

Wydra G, Heckmann M

Beweglichkeitsunterschiede in Abhängigkeit von anatomischen Seitigkeitsunterschieden

Discrepancies of mobility in dependence on anatomical sidedness differences

Sportwissenschaftliches Institut, Universität des Saarlandes, Homburg/Saar

Zusammenfassung

Problemstellung: Die linke und rechte Körperhälfte eines Menschen erscheinen nur auf den ersten Blick identisch. Die meisten Menschen haben eine bevorzugte Seite, was sich in der Links- oder Rechtshändigkeit nieder schlägt. Seitigkeitsunterschiede können aber auch oftmals hinsichtlich anatomischer Besonderheiten festgestellt werden. Die Erfassung von Beinlängendifferenzen, Becken- und Schulterschiefständen ist deshalb orthopädische Routine. Der Körper reagiert auf Störungen mit vielfältigen Anpassungsmechanismen, z. B. in Form von Muskeldysbalancen.

Methoden: Es sollte geklärt werden, ob es einen Zusammenhang zwischen orthopädischen Seitenunterschieden und der Dehnfähigkeit der Muskulatur gibt. Zur Untersuchung der Seitenunterschiede wurden bei 52 Sportstudierenden anatomische und funktionelle Beinlängendifferenzen, das Vorlaufphänomen sowie Becken- und Schulterschiefstände erfasst. Um die Beweglichkeit zu beurteilen, wurden die maximale Bewegungsreichweite und die Dehnungsspannung der ischiokruralen Muskelgruppe gemessen.

Ergebnisse: Nur wenige Vpn. haben keine anatomischen Seitigkeitsunterschiede. Diese haben keine Auswirkungen auf die Bewegungsreichweite und die Dehnungsspannung.

Diskussion: Bei der untersuchten Stichprobe handelt es sich hinsichtlich der untersuchten muskulären Beweglichkeitsparameter als auch der anatomischen Seitenunterschiede um keine repräsentative Stichprobe. Die gefundenen Ergebnisse dürfen nicht auf andere Gruppen übertragen werden. Sowohl das biologische Alter als auch die sportliche Aktivität haben sicherlich einen positiven präventiven bzw. kompensatorischen Einfluss auf die Entwicklung einer Muskeldysbalance. Die häufig zu beobachtenden kleineren anatomischen Seitenunterschiede haben zumindest für jüngere und sportlich aktive Menschen keine therapie-relevanten Auswirkungen auf die Muskulatur.

Schlüsselwörter: Muskeldysbalance, Muskelverkürzung, Dehnfähigkeit

Einleitung

Die Dehnfähigkeit gilt als Merkmal einer leistungsfähigen Muskulatur. Parameter zur Erfassung der Dehnfähigkeit sind die maximale Bewegungsreichweite und Dehnungsspannung (17). Stretchinguntersuchung, bei denen beide Beine in den Blick genommen werden, stellen die Ausnahme dar (25, 27).

Summary

Problem definition: The left and right body half of a person only seem identical at first glance. All people have a preferential side expressed for example in left- or right-handedness. However, sidedness differences can often also be observed with regard to unusual anatomical features. The recording of leg length differences, pelvis and shoulder asymmetries is therefore orthopaedic routine. The body reacts to such perturbations with various adaptation mechanisms, e.g. in the form of muscle imbalances.

Methods: It should be clarified whether there is a connection between orthopaedic sidedness differences and muscular reactions. For the examination of the sidedness differences, anatomical and functional leg length differences, the run-forward-phenomenon as well as pelvis and shoulder asymmetries were recorded in 52 sport students. The maximum range of motion and the stretch tension of the hamstrings muscle group were measured to assess mobility.

Results: Anatomical or functional sidedness differences don't have any effects on mobility parameters.

Discussion: The examined sample and the anatomical side differences represent a selective sample with regard to the examined muscular mobility parameters. The results found may not be transferred to other groups. Both biological age and sporting activity surely have a positive preventive or compensatory influence on the development of muscle imbalance. The anatomical sidedness differences which can frequently be observed don't have any therapy-relevant effects on the musculature, at least for younger and sports-active people.

