

Stefan Dalichau, Institut für Angewandte Prävention und Leistungsdiagnostik, Bremen
Klaus Scheele, Institut für Sportmedizin, Universität Bremen

Beeinflusst das sportmechanische Anforderungsprofil im Gewichtheben die thorakolumbale Wirbelsäulenform?

Zusammenfassung

Zielstellung: Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss des sportmechanischen Anforderungsprofils im Leistungsgewichtheben auf die thorakolumbale Wirbelsäulenform zu beurteilen.

Methodik: Dazu wurde die spinale Krümmung (C7-S2) von 29 männlichen aktiven Gewichthebern im Lebensalter von $27,5 \pm 2,8$ Jahren mit einem Trainingsalter von $10,3 \pm 3,5$ Jahren und von 1347 alters- und geschlechtsgleichen Nicht- und Freizeitsportlern mittels des nichtinvasiven ultraschallgestützten Taststiftverfahrens dreidimensional erfasst.

Ergebnisse: Im Vergleich zur Kontrollgruppe (KG) war bei den Gewichthebern in der sagittalen Projektion eine tendenzielle Zunahme von Brustkyphose und Inklination festzustellen. Die Messwerte zeigten sich in beiden Gruppen unbeeinflusst durch das Kriterium Armdominanz und in der Gewichthebergruppe unabhängig von den sportartspezifischen Gewichtsklassen. In der Frontal- und Transversalebene war auffällig, dass sich die Messwinkel bei den Athleten unabhängig von der Armdominanz deutlich dichter um die Nullposition des Achsen skeletts anordneten als in der KG. Trainingsalter und Trainingshäufigkeit wirkten sich nicht auf die thorakolumbale Wirbelsäulenform der Gewichtheber aus.

Folgerung: Nach Prüfung der sportartspezifischen mechanischen Belastungen und Berücksichtigung epidemiologischer Studien zur Inzidenz und Prävalenz spinaler Schäden im Gewichtheben sind die vorliegenden Ergebnisse als eine funktionelle Adaptation der Wirbelsäulenkrümmung an das sportartspezifische Anforderungsprofil zu interpretieren. Bei richtiger Technikausführung, sorgfältiger Trainingsdosierung und unter besonderer Beachtung sportmedizinischer Eingangs- und Verlaufskontrollen werden Sportschäden der Wirbelsäule vermieden und das Achsen skelett äußerst ausgeglichen und symmetrisch beansprucht.

Summary

Are there any influences of sports mechanic demands in weight lifting on the thoracolumbar curvature?

Objective. The aim of this study was to evaluate the influence of the sports mechanic straining profile in competitive weight lifting on the thoracolumbar spinal configuration.

Methods. For that reason the spinal curvature (C7-S2) of 29 male active weight lifters aged $27,5 \pm 2,8$ years with a sporting exposure of $10,3 \pm 3,5$ years and of 1347 age and gender matched non- and recreational sportsmen was recorded by means of the non-invasive ultrasonic-controlled contact rod.

Results. Compared to the control group there was a tendency to an increasing kyphosis and inclination in the sagittal projection for the weight lifters. In both groups data were not influenced by the dominant side of arms and in the group of athletes the results were independent of the weight divisions. In the frontal and transversal plane a conspicuously tighter distribution of the data evaluated around the spinal zero position than in the control group could be stated for the sports group independent of the dominant side of arms. Length of sporting exposure and frequency of training did not influence the thoracolumbar spinal curvature of the weight lifters.

Conclusions. After examining the sports-specific mechanic demands and taking account of the epidemiological investigations of incidence and prevalence of spinal injuries in weight lifting the results evaluated are to interpret as a functional adaptation of the spinal curvature to the weight lifting-specific straining profile. If one is using the right lifting technique and following a carefully measuring out of training as well as taking regular sports medicine controls into account sports injuries of the spinal column in weight lifting will be avoided and the mechanical loading will be balanced and symmetrical.

Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie» 49 (3), 119–123, 2001

Einführung

Ausprägung und Entwicklung der Wirbelsäulenform unterliegen in besonderem Masse den motorischen Anforderungsprofilen des Leistungssports. In der Literatur finden sich diesbezüglich Aussagen, die jedoch in der Regel nicht auf dem Einsatz objektiver nichtinvasiver Messmethoden zur Erfassung der Wirbelsäulenkontur beruhen. Vielmehr werden einerseits die subjektive Deskription und Beurteilung des spinalen Phänotypus im Rahmen klinischer sportmedizinischer Untersuchungen in ausgewählten Sportarten thematisiert, die auf einem qualitativen Vergleich zur traditionellen Klassifikation der Haltungstypen nach Staffel grün-

den und nur eine geringe Reliabilität und Aussagekraft besitzen. Andererseits fokussieren weitere Untersuchungen auf die radiologische Verifizierung degenerativer Wirbelsäulenveränderungen und behandeln die Ausprägung der Wirbelsäulenform ausschliesslich marginal.

Nur wenige Studien sind hingegen verfügbar, die losgelöst von der epidemiologischen Betrachtung der jeweiligen Sportart primär das Wirbelsäulenprofil mittels eines objektiven nichtinvasiven Messverfahrens erfassen, deren Messergebnisse jedoch aufgrund der Verwendung unterschiedlicher nicht kompatibler Messapparaturen nicht miteinander vergleichbar sind. So untersuchten Öhlén et al. [25] mittels des Kyphometers nach Debrunner sowie Tsai

und Wredmark [36] unter Zuhilfenahme der Inklinometrie die sagittale Wirbelsäulenkontur von insgesamt 99 aktiven und ehemaligen Kunstturnerinnen. Uetake und Ohtsuki [38] bestimmten die thorakolumbale Wirbelsäulenform in der Sagittalebene von 333 männlichen aktiven Sportlern im Lebensalter von 18 bis 40 Jahren aus 10 Disziplinen sowie von 47 alters- und geschlechts-gleichen Nichtsportlern mittels des optischen berührungslosen Messverfahrens der Moiré-Topographie. Da die Autoren in ihrer Ergebnisdarstellung keine numerischen Messwerte formulierten, können die Untersuchungsergebnisse nicht für einen Vergleich mit kommenden Studien herangezogen werden.

Aufgrund dieses Informationsdefizits zum Thema Wirbelsäulenform und Leistungssport war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, durch eine experimentelle Untersuchung zu überprüfen,

1. ob und inwieweit sich die Wirbelsäulenform durch sportmechanische Belastungsprofile verändert, wobei die Erfassung der Wirbelsäulenform mittels einer objektiven nichtinvasiven Messmethode erfolgen sollte,
2. ob sich etwaige auftretende Veränderungen des spinalen Profils auf die sportartspezifischen funktionell anatomischen und biomechanischen Belastungscharakteristika zurückführen lassen und
3. ob etwaige auftretende Veränderungen der Wirbelsäulenform eine Bedeutung für die Inzidenz und Prävalenz von Sportverletzungen und -schäden des Achsenskeletts besitzen.

In einer Querschnittsstudie wurde von 1995 bis 2000 die Wirbelsäulenform von insgesamt 693 Athleten aus neun Sportarten erfasst. An dieser Stelle wird über die Ergebnisse der in diesem Rahmen untersuchten Leistungsgewichtheber berichtet.

Methodik

Probanden

Insgesamt wurden 1376 männliche Probanden ohne akute Rückenschmerzen im Lebensalter von 20 bis 32 Jahren untersucht. Die Gesamtstichprobe bestand aus 29 aktiven Gewichthebern (27,5 ± 2,8 Jahre; 173,4 ± 6,1 cm; 82,2 ± 7,3 kg) mit einem Trainingsalter von 10,3 ± 3,5 Jahren sowie einer Trainingshäufigkeit von 4,6 ± 1,2 Einheiten und 10,4 ± 2,2 Stunden/Woche und aus 1347 Nicht- und Freizeitsportlern (Kontrollgruppe: 24,2 ± 4,1 Jahre; 179,6 ± 9,5 cm; 79,2 ± 8,6 kg). Anamnestisch gaben 53,8% der Gewichtheber an, temporär unter unspezifischen Rückenschmerzen zu leiden, und 46,2% hatten sich während ihrer aktiven Laufbahn bereits Verletzungen der Rumpfmuskulatur zugezogen. Radiologisch wurden keine strukturellen spinalen Veränderungen im Sinne eines Wirbelbogendefekts, einer juvenilen Osteochondrose oder degenerativer Veränderungen verifiziert. Demgegenüber klagten 56,2% der Kontrollpersonen über das gelegentliche Auftreten von unspezifischem Rückenschmerz. Nach persönlichen Angaben wurden bei 27,6% der Kontrollgruppe bereits ein Morbus Scheuermann, bei 8,2% eine Spondylolyse und bei 8,5% Assimilationsstörungen im lumbosakralen Übergang bildgebend diagnostiziert. Über Rumpfmuskelverletzungen wurde nicht berichtet.

