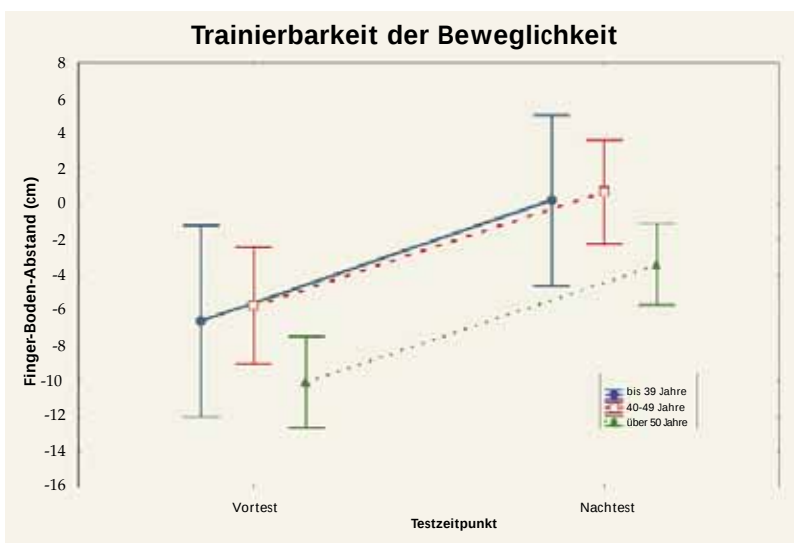


Abb. 8_Verbesserung der Beweglichkeit über einen Zeitraum von zwei Wochen in Abhängigkeit vom Lebensalter (nach Zahlen von Wydra et al. 1991)

Hinsichtlich der Trainierbarkeit der Muskeldehnbarkeit gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersgruppen. Die Reha-Teilnehmer hatten hochsignifikante Zuwachsraten der Muskeldehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe von 17,4 %. Sie erreichen nach zwei Wochen Training mit 92,8 ° (± 15,7) annähernd die Werte der 26 Jahre jüngeren Sportstudierenden aus U 3 ($M = 97,5 \text{ °} \pm 10,2 \text{ °}$).

Neben der Hüftflexion als Maß für die Dehnfähigkeit der ischiokruralen Muskelgruppe wurde auch der FBA erfasst. Auch hier zeigten sich keine signifikanten Einschränkungen der Trainierbarkeit der Beweglichkeit im Alternsgang (Abb. 8). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Die Unterschiede zwischen Vor- und Nachtest waren hochsignifikant ($F = 118,1$; $p < 0,001$) und es bestanden keine Interaktionen zwischen den Hauptfaktoren Alter und Testzeitpunkt.

Diskussion

Bei der vorliegenden Untersuchung sollte geklärt werden, in welchem Umfang die Beweglichkeit und Muskeldehnbarkeit von Alternseffekten abhängig sind und welchen Einfluss das Alter auf die Trainierbarkeit von Beweglichkeit und Muskeldehnbarkeit hat. Da aus Stretchinguntersuchungen fast nur Daten von jüngeren Versuchspersonen vorliegen und oftmals mit unterschiedlichen Verfahren die Messwerte erhoben wurden, die einen direkten Vergleich der Daten unmöglich machen, wurden im Rahmen dieser Untersuchung die Daten mehrerer eigener Untersuchungen reanalysiert.

Die vorliegenden Vortestergebnisse bestätigen zunächst den Rückgang der Beweglichkeit und der Muskeldehnbarkeit im Alternsgang.