Key words: muscle imbalance, muscle shortening, extensibility

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, sodass sie schon als „normal“ bezeichnet werden können (15). Es stellt sich aber die Frage, ab wann ein Unterschied therapeutische Relevanz besitzt (15, 26).
- Die meisten Menschen haben eine bevorzugte Seite, was

sich in der Links- oder Rechtshändigkeit bzw. -füßigkeit niederschlägt. In vielen Sportarten aber auch in der Alltags- und Arbeitsmotorik verstärkt sich diese natürliche Seitigkeit durch die Beanspruchung der dominanten Seite. Jede Muskelhypertrophie geht mit einem Zuwachs an Titin-Filamenten einher (10). Das Titin stellt die Ursache für die erhöhte Ruhespannung des Muskels und damit den erhöhten Widerstand bei einer Dehnung dar (17, 23).

- Anatomisch bedingte Seitenunterschiede, wie z. B. echte Beinlängendifferenzen, können eine weitere Ursache für die unterschiedliche Dehnfähigkeit der analogen Muskelgruppen darstellen (7, 30). Durch die Entwicklung einer muskulären Dysbalance wird die Störung kompensiert (9, 24, 25). Weil die Muskulatur neuronal angesteuert wird und in Zusammenhang mit weiteren Subsystemen reagiert, wird hier auch von „neuromuskulären Dysbalancen“ gesprochen (9).
- Abzugrenzen davon sind funktionelle Seitenunterschiede wie sie z. B. durch Blockierungen ausgelöst werden. Blockierungen des Ilio-Sacral-Gelenks führen zu einer reversiblen Beinlängenänderung (20). Bei der Störung eines Gelenkes reagiert die zugehörige Muskulatur gelenkprotektiv (2, 9). Diese Tonuserhöhungen oder -minderungen machen sich dann ebenfalls in einer unterschiedlichen Dehnbarkeit der linken und rechten Seite bemerkbar (6, 9, 19). Umgekehrt kann es auch durch muskuläre Verspannungen zu Gelenkblockaden und anschließenden Haltungstörungen und -schwächen kommen (13, 16).
- Die Erfassung von Beinlängendifferenzen, Becken- und Schulterschiefständen ist deshalb orthopädische Routine. Intensiv beschäftigt sich vor allem die Manuelle Medizin mit diesem Phänomen (8, 21). Untersuchungen zu den Auswirkungen von Seitigkeitsunterschieden auf stretchingrelevante Parameter liegen bisher nicht vor.

- Haben die zu beobachtenden Seitigkeitsunterschiede Auswirkungen auf die Dehnfähigkeit?

Probanden

Die Untersuchungsstichprobe bestand aus 52 Studierenden des Sportwissenschaftlichen Instituts der Universität des Saarlandes. Die Auswahl der Untersuchungsteilnehmer erfolgte zufällig. Die Teilnahme an der Untersuchung war freiwillig. Angaben über anthropometrische Daten liefert Tabelle 1.

Untersuchte Variablen Beweglichkeitsparameter

Die Dehnbarkeit der ischiokruralen Muskulatur wurde über die Bestimmung der maximalen Hüftflexion und des dabei auftretenden Dehnungswiderstandes bestimmt. Der Dehnungswiderstand ist definiert als die Kraft, die auf-

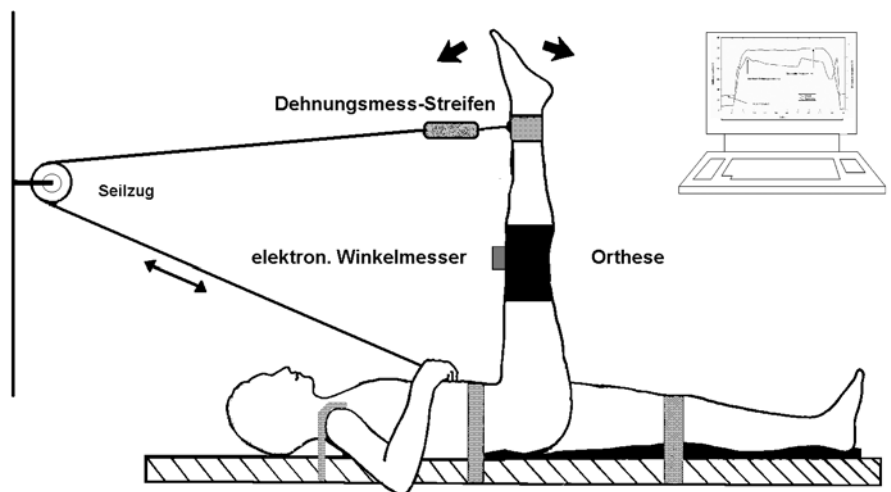


Abbildung 1: Erfassung der Beweglichkeit.

gebracht werden muss, um einen bestimmten Dehnungsgrad zu erreichen (11, 28). Vor dem eigentlichen Test dehnten die Vpn. die ischiokrurale Muskulatur solange, bis sie das Gefühl hatten, ihre maximale Bewegungsreichweite erreichen zu können.