Methode

Der Untersucher erfasste die Wirbelsäulenform des in aufrechter Körperhaltung verharrenden und auf einem Fussausrichter stehenden Probanden mittels des ultraschallgestützten Taststiftverfahrens (Fa. Zebri). Nach Markierung der acromii links/rechts sowie beider spinae iliaca posteriora superiores wurde die Dornfortsatzlinie vom 7. Halswirbel bis zum Beginn der rima ani (2. Sakralwirbel) mit dem Taststift aufgenommen. Die exakte akustische Laufzeitmessung der gesendeten Ultraschallimpulse (Taststift) zum Messaufnahme ermöglichte mittels Triangulation die Bestimmung des dreidimensionalen thorakolumbalen Wirbelsäulenprofils. Das Anlegen eines mit Ultraschallsendern bestückten Referenzmarkers kompensierte dabei auftretende physiologische

Somatooszillationen des Probanden. Je Testperson wurden drei Messungen durchgeführt und deren Ergebnisse anschließend gemittelt. Neben den Parametern Lendenlordose, Brustkyphose und Inklination in der Sagittalebene konnten die Kriterien laterale Inklination, Becken- und Schulter-Becken-Stand in der frontalen sowie Schulter-Becken-Rotation in der transversalen Projektion erfasst werden (Abb. 1).

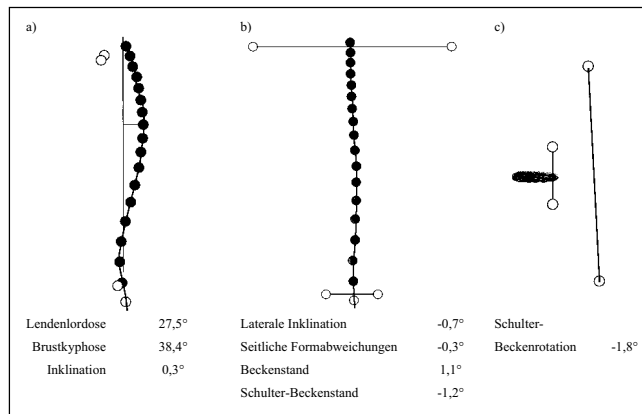


Abbildung 1: Erfasste Parameter zur Beschreibung der dreidimensionalen Wirbelsäulenform in der a) sagittalen, b) frontalen und c) transversalen Projektion am Beispiel eines Probanden; negative Messwerte = linke Körperseite, positive Messwerte = rechte Körperseite.

Untersuchungsergebnisse zur Prüfung der Untersucherkonkordanz und der Reproduzierbarkeit des verwendeten Messinstruments qualifizieren das ultraschallgestützte Taststiftverfahren für den Einsatz bei wissenschaftlichen Fragestellungen [29, 30].

Resultate

Bei Betrachtung der ermittelten Messwerte in der sagittalen Projektion (Tab. 1) waren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen nachzuweisen. Es liess sich lediglich eine tendenzielle Zunahme von Brustkyphose und Inklination bei den Gewichthebern feststellen. Die Messwerte zeigten sich in beiden Gruppen unbeeinflusst durch das Kriterium «Armdominanz» und in der Gewichthebergruppe unabhängig von den sportartspezifischen Gewichtsklassen. Hinsichtlich der Wirbelsäulenform in der Frontal- und Transversalebene (Tab. 2) war auffällig, dass sich die Messwinkel in allen erfassten Parametern in der Athletengruppe dichter um die Nullposition des Achsenskeletts anordneten und sich keine Auswirkungen der Armdomi-