Zur Untersuchung der Muskeldehnbarkeit durch Training wurden zunächst die kurzfristigen Auswirkungen kurzzeitiger Dehnungen analysiert. Diese umgehenden Effekte kennt jeder aus eigener Erfahrung. Hierzu liegt eine Vielzahl von Untersuchungen vor (Magnusson 1998, Marschall 1999). Sehr ausführlich haben sich Glück et al. (2002) und Glück (2004) mit der Frage beschäftigt, welche Effekte ein-

zelne nacheinander durchgeführte Muskeldehnungen haben. In U 2 wurden diese subjektiven Erfahrungen objektiviert. Bei den ersten Wiederholungen hat man die größten Erfolge bei der Verbesserung der Bewegungsreichweite und Herabsetzung der Dehnungsspannung. Von Wiederholung zu Wiederholung reduziert sich der Zugewinn. Nach ca. vier bis fünf Wiederholungen kommt es nur noch zu minimalen Zuwächsen, sodass man diese Wiederholungszahl als ausreichend für ein allgemeines Training erachten kann. Parallel zur Vergrößerung der Bewegungsreichweite verringert sich die Dehnungsspannung. Im Rahmen dieser Untersuchungen konnten Glück et al. (2002) auch zeigen, dass es besser ist, wenn man sich selber dehnt, als wenn man sich dehnen lässt.

Die Daten aus U 1 zeigen, dass bei Älteren ($n=61$) die Verbesserung der Muskeldehnbarkeit durch eine kurzzeitige Dehnung in der gleichen prozentualen Größenordnung liegt wie bei jungen Sport treibenden Menschen. Durch eine gezielte 10-minütige Dehnung der ischiokruralen Muskelgruppe verbesserte sich die Hüftextension von $82,6^\circ (\pm 10,3)$ auf $90,6^\circ (\pm 10,8)$. Obwohl diese Daten keine Einschränkung der kurzfristigen Verbesserung der Dehnfähigkeit durch kurzzeitige Programme im Alternsgang belegen, muss an dieser Stelle auf die nach wie defizitäre Forschungslage bei Älteren hingewiesen werden.

In einem nächsten Schritt wurden die mittelfristigen Auswirkungen mittelzeitiger Dehnprogramme analysiert. Zu den Auswirkungen von mehrwöchigen Programmen liegen nur wenige Zahlen vor. Zumeist handelt es sich um Studien an jungen Menschen. Eine der längsten systematischen Beobachtungen hat Wiemann (1991) durchgeführt. Er konnte im Rahmen eines 10-wöchigen Dehnungstrainings mit 23 Sportstudenten Zuwachsraten der Muskeldehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe von 12 % beobachten. Die Daten aus U1 zeigen, dass Reha-Teilnehmer mit einem Durchschnittsalter von $49,9 (\pm 7,8)$ Jahren über einen Zeitraum von nur zwei Wochen hochsignifikante Zuwachsraten der Muskeldehnbarkeit der ischiokruralen Muskelgruppe von 17,4 % erzielen. Hinsichtlich der Trainierbarkeit der Muskeldehnbarkeit gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen

Altersgruppen. Durch das dynamische Dehnen wurden hierbei sogar Verbesserungen von 23,8 % erzielt.

Im Hinblick auf die Verbesserung der Beweglichkeit zeigten sich im Gegensatz zur Muskeldehnbarkeit keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Stretchingmethoden. An diesem Ergebnis wird wiederum deutlich, dass die Dehnfähigkeit der Muskulatur nur eine Determinante der Beweglichkeit darstellt und dass Dehnübungen zur Verbesserung der Dehnfähigkeit isolierter Muskelgruppe, wie sie für die Funktionsgymnastik typisch sind, nicht automatisch zu einer Verbesserung der Beweglichkeit bei komplexen Bewegungen führen müssen. Für eine Verbesserung der Beweglichkeit muss auch die Gelenkbeweglichkeit in den Blick genommen werden. Schwingende oder kreisende Bewegungen sind in der Funktionsgymnastik zum Teil verpönt und werden als Krankmacherübungen abqualifiziert (Deutscher Turner-Bund 1993).

