

Manuelle Medizin

Chirotherapie | Manuelle Therapie
Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Manuelle Medizin

Elektronischer Sonderdruck für T. Schmidt

Ein Service von Springer Medizin

Manuelle Medizin 2012 · 50:197–203 · DOI 10.1007/s00337-012-0913-8

© Springer-Verlag 2012

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der
privaten Homepage und Institutssite des Autors

T. Schmidt · S. Burger · J. Fetzer · R. Reer · K.-M. Braumann

Auswirkung von thorakalen Manipulationen auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule

Pilotstudie

Auswirkung von thorakalen Manipulationen auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule

Pilotstudie

Die aufrechte Haltung des Menschen stellt große Anforderungen an das Gleichgewicht und involvierte Kontrollsysteme [36]. Dabei beinhaltet die posturale Regulation die Integration von propriozeptiven und exterozeptiven Informationen [26]. Die beteiligten Muskelzüge sollen in einem ausgewogenen Spannungsverhältnis stehen, da hierbei die Wirbelsäule am günstigsten belastet ist [21]. Dabei ist die Stabilität der Wirbelsäule als Ganzes auch durch die Stabilität in den einzelnen Segmenten sichergestellt [3]. Änderungen in der Regulation dieser spinalen Balance bzw. der Wirbelsäulenform können bei der Entwicklung von akuten und chronischen Rückenschmerzen eine Rolle spielen [16, 32, 33, 34]. Dabei spielt vor allem die Ausrichtung in der sagittalen Ebene eine entscheidende Rolle. Zahlreiche Pathologien, wie Bandscheibendegenerationen [31], Spondylolisthesen [25] und Ossifikationen ligamentärer Strukturen [14], konnten durch Veränderungen in der sagittalen Ebene der Wirbelsäule aufgezeigt werden. Veränderungen in der sagittalen Ausrichtung der Wirbelsäule können somit eine entscheidende Bedeutung in der Prävention und Therapie muskuloskeletaler Erkrankungen spielen.

Neben anderen manualtherapeutischen Techniken konnten im Besonderen für Manipulationen im Bereich der Wirbelsäule („high velocity low amplitude“, HVLA) Einflüsse auf biomechanische und neurophysiologische Prozesse nachgewiesen werden [4]. Dabei stand vor allem die Auswirkung auf die segmentale Kontrolle

der Muskelaktivität im Fokus der Untersuchungen [5, 9, 10, 11, 19, 22]. Untersuchungen über die Auswirkung von spinalen Manipulationen auf die Körperhaltung sind den Autoren nicht bekannt.

Ziel dieser Pilotstudie war es daher, erstmalig die Auswirkungen von HVLA-Techniken im Bereich der thorakalen Wirbelsäule auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule zu untersuchen.

Probanden und Methoden

Probanden

Die Probanden wurden im Rahmen einer Gesundheitsuntersuchung an der Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin der Universität Hamburg sowie über Aushänge im Raum Hamburg akquiriert. Als Einschlusskriterien galten ein Alter zwischen 25 und 60 Jahren und das Vorhandensein mindestens einer segmentalen Dysfunktion im Bereich der thorakalen Wirbelsäule. Ausschlusskriterien waren das Auftreten von Rückenschmerzen in den letzten 6 Monaten, Operationen im Bereich der Wirbelsäule und/oder der unteren Extremität sowie des Beckens, das Vorhandensein einer systemischen Erkrankung, diagnostizierte Skoliose, Erkrankungen des

rheumatischen Formenkreis sowie die allgemeinen Kontraindikationen für manualtherapeutische Interventionen [15]. Eine Übersicht der anthropometrischen Daten gibt **Tab. 1**.

Durchführung

Die Untersuchungen fanden in den Räumen der Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin der Universität Hamburg statt. Nach Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien und Unterschreiben der Einverständniserklärung fand die Vermessung der Wirbelsäulenform mithilfe der Oberflächenrasterstereographie statt. Danach erfolgte die Behandlung der gestörten Bewegungssegmente mittels einer HVLA-Technik in Rückenlage. Unmittelbar danach wurde die Wirbelsäulenform erneut vermessen. Die Studie wurde nach den Richtlinien der Deklaration von Helsinki und der Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg durchgeführt.