	Kyphose	Lordose	Inklination
gesamt (KG: n = 1347)	37,4 [6,7]	27,6 [5,1]	2,3 [3,2]
links (n = 154)	37,2 [5,4]	28,2 [5,3]	1,9 [2,5]
rechts (n = 1193)	37,2 [4,5]	27,4 [4,3]	2,4 [2,6]
gesamt (GG: n = 29)	38,4 [6,1]	27,5 [5,9]	2,9 [4,2]
links (n = 5)	38,1 [5,3]	26,9 [5,6]	3 [3,2]
rechts (n = 24)	38,5 [4,3]	27,7 [5,1]	2,9 [4,1]
Gewichtsklassen			
bis 69 kg (n = 3)	38,2 [5,1]	27,6 [5,5]	2,7 [3,6]
bis 77 kg (n = 5)	39,1 [4,6]	28,1 [4,9]	2,4 [5,1]
bis 85 kg (n = 10)	38,5 [5,2]	27,4 [5,8]	3,2 [3,5]
bis 94 kg (n = 7)	38,1 [4,9]	27,4 [5,7]	2,8 [4,1]
bis 105 kg (n = 3)	37,9 [4,8]	26,8 [4,7]	2,3 [3,5]
über 105 kg (n = 1)	38 [0]	27,3 [0]	2,5 [0]

Tabelle 1: Ergebnisse der Parameter zur Beschreibung der sagittalen Wirbelsäulenform (in °) in der Kontroll- (KG) und der Gewichthebergruppe (GG) in Mittelwerten [SD] unter Berücksichtigung der Armdominanz und der sportartspezifischen Körpergewichtsklassen; *p < .05 kennzeichnet statistisch signifikante Unterschiede zu den Messwerten der Kontrollgruppe (n = 1347).

	LI	SFA	BST	SBST	SBR
gesamt (KG: n = 1347)	0,9 [3,5]	0,7 [3,9]	0,5 [3,4]	1,1 [3,2]	0,9 [4,2]
links (n = 154)	-1,8 [2,2]**	-2,1 [2,3]**	-1,9 [1,8]**	-1,8 [2,4]**	-2,7 [2,1]**
rechts (n = 1193)	2,2 [3,1]	2,4 [2,5]	2,3 [2,1]*	2,5 [1,9]	3,1 [1,7]*
gesamt (GG: n = 29)	0,2 [2,2]	0,2 [2,1]	-0,1 [2,4]	0,2 [2,5]	-0,2 [2,6]
links (n = 5)	0,1 [1,4]	0 [1,2]	-0,1 [1,1]	0,2 [0,6]	-0,3 [1,4]
rechts (n = 24)	0,2 [2,1]	0,3 [1,7]	-0,2 [1,9]	0,3 [1,5]	-0,1 [1,5]
Gewichtsklassen					
bis 69 kg (n = 3)	0,4 [1,9]	0,5 [1,6]	0,2 [2,1]	0,3 [2,4]	-0,3 [2,1]
bis 77 kg (n = 5)	0,1 [2,3]	0,2 [2,1]	-0,2 [2,3]	0,1 [2,1]	-0,3 [2,4]
bis 85 kg (n = 10)	0,2 [2,3]	0,2 [1,6]	-0,1 [2,2]	0,2 [2,3]	-0,1 [2,5]
bis 94 kg (n = 7)	0,5 [2,4]	-0,1 [2,1]	0,1 [1,7]	0,3 [2,3]	0,1 [2,2]
bis 105 kg (n = 3)	-0,1 [2,1]	0,6 [1,6]	0,3 [2]	-0,1 [1,6]	-0,2 [2,3]
über 105 kg (n = 1)	-0,4 [0]	-0,3 [0]	-0,4 [0]	0,2 [0]	0,5 [0]

Tabelle 2: Ergebnisse der Parameter zur Beschreibung der frontalen und transversalen Wirbelsäulenform (in °) in der Kontroll- (KG) und der Gewichthebergruppe (GG) in Mittelwerten [SD] unter Berücksichtigung der Armdominanz und der sportspezifischen Körpergewichtsklassen; negative Messwerte = linke Körperseite, positive Messwerte = rechte Körperseite; *p < .05, **p < .01 kennzeichnen statistisch signifikante Unterschiede zu den Messwerten der KG (n = 1347).