Die Versuchspersonen führten bei der Messung Eigendehnungen (12) durch, indem sie aus der Rückenlage heraus über ein Stahlseil, das am Fußgelenk befestigt war, das Bein so weit wie möglich nach hinten zogen (siehe Abb. 1). In der maximalen Position wurde die Spannung über ca. 50 sek gehalten, um danach den Hüftflexionswinkel weiter zu verkleinern. Nach weiteren 20 sek wurde das Bein wieder langsam abgesenkt.

Die Messung des maximalen Dehnungswinkels erfolgte über einen elektronischen Winkelmesser der Fa. Biovision (Wertheim), der auf der Schiene des gestreckten Beines befestigt war. Die Dehnungsspannung wurde mit einem Dehnungsmessstreifen, Typ LMZ 500 N, der Fa. Biovision (Wertheim) erfasst. Auf eine Schwerkraftkorrektur (29) wurde verzichtet, da hier nicht der interindividuelle sondern der Links-Rechts-Vergleich im Vordergrund stand.

Sowohl die Dehnungsspannung als auch der Dehnungswinkel wurden mit dem Messwerterfassungs- und Analyse-

Material und Methoden

Fragestellungen

- In welchem Ausmaß sind Sportstudierende von anatomischen und/oder funktionellen Seitigkeitsunterschieden betroffen?

Tabelle 1: Alter, Größe und Gewicht der Probanden.

| | Männer (n= 30) | | Frauen (n= 22) | |
|------------------|----------------|-----|----------------|-----|
| | M | SD | M | SD |
| Alter (Jahre) | 24,1 | 2,5 | 22,8 | 2,6 |
| Größe (cm) | 181 | 5,7 | 169 | 5,4 |
| Körpermasse (kg) | 75,8 | 5,5 | 59,5 | 4,6 |

programm DasyLab 7.0 aufgenommen. Mit dem Statistikprogramm Statistica 6.1 der Firma Statsoft (Tulsa, Oklahoma) wurde eine Glättung der Kurven nach der Methode der

terskalierung angebracht war (siehe Abb. 3). Mit einem Bildbearbeitungsprogramm wurden die Differenzen der Höhen der einzelnen Messpunkte mit einer Genauigkeit von 0,5 cm bestimmt.

Hypothesen

Folgende Hypothese wurde schwerpunktmäßig geprüft:

- Zwischen Personen mit unterschiedlich starken anatomischer Seitigkeitsdifferenzen bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Differenz der maximal tolerierten Dehnungsspannung bzw. der maximal erreichten Bewegungsreichweite zwischen dem rechten und linken Bein.

Statistische Verfahren

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm Statistica 6.1 der Firma Statsoft (Tulsa, Oklahoma). Bei der deskriptiven Statistik wurden die arithmetischen Mittelwerte und die Standardabweichungen berechnet. Die Daten wurden mit dem Shapiro-Wilks-Test auf Normalverteilung überprüft. Bei Nichtnormalverteilung wurden bei Zweigruppenvergleichen der U-Tests gerechnet. Bei Mehrgruppenvergleichen wurden einfache Varianzanalysen gerechnet, wobei die Varianzhomogenität mit dem Levene-Test überprüft wurde. Zusammenhänge wurden mit dem Rangkorrelationskoeffizienten R berechnet. Das Signifikanzniveau Alpha wurde auf 5% festgelegt (5).