Schlussfolgerung

Bei der vorliegenden Untersuchung sollte geklärt werden, in welchem Umfang die Beweglichkeit und Muskeldehnbarkeit von Alternseffekten abhängig sind und welchen Einfluss das Alter auf die Trainierbarkeit von Beweglichkeit und Muskeldehnbarkeit hat. Da aus Stretchinguntersuchungen fast nur Daten von jüngeren Versuchspersonen vorliegen und die Messwerte oftmals mit unterschiedlichen Verfahren erhoben wurden, die einen direkten Vergleich der Daten unmöglich machen, wurden im Rahmen dieser Untersuchung die Daten mehrerer eigener Untersuchungen reanalysiert. Folgende Feststellungen lassen sich treffen:

- Die Beweglichkeit nimmt bis etwa zum Ende des zweiten Lebensjahrzehnts zu. Danach lässt sich ein langsamer Rückgang im Alternsgang nachweisen.
- Die geschlechtsspezifischen Unterschiede sind in hohem Maße auf die unterschiedliche hormonelle Situation zurückzuführen. Größere Muskelmassen beim männlichen Geschlecht führen bei bestimmten Bewegungen zu einer Massenhemmung. Des Weiteren nimmt die Masse des Titins bei >>>

- einer Muskelhypertrophie zu und bei einer Muskelatrophie ab. Das Titin ist hauptsächlich verantwortlich für den Dehnungswiderstand (Klee 2003).
- Die Verbesserungen der Muskeldehnbarkeit im Verlauf eines Beweglichkeitstrainings gehen wahrscheinlich in hohem Maße auf zentralnervöse Adaptationen im Sinne einer höheren Dehnungstoleranz (Wiemann 1991, Wiemann & Leisner 1996) zurück. Echte anatomische Muskelverlängerungen durch den Einbau zusätzlicher Sarkomere werden zwar vermutet (Ashmore & Summers 1981, Goldspink 1994, Tabary et al. 1972), konnten aber beim Menschen bisher nicht nachgewiesen werden. Die Frage, ob Turner längere Muskeln haben, kann derzeit forschungsmethodisch noch nicht abschließend beantwortet werden (Klee 2003, Wiemann & Leisner 1996). Das Gleiche gilt für das Problem sogenannter Muskelverkürzungen.
 - Die Trainierbarkeit der Muskeldehnbarkeit scheint im Alternsgang nicht in dem Maße eingeschränkt zu sein, wie es die Daten der Querschnittsuntersuchungen vermuten lassen. Nach wenigen Wochen Training erreichen Ältere annähernd die Muskeldehnbarkeit Jüngerer. Der Rückgang der Beweglichkeit ab der Mitte des zweiten Lebensjahrzehnts ist in hohem Maße auf den Bewegungsmangel zurückzuführen. In höherem Alter spielen auch pathologische Gelenkveränderungen und die damit assoziierten neuromuskulären Dysbalancen eine Rolle.
 - Es besteht nach wie vor ein erheblicher Forschungsbedarf, um die Trainierbarkeit der Beweglichkeit im Alternsgang zu quantifizieren. =