(LI = Laterale Inklination; SFA = Seitliche Formabweichungen; BST = Beckenstand; SBST = Schulter-Becken-Stand; SBR = Schulter-Becken-Rotation)

nanz – im Gegensatz zu den Kontrollpersonen – sowie der Gewichtsklassen auf die evaluierten Messwerte ergaben.

Die Differenzierung bezüglich anthropometrischer Daten wie Lebensalter, Körpergröße und -gewicht in der Gesamtstichprobe sowie die Unterscheidung der Parameter Trainingsalter und -häufigkeit bei den Leistungsgewichthebern erbrachten keine statistisch signifikanten oder tendenziellen Unterschiede, weshalb auf eine Darstellung der Messwerte an dieser Stelle verzichtet wird.

Diskussion

Insbesondere die ausgewogene und harmonische Verteilung der Messwerte zur Erfassung der Wirbelsäulenform in der Frontal- und Transversalebene deutet auf ein äusserst symmetrisches Einwirken der sportmechanischen Anforderungen auf die thorakolumbale Wirbelsäulenform.

Dabei sind die im Leistungsgewichtheben auftretenden hohen mechanischen Belastungen für das thorakolumbale Achsen skelett, insbesondere die Lendenwirbelsäule, durch die Manipulation schwerer Lasten unstrittig, was sich in Ergebnissen radiologischer Untersuchungen der Wirbelsäule von Gewichthebern in Form einer signifikant erhöhten Knochendichte der Lendenwirbelkörper bestätigt [7, 14, 15, 18, 24, 28, 37].

Das Auftreten der hohen mechanischen Belastungen für die Wirbelsäule führte die Sportart Gewichtheben wiederholt in den Verdacht, ein wesentlicher ätiologischer Faktor für die Inzidenz spinaler Sportschäden zu sein. So sprachen denn einige Autoren dem Gewichtheben speziell in der Überkopffphase der Scheibenhantel ein erhöhtes Risiko zur Ausbildung einer Spondylose zu [2, 10, 11, 32]. Rossi [27] ermittelte in diesem Zusammenhang bei der Untersuchung von 58 männlichen aktiven Leistungsgewichthebern im Lebensalter zwischen 20 und 27 Jahren einen Anteil an Wirbelbogendefekten von 36,2%. Die Gefahr der verstärkten Hyperlordose des lumbalen Wirbelsäulenabschnitts unter vehementer Krafteinwirkung des Lastgewichts wurde allerdings durch die Streichung des «Drückens» als Wettkampfübung entscheidend reduziert [13]. Das Drücken führte als reine Kraftübung häufig zu Ausweichbewegungen des Körpers und wurde aufgrund der konsekutiven Rückenbeschwerden aus dem Anforderungskatalog des Gewichthebens eliminiert [24].

Zur Auftretenshäufigkeit degenerativer Veränderungen und Erkrankungen der Wirbelsäule im Gewichtheben sind die Aussagen recht kontrovers. So wurden bei aktiven als auch bei ehemaligen

männlichen Athleten im Vergleich zu alters- und geschlechts-gleichen Kontrollpersonen deutlich vermehrt Anzeichen morphologischer Veränderungen in der thorakolumbalen Wirbelsäule nachgewiesen [1, 9, 35], während mehrere Arbeitsgruppen das Gewichtheben nicht mit einer erhöhten Inzidenz degenerativer spinaler Deviationen in Verbindung bringen, allerdings unter der Voraussetzung, dass

- sportmedizinische Kontrollen der Wirbelsäule vor Aufnahme und während der Ausübung des Leistungssports durchgeführt werden,
- das Erlernen einer optimalen Bewegungs- bzw. Hebetechnik gewährleistet ist und
- einem sorgfältigen und kontinuierlichen Trainingsaufbau unter besonderer Berücksichtigung der spinalen Protektion für den Athleten und speziell den heranwachsenden Sportler gefolgt wird [12, 20, 21, 24, 33].