Wirbelsäulenvermessung

Die Videorasterstereographie (DIERS formetric, Diers International GmbH, Schlangenbad) ist eine berührungslose, strahlenfreie Methode zur Beurteilung der Oberflä-

Tab. 1 Anthropometrische Daten der Probanden (Mittelwert±Standardabweichung)

	Frauen (n=18)	Männer (n=26)
Alter (Jahre)	29,1±5,8	29,7±6,0
Größe (cm)	171,9±0,1	182,2±0,5
Gewicht (kg)	66,3±9,9	80,8±9,9

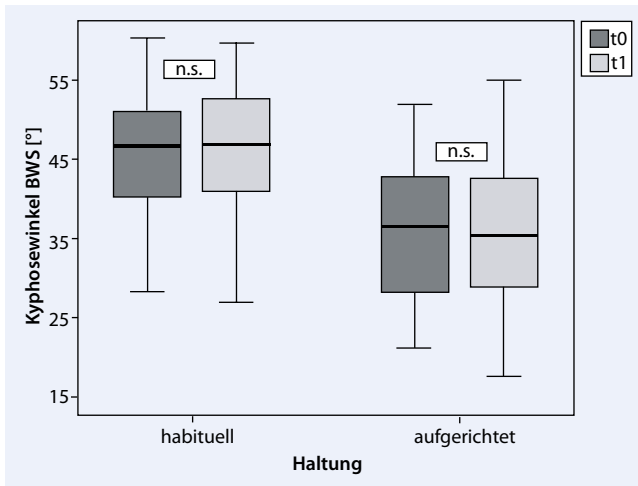


Abb. 1 ◀ Boxplot-Darstellung der Kyphosewinkel vor (t0) und nach (t1) der Manipulationsbehandlung

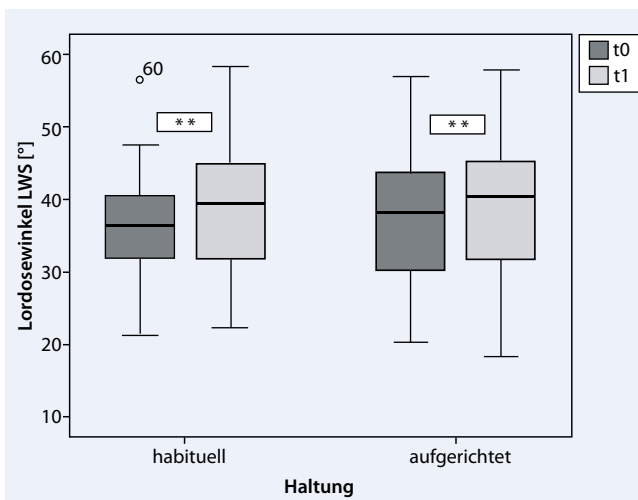


Abb. 2 ◀ Boxplot-Darstellung der Lordosewinkel vor (t0) und nach (t1) der Manipulationsbehandlung

chenform des Rückens und beruht auf dem Prinzip der Triangulation [12]. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden als Parameter für die sagittalen Wirbelsäulenkrümmungen der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule und der Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule sowohl in normaler (habituel) und aufgerichteter Haltung untersucht. Die Messmethodik ist ausführlich in vorausgegangenen Untersuchungen beschrieben worden [32, 33].

Manipulation

Die Identifizierung der segmentalen Dysfunktionen der Brustwirbelsäule erfolgte nach den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Manuelle Medizin (DGMSM-Ärztseminar Boppard) durch die Beurteilung der globalen Beweglichkeit, die Beurteilung der segmentalen Beweglichkeit („joint play“) und die Identifizierung regionaler Irritationspunkte [23].

Die routinemäßig durchgeführte Manipulation (HVLA-Technik) wurde in Rückenlage vorgenommen. Auch sie ist bereits ausführlich beschrieben worden [6]. Die Untersuchung und Behandlung erfolgten durch einen in manueller Medizin ausgebildeten Arzt (DGMM-DGMSM-Ärztseminar Boppard) mit mehrjähriger Berufserfahrung.