LITERATUR

- Ashmore CR, Summers PJ. 1981. Stretch-induced growth of chicken muscles, myofibrillar proliferation. *American Journal of Physiology* 241: C 93-7
- Beck J. 2006. Datenbank zur motorischen Leistungsfähigkeit (SPODAT II). *Bewegungstherapie und Gesundheitssport* 22: 251-2
- Bös K, Mechling H. 1983. *Dimensionen sportmotorischer Leistung*. Schorndorf: Hofmann
- Deutscher Turnerbund. 1993. *Hitliste der Krankmacherübungen*. Frankfurt: Autor
- Freiwald J, Engelhardt M. 1999. Aspekte der Trainings- und Bewegungslehre neuromuskulärer Dysbalancen. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 15: 5-12, 46-50
- Fürst DO. 1999. Titin, ein molekularer Gigant regiert im quergestreiften Muskel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 50: 218-22
- Gaschler P. 1994. Entwicklung der Beweglichkeit. In *Motorische Entwicklung*, ed. J Baur, K Bös, R Singer. Schorndorf: Hofmann
- Glück S. 2004. *Physiologische und psychologische Aspekte des Beweglichkeitstrainings*. Dissertation, Universität des Saarlandes, Saarbrücken. (Verfügbar unter: <http://scidok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2005/484/>)
- Glück S, Schwarz M, Hoffmann U, Wydra G. 2002. Bewegungsreichweite, Zugkraft und Muskelaktivität bei eigen- bzw. fremdregulierter Dehnung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 53: 66-71
- Goldspink G. 1994. Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaptation des Skelettmuskels. In *Kraft und Schnellkraft im Sport*, ed. PV Komi. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag
- Huijting PA. 1994. Mechanische Muskelmodelle. In *Kraft und Schnellkraft im Sport*, ed. PV Komi. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag
- Janda V. 1986. *Muskelfunktionsdiagnostik*. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit
- Klee A. 1995. *Haltung, muskuläre Balance und Training*. Frankfurt am Main: Harri Deutsch
- Klee A. 2003. *Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings*. Schorndorf: Hofmann
- Magnusson SP. 1998. Passive properties of human skeletal muscle during stretch manoeuvres. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 8: 65-77



GEORG WYDRA

Univ.-Prof. Dr. Georg Wydra (Jahrgang 1953). Seit 1995 Professur für Sport- und Gesundheitspädagogik des Sportwissenschaftlichen Institut der Universität des Saarlandes. 1978 - 1995 leitender Sporttherapeut der Bosenberg Kliniken in St. Wendel. Arbeitsschwerpunkte: Sportpädagogik in Schule und Gesundheitssport; Funktionsgymnastik (Beweglichkeitstraining und funktionelles Krafttraining).

Kontakt_ www.sportpaedagogik-sb.de

- Marschall F. 1999. Wie beeinflussen unterschiedliche Dehnintensitäten kurzfristig die Veränderung der Bewegungsreichweite. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 50: 5-9
- Tabary JC, Tabary C, Tardieu C, Tardieu G, Goldspink G. 1972. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different length by plaster casts. *Journal of Physiology* 224: 231-44
- Ullrich K, Gollhofer A. 1994. Physiologische Aspekte und Effektivität unterschiedlicher Dehnmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 45: 336-45
- Weineck J. 2002. *Sportbiologie*. 8. Aufl. Balingen: Spitta Verlag
- Wiemann K, Leisner S. 1996. Haben Turner längere Muskeln. *TW Sport + Medizin* 8: 103-8
- Wiemann K. 1991. Beeinflussung muskulärer Parameter durch ein zehnwöchiges Dehnungstraining. *Sportwissenschaft* 21: 295-305
- Wydra G. 1985. *Entwicklung und Evaluation eines didaktischen Modells der Sporttherapie im Bereich stationärer Heilbehandlungen*. Inauguraldissertation Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften der Universität Heidelberg.
- Wydra G. 2006. Dehnfähigkeit. In *Handbuch Gesundheitssport*, ed. K Bös, W Brehm. Schorndorf: Hofmann



KONTAKT

Georg Wydra
Sportwissenschaftliches Institut der
Universität des Saarlandes
Postfach 15 11 50
66041 Saarbrücken
E-Mail: g.wydra@mx.uni-saarland.de

- Wydra G, Bös K, Karisch G. 1991. Zur Effektivität verschiedener Dehntechniken. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 42: 386-400
- Wydra G, Heckmann M. 2007. Beweglichkeitsunterschiede in Abhängigkeit von anatomischen Seitigkeitsunterschieden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 58: 401-5
- Wydra G, Glück S, Roemer K. 1999. Kurzfristige Effekte verschiedener singulärer Muskeldehnungen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 50: 10-6