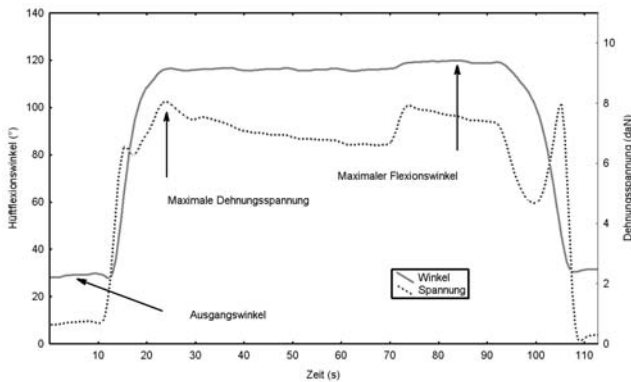


Abbildung 2: Bestimmung der Maxima der geglätteten Dehnungsspannungs- und Dehnungswinkelkurve.

negativ exponentiellen Glättung durchgeführt. Anhand dieser Kurven wurden die gesuchten Winkel bzw. Dehnungsspannungswerte abgelesen (siehe Abb. 2).



Abbildung 3: Messung von Becken- und Schulterschiefstand.

Beinlängendifferenz, Vorlaufphänomen

Zur Bestimmung der anatomischen Beinlängen wurde im Liegen die Strecke zwischen Malleolus lateralis und Trochanter major auf der rechten und linken Seite gemessen. Die funktionelle Beinlängendifferenz (BLD) wurde mit den üblichen Methoden der Manuellen Medizin aufgenommen. Weiterhin erfolgte die Testung des Vorlaufphänomens (8).

Ergebnisse

Von den untersuchten 52 Vpn. zeigten lediglich zwei Vpn. keine orthopädischen Auffälligkeiten. Bei 12 Vpn. lagen eine oder mehrere leichte und bei 38 Vpn. eine oder mehrere größere Auffälligkeiten vor (siehe Tab. 2).

Tabelle 2: Zahl der Vpn. mit Auffälligkeiten.

| | Zahl der Auffälligkeiten | | | |
|-------------------------|--------------------------|----|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| leichte Auffälligkeiten | 2 | 5 | 3 | 2 |
| größere Auffälligkeiten | 20 | 13 | 3 | 2 |

Die geschlechtsspezifischen Unterschiede bezüglich der Dehnungsparameter bzw. der orthopädischen Seitigkeitsuntersuchungen ergeben aus Tabelle 3. Frauen sind beweglicher als Männer und diese tolerieren eine höhere

Becken- und Schulterschiefstände

An den Schultern wurden links und rechts jeweils das Acromion und am Becken die Spinae iliacae anterior superior durch ein gut sichtbares Kreuz gekennzeichnet. Zur Anfertigung digitaler Fotografien stellte sich die Versuchsperson in schulterbreitem Stand mit parallelen Füßen gerade vor eine Wand, an der eine Zentime-

Tabelle 3: Dehnungsparameter und anatomische Seitigkeitswerte bei Frauen und Männern im Vergleich und Angabe der Ergebnisse der U-Tests.

| | Frauen (n=22) | | Männer (n=30) | | Z; p |
|---------------------------------------|---------------|-------|---------------|-------|-------------|
| | M | SD | M | SD | |
| Dehnungsspannung [daN] | 10,30 | 3,64 | 12,94 | 3,73 | 2,94; 0,003 |
| Dehnungswinkel [°] | 105,45 | 12,42 | 91,7 | 16,56 | 2,79; 0,005 |
| Spannungsdifferenz [daN] | 1,65 | 1,43 | 1,46 | 1,03 | 1,76; 0,078 |
| Winkeldifferenz [°] | 10,91 | 9,41 | 8,53 | 8,18 | 0,93; 0,354 |
| Anatomische Beinlängendifferenz (cm) | 0,23 | 0,40 | 0,27 | 0,43 | 0,35; 0,725 |
| Funktionelle Beinlängendifferenz (cm) | 0,06 | 0,27 | 0,11 | 0,41 | 2,07; 0,038 |
| Vorlaufphänomen (cm) | 0,51 | 0,34 | 0,61 | 0,42 | 1,12; 0,262 |
| Beckenschiefstand (cm) | 0,62 | 0,43 | 0,79 | 0,68 | 0,53; 0,597 |
| Schulterschiefstand (cm) | 0,55 | 0,66 | 0,87 | 0,71 | 1,61; 0,107 |

Dehnungsspannung als die Frauen. Männer haben auch größere funktionelle Beinlängendifferenzen als Frauen.