Statistik

Für den Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule und den Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule wurden die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie der minimale und maximale Wert für die habituelle und aufrechte Haltung berechnet. Mögliche Mittelwertunterschiede zwischen vor und nach der Behandlung wurden auf ihre Signifikanz hin untersucht. Lag eine Normalverteilung für den jeweiligen Parameter vor, wurden die Unterschiede von vor zu

nach der Behandlung mit dem Student-t-Test für verbundene Stichproben überprüft (signifikant: $p < 0,05$ und $p > 0,01$, hochsignifikant: $p < 0,01$). Konnte keine Normalverteilung nachgewiesen werden, wurden die Unterschiede des jeweiligen Parameters mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben analysiert (signifikant: $p < 0,05$ und $p > 0,01$, hochsignifikant: $p < 0,01$). Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS® in der Version 16.0.

Ergebnisse

Für sämtliche Parameter konnte mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests eine Normalverteilung festgestellt werden. Der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule zeigte sowohl in der habitueller als auch in der aufgerichteten Haltung keine wesentliche Veränderung (◻ **Abb. 1**). Der Winkel vergrößerte sich in habitueller Haltung um $0,7^\circ$ ($p = 0,116$), in der aufgerichteten Haltung verringerte er sich um $0,6^\circ$ ($p = 0,294$; ◻ **Tab. 2**). Der Lordosewinkel vergrößerte sich in der habitueller Haltung um $1,3^\circ$ ($p = 0,001$) und in der aufgerichteten Haltung um $2,0^\circ$ ($p = 0,004$; ◻ **Abb. 2**, ◻ **Tab. 2**). Eine Übersicht sämtlicher Messwerte gibt ◻ **Tab. 3**.

Diskussion

Im Rahmen dieser Pilotstudie wurden die Auswirkungen von HVLA-Techniken an der Brustwirbelsäule auf spezifische Parameter der sagittalen Ausrichtung der Wirbelsäule untersucht. Dabei konnte eine signifikante Veränderung im Bereich der Lendenwirbelsäule im Sinne einer Vergrößerung der Lordose festgestellt werden. Der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule zeigte keine signifikante Veränderung.

Einige Autoren vermuten direkte segmentale biomechanische Veränderungen nach spinalen Manipulationen. Dabei kommt es zu einer Verminderung der lokalen Restriktionen und Verbesserung der Mobilität im Segment [5]. Da solche Effekte vor allem in dem jeweils behandelten Gebiet auftreten [6], wäre eine Veränderung der Biomechanik der Brustwirbelsäule im Sinne einer Veränderung des Kyphosewinkels zu erwarten gewesen. Allerdings werden die biomechanischen Er-

klärungsmodelle angezweifelt und neurophysiologische Mechanismen in den Vordergrund gestellt [2]. Dabei untersucht ein großer Teil der Studien die Effekte auf die segmentale Muskelaktivität. Dabei ist noch unklar, ob es eher zu einer Abschwächung oder zu einer Steigerung der muskulären Aktivität kommt, wobei der größere Anteil der Autoren von einer kurzfristigen Abschwächung der muskulären Aktivität ausgeht [5]. Bei einer Abschwächung der α -Motoneuronen-Aktivität der spinalen Muskulatur in den behandelten Segmenten wäre eine Verminderung des Kyphosewinkels zu erwarten gewesen, da die aufrechte Haltung und damit auch die Krümmung der Wirbelsäule durch die wirbelsäulenaufrechtende Muskulatur beeinflusst wird [28]. Ob eine Abschwächung der α -Motoneuronen-Aktivität eher durch die direkte Inhibition der Motoneurone oder durch eine Förderung der inhibierenden Mechanismen hervorgerufen wird, ist derzeit unklar [4, 5]. Den Autoren dieser Pilotstudie ist nur eine Untersuchung bekannt, welche die Auswirkung einer thorakalen Manipulation auf die Rumpfmuskulatur untersuchte [8]. Dabei wurde durch eine Manipulation im Bereich der Segmente Th6–Th12 eine Steigerung der Muskelkraft des unteren Anteils des M. trapezius erzielt [8]. Die Wirkung des M. trapezius betrifft vorwiegend das Schulterblatt und den Nackenbereich [28]. Daher kann trotz einer möglichen Steigerung der Kraft des M. trapezius im Rahmen dieser Studie keine Veränderung des Kyphosewinkels der Brustwirbelsäule erwartet werden. Da aufgrund des Dargestellten von einer Einflussnahme auf relevante Faktoren im Bereich der Brustwirbelsäule auszugehen ist, verwundert es, dass keine Veränderung der sagittalen Ausrichtung beobachtet wurde. Dies könnte darin begründet sein, dass die Morphologie der Brustwirbelsäule vor allem von ligamentären und ossären Strukturen bedingt wird [20] und diese Strukturen durch neurophysiologische oder biomechanische Effekte nicht ausreichend beeinflusst werden können.