Auch in den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung bezüglich angegebener Wirbelsäulenbeschwerden liessen sich bei den Gewichthebern keine Sportschäden feststellen, hingegen imponierte die hohe Auftretenshäufigkeit von Rückenschmerzen und Verletzungen der Rumpfmuskulatur in der Athletengruppe, die sich anhand von Literaturangaben bestätigt und für die Überlastungen – zu hohe Lastgewichte – sowie eine fehlerhafte Hebetechnik oftmals in der Überkopffphase beim Reissen und Ausstossen angeschuldigt werden [1–4, 8, 10, 17, 26, 31, 34].

Zur Reduzierung der Belastung für die im Blickpunkt funktionsmechanischer Beanspruchungen stehende thorakolumbale Wirbelsäule orientiert sich die Ausführung der Hebetechnik im Gewichtheben in Anlehnung an eine Literaturübersicht von Dalichau [5] an folgenden Einflussfaktoren (Abb. 2):

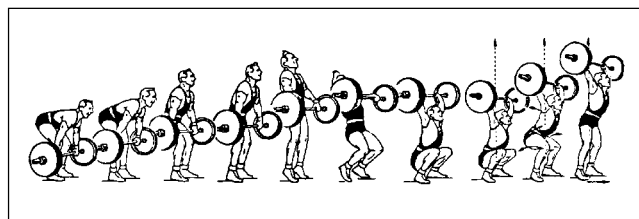


Abbildung 2: Bewegungsablauf des beidarmigen Reissens im Gewichtheben. Es ist die physiologische thorakolumbale Wirbelsäulenform zu beachten.

1. Bewegungen des Rumpfes und der Beine

- Erhaltung der physiologischen sagittalen Schwingungen der Wirbelsäule unter besonderer Beachtung der Lendenlordose
 - Verteilung der wirkenden Kräfte auf die gesamte Zwischenwirbelscheibe
 - Reduzierung der Kompression pro Flächeneinheit und Gewährleistung einer kongruenten Beanspruchung der Zwischenwirbelgelenke
 - Verminderung von Schub-, Scher- und Zugkräften

2. Lastabstand zum Körper

- Neigung des Oberkörpers bei in physiologischer Position muskulär fixierter Wirbelsäule nach ventral durch Hüftflexion
 - Verkürzung des Lastarms durch Verschiebung des Körperschwerpunkts über das Lastgewicht

3. Bewegungsgeschwindigkeit und -beschleunigung

- Optimale muskuläre Sicherung der Wirbelsäule in ihrer physiologischen Form in den für die drei Bewegungskomplexe Reissen, Umsetzen und Ausstossen notwendigen Phasen der Beschleunigung, der Umgruppierung der Arme und des aktiven Körpernebens sowie der Phase des Abbremsens, Fixierens und Aufstehens aus der Hocke/dem Ausfall [19]

Aufgrund ihres wirbelsäulenschonenden Charakters hat sich die Bewegungsausführung des Leistungsgewichthebens als Hebetechnik in den seit mehreren Jahren durchgeführten Rückenschulen für die Prävention und Rehabilitation von Wirbelsäulenerkrankungen fest etabliert [16, 23]. Dalichau et al. [6] konnten in Untersuchungen zur Wirksamkeit von berufsbezogenen Rückenschulen in der Sekundärprävention für Arbeitnehmer aus dem Baugewerbe denn auch nachweisen, dass eine Verbesserung der Hebetechnik vom «Heben aus vorgebeugtem Rücken mit gestreckten Beinen» hin zu der Bewegungsausführung im Gewichtheben statistisch signifikant mit einer Verringerung der Rückenschmerzintensität und einer Abnahme der Arbeitsunfähigkeit wegen Wirbelsäulenschmerzen korrelierte.

Neben Übungen zur Koordinationsschulung der Bewegungs- und Hebetechnik finden im Gewichtheben insbesondere Trainingsformen zur Entwicklung der Schnell- und Maximalkraft sowie zur Muskeldickenzunahme Anwendung, die mittels Trainingsinhalten bzw. -übungen mit freien Lastgewichten (Trainingsmittel: Lang- und Kurzhantel) den Körper unter Beachtung beider Körperhälften ausgeglichen und symmetrisch belasten. Ein spezieller Schwerpunkt des körperlichen Trainings liegt hierbei auf der Ausbildung einer kräftigen Rumpfmuskulatur [22].