Tabelle 4: Dehnungsspannungs- und Dehnungswinkelwerte des dominanten und des nichtdominanten Beins im Vergleich und Angabe der Ergebnisse der U-Tests (n=52).

| | | dominantes Bein links (n=35) | | dominantes Bein rechts (n=17) | | Z; p |
|------------------------|----|------------------------------|------|-------------------------------|------|-------------|
| | | M | SD | M | SD | |
| Dehnungsspannung [daN] | re | 12,2 | 3,8 | 11,6 | 4,6 | 0,78; 0,435 |
| Dehnungsspannung [daN] | li | 11,4 | 3,8 | 12,0 | 4,4 | 0,46; 0,647 |
| Dehnungswinkel [°] | re | 99,9 | 19,5 | 95,4 | 13,7 | 0,44; 0,661 |
| Dehnungswinkel [°] | li | 97,3 | 17,4 | 95,1 | 13,5 | 0,39; 0,696 |

Fünf Vpn (7,8%) sind Links- und 47 Rechtshänder. 17 Vpn. gaben das rechte und 35 das linke Bein als das dominierende Bein an.

Die Korrelation zwischen den maximal tolerierten Dehnungsspannungen auf der rechten und linken Seite beträgt $R = .878$ ($p > 0,000$). Die Korrelation zwischen den

Tabelle 5: Differenzen der maximal tolerierten Dehnungsspannung und der maximal erreichten Bewegungsreichweite zwischen dem rechten und linken Bein bei Personen ohne Befund (oB), leichten (+) und größeren Auffälligkeiten (++) Anzahl (n), Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) sowie Angabe der statistischen Kennwerte für die durchgeführten einfaktoriellen Varianzanalysen (F-Werte) und U-Tests (Z-Werte).

| | | n | Differenz Dehnungsspannung (daN) | | | Differenz Bewegungsreichweite (°) | |
|------------------------------------|----|----|----------------------------------|------|--------------------|-----------------------------------|------|
| | | | M | SD | | M | SD |
| Anatomische Beinlängendifferenzen | oB | 28 | 1,43 | 1,26 | F=0,28; p>0,759 | 8,8 | 9,0 |
| | + | 9 | 1,57 | 0,85 | | 9,7 | 8,1 |
| | ++ | 15 | 1,72 | 1,33 | | 10,9 | 8,9 |
| Funktionelle Beinlängendifferenzen | oB | 25 | 1,75 | 1,5 | Z=0,52; p>0,601 | 11,4 | 9,2 |
| | + | 27 | 1,34 | 0,8 | | 7,8 | 8,0 |
| | ++ | 0 | - | - | | - | - |
| Vorlaufphänomen | oB | 15 | 1,31 | 1,13 | F=0,39; p>0,681 | 12,2 | 9,7 |
| | + | 19 | 1,59 | 1,27 | | 8,1 | 8,8 |
| | ++ | 18 | 1,67 | 1,24 | | 8,8 | 7,8 |
| Beckenschiefstand | oB | 18 | 1,24 | 1,03 | F=2,45; p>0,097 | 8,9 | 8,3 |
| | + | 15 | 2,1 | 1,24 | | 7,9 | 6,8 |
| | ++ | 19 | 1,37 | 1,24 | | 11,4 | 10,4 |
| Schulterschiefstand | oB | 20 | 1,46 | 1,22 | F=1,09; p>0,344 | 9,4 | 8,7 |
| | + | 13 | 1,22 | 1,34 | | 8,1 | 9,5 |
| | ++ | 19 | 1,84 | 1,23 | | 10,7 | 8,5 |

maximalen Bewegungsreichweiten auf der rechten und linken Seite beträgt $R = .730$ ($p > 0,000$). Die Beweglichkeitsmaße des linken und rechten Beins ergeben aus Tabelle 4.

Zwischen Personen mit unterschiedlich stark ausgeprägten anatomischen Seitigkeitsunterschieden bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Differenzen der Beweglichkeitsparameter zwischen dem rechten und linken Bein (siehe Tab. 5).

Diskussion

Die vorliegende Studie sollte klären, inwieweit sich anatomische Seitigkeitsunterschiede sowohl auf die absolute Dehnfähigkeit, als auch auf den Unterschied der Dehnfähigkeit zwischen dem rechten und linken Bein auswirken. Bisher liegen keine Untersuchungen vor, die diese Zusammenhänge in den Blick nehmen (25).

18 Vpn. gaben das rechte und 35 das linke Bein als das dominierende Bein an. Die hier bei 90% der Vpn. zu beobachtende Rechtshändigkeit spiegelt sich nicht in einer entsprechenden Präferenz der unteren Extremität wieder. Es

konnten weder zwischen dem rechten und linken noch zwischen dem dominanten und dem nichtdominanten Bein signifikante Seitigkeitsunterschiede bei den untersuchten Dehnungsparametern festgestellt werden (25, 27).