Die Veränderung des Lordosewinkels der Lendenwirbelsäule im Rahmen dieser Untersuchung ist überraschend, da die Techniken im Bereich der thorakalen Wirbelsäule ausgeführt wurden und Veränderungen durch manipulative Techni-

Manuelle Medizin 2012 · 50:197–203 DOI 10.1007/s00337-012-0913-8
© Springer-Verlag 2012

T. Schmidt · S. Burger · J. Fetzer · R. Reer · K.-M. Braumann

Auswirkung von thorakalen Manipulationen auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule. Pilotstudie

Zusammenfassung

Hintergrund. Die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule hängt mit zahlreichen Pathologien wie Bandscheibendegenerationen und Rückenschmerzen zusammen. Auswirkungen von spinalen Manipulationen („high velocity low amplitude“) auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule sind bislang nicht bekannt.

Probanden und Methoden. Im Rahmen dieser Pilotstudie wurden bei 44 Personen der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule und der Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule videorasterstereographisch in habitueller und aufgerichteter Haltung vor und nach einer Manipulationsbehandlung der Brustwirbelsäule untersucht.

Ergebnisse. Im Bereich des Kyphosewinkels der Brustwirbelsäule konnte keine wesentliche Veränderung festgestellt werden. Der Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule zeigt

te sowohl in habitueller Haltung ($p=0,001$) als auch in aufgerichteter Haltung ($p=0,004$) eine signifikante Vergrößerung.

Schlussfolgerung. Durch eine Manipulation der Brustwirbelsäule („high velocity low amplitude“) konnten Veränderungen im Bereich der Lendenwirbelsäule aufgezeigt werden. Dies zeigt die Interdependenz verschiedener Bereiche der Wirbelsäule, die in der manuellen Medizin eine entscheidende Rolle spielen. Ob die Veränderungen durch Beeinflussung auf segmentaler oder eher zentraler Ebene hervorgerufen wurden, kann im Rahmen dieser Studie nicht beantwortet werden.

Schlüsselwörter

Wirbelsäulenkrümmung · Haltung · „High velocity low amplitude“ · Videorasterstereographie · Biomechanik

Effect of thoracic spinal manipulation on sagittal alignment of the spine. A pilot study

Abstract

Background. Sagittal plane alignment of the spine has been implicated in spinal diseases, such as disc degeneration and low back pain. The effects of spinal manipulation (high velocity low amplitude) on the sagittal alignment of the spine are unknown.

Subjects and methods. In this pilot study a total of 44 subjects were examined by means of video raster stereography. The angle of thoracic kyphosis and lumbal lordosis were calculated before and after thoracic spinal manipulation (high velocity low amplitude) in normal and straight posture.

Results. The angle of thoracic kyphosis did not change but the angle of lumbal lordosis increased significantly in straight ($p=0.004$) and normal ($p=0.001$) posture.

Conclusions. Thoracic spinal manipulation can affect the biomechanics of the lumbal spine. This fact shows the interdependence between different regions of the spine which is seen as an important point in manual therapy. Whether the effects of thoracic spinal manipulation are caused by affects of central or segmental regions remains unclear and cannot be answered in this pilot study.