Es ist daher nahe liegend, die Ausprägung der Wirbelsäulenform der untersuchten Leistungsgewichtheber als funktionelle Adaptation an die sportartspezifischen Anforderungen und mechanischen Belastungen zu interpretieren.

So ist abschliessend festzustellen, dass die Sportart Gewichtheben die Wirbelsäule in Training und Wettkampf bei richtiger Technikausführung, sorgfältiger Trainingsdosierung und unter besonderer Berücksichtigung sportmedizinischer Eingangs- und Verlaufskontrollen mit der damit verbundenen Notwendigkeit, angehende Gewichtheber bei Präsenz eines spinalen Vorschadens zu selektieren, äusserst ausgeglichen und symmetrisch belastet, was sich in den vorliegenden Ergebnissen zur Form des Achsenskeletts bestätigt.

Korrespondenzadresse:

Dr. rer. nat. Stefan Dalichau, Institut für Angewandte Prävention und Leistungsdiagnostik, BG Unfallbehandlungsstellen Ausser der Schleifmühle 55/61, D-28203 Bremen
Tel. 0049 421 33 55 029, Fax 0049 421 33 55 041
E-Mail: s.dalichau@ipl-bremen.de

Literaturverzeichnis

- 1 Aggrawal N.D., Knauer R., Kumar S., Mathur D.N.: A study of changes in the spine in weight lifters and other athletes. *Br. J. Sports Med.*, 13: 58–61, 1979.
- 2 Alexander M.J.L.: Biomechanical aspects of lumbar spine injuries in athletes: review. *Can. J. Appl. Sport Sci.*, 10: 1–20, 1985.
- 3 Beuker F., Gottschalk K., Schmidt H.G., Tolmitt U., Trepte H.: Sportartspezifische Verletzungen und Erkrankungen bei Gewichthebern. *Med. u. Sport*, 5: 133–135, 1966.
- 4 Brady T., Cahill B.R., Bodnar L.: Weighttraining-related injuries in the high school athlete. *Am. J. Sports Med.*, 10: 1–5, 1982.
- 5 Dalichau S.: Evaluation eines arbeitsplatzbezogenen Rückenschulmodells mittels dreidimensionaler Bewegungsanalyse durch Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen. Bremen, 1997.
- 6 Dalichau S., Scheele K., Perrey R.M., Elliehausen H.-J., Huebner J.: Ultraschallgestützte Haltungs- und Bewegungsanalyse der Lendenwirbelsäule zum Nachweis der Wirksamkeit einer Rückenschule. *Zbl. Arbeitsmed.*, 49: 148–156, 1999.
- 7 Dinc H., Savci G., Demirci A., Sadikoglu M.Y., Tuncel E., Yavuz H.: Quantitative computed tomography for measuring bone mineral density in athletes. *Calcif. Tissue Int.*, 58: 398–401, 1996.
- 8 Goertzen M., Schöppe K., Lange G., Schulitz K.-P.: Verletzungen und Überlastungsschäden beim Bodybuilding und Powerlifting. *Sportverl. Sportschad.*, 3: 32–36, 1989.
- 9 Granhed H., Morelli B.: Low back pain among retired wrestlers and heavyweight lifters. *Am. J. Sports Med.*, 16: 530–533, 1988.
- 10 Güssbacher A., Rompe G.: Die dynamische und statische Beanspruchung der Wirbelsäule und ihre möglichen Auswirkungen bei verschiedenen Sportarten. *Schweiz. Ztschr. Sportmed.*, 31: 119–124, 1983.
- 11 Harvey J., Tanner S.: Low back pain in young athletes. *Sports Med.*, 12: 394–406.
- 12 Jaroš M., Čech M.: Die Wirbelsäule bei Gewichthebern. *Beitr. Orthop.*, 12: 653–654, 1965.
- 13 Junghans H.: Die Wirbelsäule unter den Einflüssen des täglichen Lebens, der Freizeit, des Sportes. Hippokrates, Stuttgart, 1986.
- 14 Karlsson M.K., Johnell O., Obrant K.J.: Bone mineral density in weight lifters. *Calcif. Tissue Int.*, 52: 212–215, 1993.
- 15 Karlsson M.K., Johnell O., Obrant K.J.: Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters? *Calcif. Tissue Int.*, 57: 325–328, 1995.
- 16 Kempf H.-D.: Die Rückenschule. Rowohlt, Reinbek, 1994.
- 17 Klein W., Schulitz K.-P., Neumann C.: Orthopädische Probleme beim Bodybuilding. *Dtsch. Ztschr. Sportmed.*, 30: 297–308, 1979.
- 18 Layne J.E., Nelson M.E.: The effects of progressive resistance training on bone density: a review. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31: 25–30, 1999.
- 19 Lippmann J., Weide U., Klaiber V.: Technikleitbild Gewichtheben. FKS, Leipzig, 1986.
- 20 Münchow H., Alber H.: Wirbelsäulenebefunde bei jugendlichen Gewichthebern. *Med. u. Sport*, 9: 25–29, 1969.
- 21 Mundt D.J., Kelsey J.L., Golden A.L., Panjabi M.M., Pastides H., Berg A.T., Sklar J., Hosea T.: An epidemiologic study of sports and weight lifting as possible risk factors for herniated lumbar and cervical discs. *Am. J. Sports Med.*, 21: 854–860, 1993.
- 22 Murray A.: Krafttraining. Gewichtheben für Fitness und Leistungssport. Weinmann, 10. Aufl., Berlin, 1990.
- 23 Nentwig C.G., Krämer J., Ullrich C.-H. (Hrsg.): Die Rückenschule. Enke, 2. Aufl., Stuttgart, 1993.
- 24 Neugebauer H.: Sportschäden beim Gewichtheben. Österreich. J. Sportmed., 4: 5–13, 1974.
- 25 Öhlén G., Wredmark T., Spangfort E.: Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine*, 14: 847–850, 1989.
- 26 Rompe G., Krahl H.: Sportschäden und Sportverletzungen. I. Wirbelsäule und Becken. *Z. Orthop.*, 110: 100–107, 1972.
- 27 Rossi F.: Spondylosis, spondylolisthesis and sports. *Sports Med. Phys. Fit.*, 18: 317–340, 1978.
- 28 Sabo D., Bernd L., Pfeil J., Reiter A.: Bone quality in the lumbar spine in high-performance athletes. *Eur. Spine J.*, 5: 258–263, 1996.
- 29 Schreiber T.U., Anders C., Katterwe T.: Interraterreliabilität einer dreidimensionalen Konturmessung der Wirbelsäule. *Phys. Rehab. Kur. Med.*, 8: 1998, 160.
- 30 Smolenski U.C., Schwendler B., Loth D., Strobach H., Venbrocks R.: Funktionsdiagnostik der Skoliose – Ultraschalltopometrie versus kli-