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen die aus der Literatur bekannten Unterschiede zwischen Männern und Frauen hinsichtlich der Beweglichkeit: Frauen sind signifikant beweglicher als Männer und Männer tolerieren eine signifikant höhere Dehnungsspannung als Frauen (11, 17). Signifikante Seitigkeitsdifferenzen zwischen Männern und Frauen im Hinblick auf die Dehnungsparameter bestehen nicht.

Die meisten der hier untersuchten 52 Sportstudenten weisen anatomische Seitigkeitsunterschiede auf. Jedoch zeigen die Zahlen auch, dass es sich zumeist nur um geringgradige Seitigkeitsunterschiede handelt. Die Vermutung, dass diese einen Einfluss auf die Beweglichkeitsunterschiede zwischen dem rechten und linken Bein haben, konnte nicht bestätigt werden.

Vor dem Hintergrund der Diskussion zur Entstehung muskulärer Dysbalancen (24) und möglichen Überlastungsschäden (7, 14) wurde davon ausgegangen, dass sich orthopädische Seitigkeitsunterschiede auch auf die Dehnfähigkeit der Muskulatur auswirken (9, 13, 20, 24). Dass solche Zusammenhänge nicht belegt werden konnten, könnte sowohl mit der hier untersuchten Stichprobe als auch der eingesetzten Messmethodik zusammenhängen.

Bei der untersuchten Stichprobe handelt sich um eine selektive Stichprobe: Junge, gesunde und sportliche sehr aktive Menschen. Bei den Sportstudierenden haben die beobachteten anatomischen Seitigkeitsunterschiede keine signifikanten Auswirkungen auf die Muskulatur. Die gefundenen Ergebnisse dürfen nicht auf andere Gruppen übertragen werden. Sowohl das biologische Alter als auch die sportliche Aktivität haben einen positiven Einfluss auf die Entwicklung bzw. Erhaltung eines Muskelgleichgewichts (1, 3, 22).

Die Messungen der unabhängigen Variablen unterlagen einer hauptsächlich manualmedizinischen Untersuchung. Bisher gibt es im manualmedizinischen Bereich keine einheitlichen Testverfahren und Testkriterien, die den Gütekriterien genügen (5, 18, 21). Hier erfolgte die Messung der Beweglichkeitsparameter mit einem elektronischen Winkelmesser und einem Dehnungsmessstreifen, um die Ungenauigkeiten, wie sie im Allgemeinen bei der Anwen-

derung von Muskelfunktionstests entstehen, zu vermeiden (18, 29).

Eine weitere Schwäche der Untersuchung liegt darin, dass aufgrund der Stichprobengröße und der Nichtnormalverteilung der erhobenen Messwerte mögliche Konfundierungen der unabhängigen Variablen (4) nicht aufgedeckt werden konnten, da Kanonische Korrelation, Multiple Regressionen bzw. Multivariate Varianzanalysen nicht gerechnet werden konnten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass zumindest für jüngere und sportlich aktive Menschen die häufig zu beobachtenden kleineren anatomischen Seitigkeitsdifferenzen keine therapierelevanten Auswirkungen auf die Dehnfähigkeit der Muskulatur haben.