Keywords

Spinal curvature · Posture · High velocity low amplitude · Video raster stereography · Biomechanics

ken vor allem im Bereich des behandelten Wirbelsäulenabschnitts erwartet werden [6]. Campbell u. Snodgrass [6] konnten nach einer spinalen Manipulation eine veränderte Festigkeit nur in den Segmenten nachweisen, die behandelt worden waren. Es gibt nur wenige Untersuchungen über die Effekte von spinalen Manipulationen in angrenzenden Gebieten. Es konnte zwar gezeigt werden, dass durch Manipulationen ausgelöste biomechanische Effek-

te auch angrenzende Segmente beeinflussen [18, 29], von einer Wirkung auf weiter entfernt liegende Bereichen ist allerdings bislang wenig berichtet worden. Beispielsweise stellten Fernandez-de-las-Penas et al. [13] eine vermehrte Beweglichkeit der Halswirbelsäule nach einer thorakalen Manipulationsbehandlung fest. Neuhuber [24] formulierte in diesem Kontext die interessante Hypothese, dass durch muskuläre Züge ein Zusammenhang des kranio-

Hier steht eine Anzeige.



Hier steht eine Anzeige.



Tab. 2 Mittelwerte (MW) \pm Standardabweichung (SD) und 95%-Konfidenzintervall (KI) der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule (BWS) und der Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule (LWS) in habitueller (hab) und aufgerichteter (auf) Haltung vor (t0) und nach (t1) der Manipulationsbehandlung

	Zeitpunkt	MW (SD)	95%-KI		p-Wert
			Untere Grenze	Obere Grenze	
Kyphosewinkel BWS hab (°)	t0	45,4 (8,1)	42,7	48,1	0,116
	t1	46,1 (7,7)	43,6	48,7	
Kyphosewinkel BWS auf (°)	t0	35,9 (8,9)	32,9	38,9	0,294
	t1	35,3 (9,6)	32,2	38,5	
Lordosewinkel LWS hab (°)	t0	37,0 (9,2)	33,9	40,0	0,001
	t1	38,3 (8,9)	35,4	41,3	
Lordosewinkel LWS auf (°)	t0	37,5 (9,1)	34,5	40,5	0,004
	t1	39,5 (9,2)	36,5	40,3	
	t1	-3,4 (7,5)	-5,8	-0,9	

zervikalen Übergangs und dem Beckenbereich bestehen könnte. Den funktionellen bzw. biomechanischen Zusammenhängen von weiter entfernt liegenden Gebieten wird eine große Bedeutung im Bereich manueller Therapieformen beigegeben [35]. Untersuchungen zeigten vor allem Interaktionen bzw. Wechselwirkungen zwischen dem Hüftgelenk und dem Becken- und Lendenwirbelsäulenbereich auf [7, 27]. Eine ähnliche Interdependenz zwischen verschiedenen Wirbelsäulenbereichen könnte die Veränderungen im Bereich der Lendenwirbelsäule im Rahmen dieser Studie bewirkt haben.

Neben der Wirkung auf segmentaler Ebene gibt es möglicherweise auch zentrale Effekte. Die posturale Regulation beinhaltet die Integration von propriozeptiven und exterozeptiven Informationen [26]. Durch manuelle Techniken kann gezielt Einfluss auf die physiologische Afferenzversorgung regionaler und zentraler neuronaler Regulationssysteme genommen werden; damit lassen sich Änderungen der propriozeptiven Informationsversorgung regionaler und zentraler neuronaler Netzwerke auslösen [30]. Dabei können bereits kurz wirksame Reize anhaltende Veränderungen in motorischen Grundfunktionen bewirken [2]. Die Veränderungen der Haltungsparameter im Rahmen dieser Studie könnten demnach auch aufgrund von zentralen Einflüssen auf posturale Funktionen bzw. tonusregulierende Regelkreise bewirkt worden sein. Dies wird durch die Tatsache unterstützt, dass vor allem im Bereich der Lendenwirbelsäule Veränderungen aufgezeigt wurden. In diesem Bereich ist mehr aktive Muskulatur vorhanden als

im Brustwirbelsäulenbereich, die somit stärker auf posturale Veränderungen reagieren kann [20].