- nische Funktionsuntersuchung. In: VDR (Hrsg.), 9. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium. Individualität und Reha-Prozess. Vom 13. bis 15. März 2000 in Würzburg. Frankfurt a.M. 2000, 267–269.
- 31 Stanish W.: Low back pain in the middle-aged athletes. *Am. J. Sports Med.*, 7: 367–369, 1979.
- 32 Stanitsky C.L.: Low back pain in young athletes. *Phys. Sportsmed.*, 10: 77–91, 1982.
- 33 Steinbrück K.: Sportmedizinische Probleme bei Gewichthebern. *Sportarzt u. Sportmed.*, 18: 289–292, 1977.
- 34 Steinbrück K., Krahl H.: Sportschäden und Sportverletzungen an der Wirbelsäule. *Dtsch. Ärzteblatt*, 75: 1139–1145, 1978.
- 35 Stiegler H., Urban M., Kristen K.H., Engel A.: Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in asymptomatic elite powerlifters and nonathletes – a comparative study. *Österreich. J. Sportmed.*, 29: 14, 1999.
- 36 Tsai L., Wredmark T.: Spinal posture, sagittal mobility, and ratings of back problems in former female elite gymnasts. *Spine*, 18: 872–875, 1993.
- 37 Tsuzuki S., Ikegami Y., Yabe K.: Effects of high-density resistance training on bone mineral density in young male powerlifters. *Calcif. Tissue Int.*, 63: 283–286, 1998.
- 38 Uetake T., Ohtsuki F.: Sagittal configuration of spinal curvature line in sportsmen using Moiré technique. *Okalimas Folia Anat. Jpn.*, 70: 91–104, 1993.