Literatur

- Behm DV, Bradbury EE, Haynes AT, Hodder JN, Allison ML, Paddock NR: Flexibility is not related to stretch-induced deficits in force or power. *J Sports Sci Med* 5 (2006) 33-42.
- Berghs T: Muskulär bedingte Dysfunktionsmodelle. *Man Med* 38 (2000) 67-74.
- Bernard M: Einfluss des muskulären Zustands und körperlichen Trainings auf die Haltung von Erwachsenen – Metaanalyse der vorliegenden Literatur. *Krankengymnastik – Physioth* 54 (2002) 1070-1087.
- Beyer L: Theoretische Grundlagen der Verkettung von Symptomen der Manuellen Medizin. *Man Med* 41 (2003) 268-271.
- Bortz J: Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin, 1993.
- Bragina NN, Dobrochotova TA: Funktionelle Asymmetrien des Menschen. Thieme, Leipzig, 1984.
- Brinke A, van der Aa HE, van der Palen, J, Oosterveld F: Is leg length discrepancy associated with the side of radiating pain in patients with lumbar herniated disc? *Spine* 24 (1999) 684-686.
- Dvořák J, Dvořák V: Manuelle Medizin - Diagnostik. Thieme, Stuttgart, 1991.
- Freiwald J, Engelhardt M: Neuromuskuläre Dysbalancen in Medizin und Sport. *Dtsch Z Sportmed* 47 (1996) 99-106.
- Fürst DO: Titin, ein molekularer Gigant regiert im quergestreiften Muskel. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (1999) 218 - 222.
- Glück S: Beeinflussung der Beweglichkeit durch unterschiedliche physische und psychische Einwirkungen. Dissertation, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 2004.
- Glück S, Schwarz M, Hoffmann U, Wydra G: Bewegungsreichweite, Zugkraft und Muskelaktivität bei eigen- bzw. fremdregulierter Dehnung. *Dtsch Z Sportmed* 53 (2002) 66-71.
- Goldmann R, Kriebel-Goldmann C, Leuwer M, Piepenbrock S: Gelenkfunktionsstörungen im Bereich der Lenden- und Brustwirbelsäule. *Man Med* 35 (1997) 304-312.
- Hertel J, Dorfman JH, Braham RA: Lower extremity malalignments and anterior cruciate ligaments injury history. *J Sports Sci Med* 3 (2004) 220-225
- Israel S: Körperliche Normbereiche in ihrem Bezug zur Gesundheitsstabilität. *Theorie Praxis Körperkultur* 32 (1983) 360-363.
- Klee A: Haltung, muskuläre Balance und Training (2. Auflage). Harri Deutsch. Frankfurt am Main, 1995.
- Klee A: Methoden und Wirkungen des Dehnungstrainings. Hofmann, Schorndorf, 2003.
- König DP, Münnich U, Schmidt J, Dünnwald M: Die Wertigkeit der manuellen Funktionsdiagnostik nach Janda. *Man Med* 37 (1999) 89-95.
- Ridder P: Die Rolle des Sakrums bei Rückenproblemen. *Man Med* 38 (2000) 165-174.
- Saulicz E, Bacik B, Saulicz M, Gnat R: Asymmetrie des Beckens und Funktionsstörung von Iliosakralgelenken. *Man Med* 39 (2001) 312-319.
- Seyler F: Häufigkeit von Beckenasymmetrien und deren Abhängigkeit zur Körperlateralisation und zur funktionellen Hirnasymmetrie. Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen Nürnberg, 2003.
- Winter RB, Carr P, Mattson HL: A study of functional spinal motion in women after instrumentation and fusion for deformity or trauma. *Spine* 22 (1997) 1760-1764.
- Wiemann K, Klee A, Stratmann M: Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhe-spannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. *Dtsch Z Sportmed* 44 (1998) 111-118.
- Wolff R, Brechtel L, Zinner J, Boldt F: Muskelkraft, arthromuskuläres Gleichgewicht und Überlastungsschäden bei Schülern einer sportorientierten Gesamtschule. *Dtsch Z Sportmed* 51 (2000) 95 - 99.
- Wydra G: Zur Effektivität verschiedener Dehnstechniken unter besonderer Berücksichtigung von Seitenunterschieden. *Krankengymnastik – Physioth* 55 (2003) 788-795.
- Wydra G: Zur Problematik von Normwerten in der Bewegungstherapie. *Krankengymnastik – Zeitschrift Physioth* 56 (2004) 2280-2289.
- Wydra G, Bös K, Karisch G: Zur Effektivität verschiedener Dehnstechniken. *Dtsch Z Sportmed* 42 (1991) 386-400.
- Wydra G, Glück S, Roemer K: Kurzfristige Effekte verschiedener singulärer Muskeldehnungen. *Dtsch Z Sportmed* 50 (1999) 10-16.
- Wydra G, Glück S, Roemer K: Entwicklung, Evaluation und erste experimentelle Erprobung eines Dehnungsmessschlittens, in: Wiemeyer J (Hrsg.): Forschungsmethodische Aspekte von Bewegung, Motorik und Training im Sport. Czwalina, Hamburg, 2000, 255-259.
- Young RS, Andrew PD, Cummings GS: Effect of simulating leg length inequality on pelvic torsion and trunk mobility. *Gait and posture* 11 (2000) 217-223.

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