Die im Rahmen dieser Untersuchung festgestellte Vergrößerung der lumbalen Lordose durch eine spinale Manipulationsbehandlung im Bereich der thorakalen Wirbelsäule könnte eine klinische Relevanz haben. Eine Veränderung in der sagittalen Ebene der Wirbelsäule wird als ein Faktor in der Entwicklung verschiedener Störungen der Wirbelsäule angesehen [17]. Harrision et al. [16] sowie Adams et al. [1] beschrieben beispielsweise Veränderungen der Lordose der Lendenwirbelsäule bei Patienten mit akuten und chronischen Rückenschmerzen im Sinne einer vermehrten bzw. verringerten Lordose. Eine Beeinflussung der Lendenwirbelsäulenlordose durch eine thorakale Manipulation hätte somit einen positiven Nutzen für Personen mit lumbalen Beschwerden.

Fazit für die Praxis

Eine Manipulationsbehandlung („high velocity low amplitude“) im Bereich der Brustwirbelsäule hat einen Einfluss auf die sagittale Ausrichtung der Wirbelsäule. Ob dies durch eine segmentale oder eher zentrale Beeinflussung bewirkt wird, bleibt unklar. Interessant ist die Beobachtung, dass sich eine manualtherapeutische Behandlung im Bereich der Brustwirbelsäule auf die Lendenwirbelsäule auswirkt. Dies spricht für eine in der manuellen Medizin wichtige und häufig diskutierte Interdependenz verschiedener Körperregionen.

Korrespondenzadresse

Dr. T. Schmidt

Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin,
Universität Hamburg
Mollerstr. 10, 20148 Hamburg
tobias.schmidt@uni-hamburg.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist für sich und seine Koautoren auf folgende Beziehung hin: Die Universität Hamburg steht in vertraglichen Bindung mit der Firma Diers International GmbH.

Literatur

- Adams MA, Mannon AF, Dolan P (1999) Personal risk factors for first-time low back pain. *Spine* 24(23):2497–2505
- Beyer L (2009) Das tonische motorische System als Zielorgan manueller Behandlungstechniken. *Manuelle Med* 47(2):99–106
- Beyer L (2011) Stabilität und Instabilität der Wirbelsäule im Alter. *Manuelle Med* 49(6):418–420
- Bialosky JE, Bishop MD, Price DD et al (2009) The mechanisms of manual therapy in the treatment of musculoskeletal pain: a comprehensive model. *Man Ther* 14(5):531–538
- Bicalho E, Setti JA, Macagnan J et al (2010) Immediate effects of a high-velocity spine manipulation in paraspinal muscles activity of nonspecific chronic low-back pain subjects. *Man Ther* 15(5):469–475
- Campbell BD, Snodgrass SJ (2010) The effects of thoracic manipulation on posteroanterior spinal stiffness. *J Orthop Sports Phys Ther* 40(11):685–693
- Cibulka MT, Sinacore DR, Cromer GS, Delitto A (1998) Unilateral hip rotation range of motion asymmetry in patients with sacroiliac joint regional pain. *Spine* 23(9):1009–1015
- Cleland J, Selleck B, Stowell T et al (2004) Short-term effects of thoracic manipulation on lower trapezius muscle strength. *J Man Manip Ther* 12(2):82–90
- DeVocht JW, Pickar JG, Wilder DG (2005) Spinal manipulation alters electromyographic activity of paraspinal muscles: a descriptive study. *J Manipulative Physiol Ther* 28(7):465–471
- Dishman JD, Dougherty PE, Burke JR (2005) Evaluation of the effect of postural perturbation on motoneuronal activity following various methods of lumbar spinal manipulation. *Spine* J 5(6):650–659
- Dishman JD, Greco DS, Burke JR (2008) Motor-evoked potentials recorded from lumbar erector spinae muscles: a study of corticospinal excitability changes associated with spinal manipulation. *J Manipulative Physiol Ther* 31(4):258–270
- Drerup B, Hierholzer E (1994) Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. *Clin Biomech* 9(1):28–36
- Fernandez-de-las-Penas C, Palomeque-del-Cerro L, Rodriguez-Blanco C et al (2007) Changes in neck pain and active range of motion after a single thoracic spine manipulation in subjects presenting with mechanical neck pain: a case series. *J Manipulative Physiol Ther* 30(4):312–320
- Fukuyama S, Nakamura T, Ikeda T, Takagi K (1995) The effect of mechanical stress on hypertrophy of the lumbar ligamentum flavum. *J Spinal Disord* 8(2):126
- Gibbons P, Tehan P (2009) Manipulation of the spine, thorax and pelvis: an osteopathic perspective. *Chur-chill Livingstone, Edinburgh*

Tab. 3 Einzelwerte der Probanden der Kyphosewinkel (Kw) der Brustwirbelsäule und der Lordosewinkel (Lw) der Lendenwirbelsäule in habitueller (hab) und aufgerichteter (auf) Haltung vor (t0) und nach (t1) der Manipulationsbehandlung

ID	Kw (°) auf t0	Kw (°) auf t1	Lw (°) auf t0	Lw (°) auf t1	Kw (°) hab t0	Kw (°) hab t1	Lw (°) hab t0	Lw (°) hab t1
1	35,8	39,8	24,3	40,3	44,2	47,1	22,5	22,5
2	36,0	33,5	31,3	31,7	47,5	46,9	33,7	33,4
3	29,3	28,9	42,8	42,8	33,8	39,3	40,3	42,4
4	42,4	44,8	40,1	41,7	50,6	53,7	36,9	38,6
5	28,3	23,3	29,9	31,8	38,7	40,2	26,1	28,2
6	21,3	18,8	30,2	43,9	28,3	31,5	21,3	27,1
7	44,6	38,7	39,7	40,4	53,9	51,7	41,0	39,6
9	36,9	33,3	28,6	30,8	47,1	46,6	35,9	34,9
10	45,7	43,5	45,6	47,4	54,8	54,7	46,8	48,7
13	37,8	37,2	52,4	52,0	47,9	54,3	47,5	47,2
15	52,0	55,0	55,6	55,1	57,9	57,9	56,6	54,8
16	22,1	20,3	25,2	28,6	29,2	27,0	25,6	27,8
17	43,0	40,5	39,7	38,5	51,1	47,0	38,4	37,6
18	23,0	25,3	33,0	37,9	40,8	36,3	39,1	43,9
19	40,8	45,5	38,6	41,9	53,2	53,5	31,9	37,6
20	22,0	17,6	36,1	37,6	38,7	36,8	33,4	33,6
22	31,7	34,4	42,2	48,2	40,3	42,1	39,9	45,2
23	31,5	31,3	32,0	28,6	41,0	47,3	28,9	31,4
24	27,5	27,2	20,3	18,3	35,8	41,0	24,2	22,3
25	41,9	39,3	30,3	31,4	49,0	52,1	28,8	31,8
26	35,8	30,6	23,9	21,2	48,5	48,6	26,5	33,4
27	33,0	34,0	34,3	34,8	34,2	34,6	33,8	34,4
28	40,0	42,5	48,2	51,8	48,6	46,9	45,1	46,3
29	49,3	53,4	47,8	48,1	57,3	56,5	45,7	45,6
30	24,8	20,4	38,8	37,9	35,2	36,9	41,4	43,7
31	35,5	39,8	40,3	43,5	40,8	45,1	43,1	47,9
32	42,7	40,2	37,8	37,8	49,3	46,7	38,4	38,3
33	40,1	38,3	28,3	29,2	52,2	52,6	25,3	26,2
34	37,1	36,3	25,3	26,0	45,4	44,4	25,0	25,7
35	25,2	25,0	45,3	45,3	36,2	35,8	44,0	44,3
36	51,9	47,6	48,2	47,7	60,4	59,7	53,5	53,7
37	48,6	47,5	42,9	43,0	55,4	54,9	40,6	39,0
38	46,9	45,2	33,7	36,5	50,8	47,2	29,9	29,6
39	24,3	30,0	36,3	41,1	40,3	43,8	38,2	44,8
40	43,3	46,5	57,0	57,9	54,7	55,6	57,7	58,4
41	36,9	32,5	45,3	42,6	46,4	44,2	42,1	41,8
42	22,2	24,9	31,0	34,9	41,3	43,8	40,7	39,7
43	33,3	30,3	43,6	53,9	44,3	49,0	34,5	35,9
MW	35,9	35,3	37,5	39,5	45,4	46,1	37,0	38,3
SD	9,0	9,6	9,1	9,2	8,1	7,7	9,2	8,9
Max	52,0	55,0	57,0	57,9	60,4	59,7	57,7	58,4
Min	21,3	17,6	20,3	18,3	28,3	27,0	21,3	22,3

16. Harrison DD, Cailliet R, Janik TJ et al (1998) Elliptical modeling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. *J Spinal Disord* 11(5):430
17. Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD et al (2002) Changes in sagittal lumbar configuration with a new method of extension traction: nonrandomized clinical controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 83(11):1585–1591
18. Herzog W, Kats M, Symons B (2001) The effective forces transmitted by high-speed, low-amplitude thoracic manipulation. *Spine* 26(19):2105–2110
19. Herzog W, Scheele D, Conway PJ (1999) Electromyographic responses of back and limb muscles associated with spinal manipulative therapy. *Spine* 24(2):146–152
20. Klein P, Sommerfeld P (2007) Biomechanik der Wirbelsäule: Grundlagen, Becken und untere Extremität, Bd 1. Urban & Fischer, München
21. König E (1999) Was halten Sie von der „Haltung“? *Monatsschr Kinderheilkd* 147(4):369–372
22. Lehman GJ, McGill SM (1999) The influence of a chiropractic manipulation on lumbar kinematics and electromyography during simple and complex tasks: a case study. *J Manipulative Physiol Ther* 22(9):576–581
23. Moll H, Bischoff P, Graf M et al (2010) Die reversible hypomobile artikulare Dysfunktion – die Blockierung. *Manuelle Med* 48:1–9
24. Neuhuber W (2005) M. longissimus als Vermittler zwischen kraniozervikalem Übergang und Becken. *Manuelle Med* 43(6):395–399
25. Oda I, Cunningham BW, Buckley RA et al (1999) Does spinal kyphotic deformity influence the biomechanical characteristics of the adjacent motion segments? An in vivo animal model. *Spine* 24(20):2139
26. Paillard T, Bizid R, Dupui P (2007) Do sensorial manipulations affect subjects differently depending on their postural abilities? *Br J Sports Med* 41(7):435–438
27. Piper A (2005) Korrelation zwischen lumbalen Rückenschmerzen und dem M. gluteus maximus. *Man Ther* 9:65–74
28. Rohen JW, Lütjen-Drecoll E (2005) Funktionelle Anatomie des Menschen: Lehrbuch der makroskopischen Anatomie nach funktionellen Gesichtspunkten. Schattauer, Stuttgart
29. Ross JK, Berezneck DE, McGill SM (2004) Determining cavitation location during lumbar and thoracic spinal manipulation: is spinal manipulation accurate and specific? *Spine* 29(13):1452–1457
30. Sacher R, Alt B, Koch L et al (2011) Die Manipulation in funktionell ungestörten Regionen des Bewegungssystems. *Manuelle Med* 49(1):6–10
31. Schlegel JD, Smith JA, Schleusener RL (1996) Lumbar motion segment pathology adjacent to thoracolumbar, lumbar, and lumbosacral fusions. *Spine* 21(8):970
32. Schröder J, Stiller T, Mattes K (2011) Referenzdaten in der Wirbelsäulenformanalyse. *Manuelle Med* 49(3):161–166
33. Schröder J, Strübing K, Mattes K (2010) Rückenbeschwerden und Wirbelsäulenform. *Manuelle Med* 49(6):454–459
34. Steinberg EL, Luger E, Arbel R et al (2003) A comparative roentgenographic analysis of the lumbar spine in male army recruits with and without lower back pain. *Clin Radiol* 58(12):985–989
35. Wainner RS, Whitman JM, Cleland JA, Flynn TW (2007) Regional interdependence: a musculoskeletal examination model whose time has come. *J Orthop Sports Phys Ther* 37(11):658
36. Winter DA (1995) Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3(4):193–214