

S. Dalichau¹, K. Scheele²

Die thorakolumbale Wirbelsäulenform männlicher Leistungsvolleyballspieler

The thoracolumbar spinal curvature in male competitive volleyball players

1 Institut für Angewandte Prävention und Leistungsdiagnostik, BG Unfallbehandlungsstellen Bremen

2 Institut für Sportmedizin, Universität Bremen

Zusammenfassung

Um den Einfluss der sportmotorischen Anforderungen im Leistungsvolleyball auf die thorakolumbale Wirbelsäulenform zu beurteilen, wurde das spinale Profil (C7-S2) von 85 männlichen aktiven Volleyballspielern im Lebensalter von $24,4 \pm 4,9$ Jahren mit einer sportlichen Exposition von $12,5 \pm 3,2$ Jahren und von 1347 alters- und geschlechtsgleichen Nicht- und Freizeitsportlern mittels des nicht-invasiven ultraschallgestützten Taststiftverfahrens dreidimensional erfasst. Im Vergleich zur Kontrollgruppe (KG) zeigten die Athleten in der sagittalen Projektion eine signifikante Zunahme der Brustkyphose. In der Frontal- und Transversalebene induzierten die Parameter Schlagarmseite und Feldposition des Angreifers eine deutliche unilaterale Vergrößerung des Becken- und Schulter-Beckenstands sowie der Schulter-Beckenrotation. Hingegen manifestierte sich bei den untersuchten Zu- und Abwehrspielern eine signifikant dichtere Verteilung der Messwerte um die eingangs erhobene individuelle anatomische Nullposition der Wirbelsäule als in der KG. Nach Prüfung der sportartspezifischen mechanischen Belastungen scheinen insbesondere die Angriffsaktionen im Volleyballspiel die Wirbelsäulenform in spezifischer Weise zu beeinflussen. Auch wenn der Nachweis eines direkten Konnex zwischen der Wirbelsäulenform und den Sportschäden des Achsenskeletts im Volleyball nicht zu erbringen ist, sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sowie Angaben aus der Literatur unter dem Aspekt der Wirbelsäulenprotektion dennoch für die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung und Durchführung eines langfristigen und kontinuierlichen Trainingsaufbaus, der die Individualität des Athleten berücksichtigt und von regelmäßigen sportmedizinischen Kontrollen begleitet werden sollte.

Schlüsselwörter: Leistungsvolleyball, sportmotorische Anforderungen, thorakolumbale Wirbelsäulenform, Sportschäden

Einleitung

Ausprägung und Entwicklung der Wirbelsäulenform unterliegen in besonderem Maße den motorischen Belastungsprofilen des Leistungssports. In der Literatur finden sich diesbezüglich Aussagen, die jedoch in der Regel nicht auf dem Einsatz objektiver nicht-invasiver Messmethoden zur Erfassung der Wirbelsäulenkontur beruhen. Vielmehr werden einerseits die subjektive Deskription und Beurteilung des spinalen Phänotypus im Rahmen klinischer sportmedizinischer Untersu-

Summary

The aim of this study was to evaluate the influence of the motoric demands of competitive volleyball on the thoracolumbar spinal configuration. For that reason the spinal profile (C7S2) of 85 male active volleyball players aged 24.4 ± 4.9 years with a sporting exposure of 12.5 ± 3.2 years and of 1347 age and gender-matched non- and recreational sportsmen was recorded by means of the non-invasive ultrasonic-controlled contact rod. Compared to the control group, the angle of kyphosis of the athletes was significantly increased in the sagittal projection. In the frontal and transversal plane the parameters side of the hitting arm and the player position of the attacker induced a fundamental unilateral extension of the pelvic and the shoulder-pelvic tilt as well as shoulder-pelvic rotation. In contrast passing and defending player positions showed a significantly tighter distribution of the data around the individual anatomic spinal zero position than the controls. Particularly the sports-specific skills like as hitting and serving in competitive volleyball seem to influence the spinal configuration in a special way. Although there is no provable connection between the spinal profile and the prevalence of sports injuries, the results of this study as well as the literature indicate the necessity of careful planning and carrying out of long-term and continuous training development for protecting spinal structures. For that, the individuality of the athlete and regular sports medical controls should be taken into special account.

Key words: competitive volleyball, sports motoric demands, thoracolumbar spinal configuration, sports injuries

chungen in den Sportarten Radrennen (18), Gewichtheben (19), Tennis (3), Rudern (12), Schwimmen (27, 39) und Kunstturnen (5, 35) thematisiert, die auf einem qualitativen Vergleich zur traditionellen Klassifikation der Haltungstypen nach *Staffel* (32) gründen 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 (12, 20, 25).

Nur wenige Studien sind hingegen verfügbar, die losgelöst von der epidemiologischen Betrachtung der jeweiligen Sportart primär das Wirbelsäulenprofil mittels eines objektiven nicht-invasiven Messverfahrens erfassen, deren Messergebnisse jedoch aufgrund der Verwendung unterschiedlicher nicht kompatibler Messapparaturen nicht miteinander vergleichbar sind. So untersuchten *Öhlén et al.* (21) mittels des Kyphometers nach *Debrunner* sowie *Tsai u. Wredmark* (36) unter Zuhilfenahme der Inklinometrie die sagittale Wirbelsäulenkontur von insgesamt 99 aktiven und ehemaligen Kunstturnerinnen. *Uetake u. Ohtsuki* (37) 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 geschlechtsgleichen 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 - 2000 die Wirbelsäulenform von insgesamt 693 Athleten aus neun Sportarten erfasst. An dieser Stelle wird über die Ergebnisse der in diesem Rahmen untersuchten Leistungsvolleyballspieler berichtet.

Probanden und Methode

Probanden

Insgesamt wurden 1432 männliche Probanden ohne akute Rückenschmerzen im Lebensalter von 20 bis 32 Jahren untersucht. Die Gesamtstichprobe bestand aus 85 aktiven Leistungsvolleyballspielern (24,4 ± 4,9 Jahre; 183,4 ± 5,1 cm; 78,6 ± 5,7 kg) mit einem Trainingsalter von 12,5 ± 3,2 Jahren sowie einer Trainingshäufigkeit von 3,4 ± 0,4 Einheiten und 7,1 ± 1,1 Stunden/Woche, die in den letzten 5 Jahren keine weitere Sportart mehr als zweimal pro Woche betrieben und aus 1347 Nicht- und Freizeitsportlern (Kontrollgruppe: 24,2 ± 4,1 Jahre; 179,6 ± 9,5 cm; 79,2 ± 8,6 kg), die neben Schul- oder Betriebssport eine Sportart nicht häufiger als einmal wöchentlich ausübten.

Methode

Der Untersucher erfasste die Wirbelsäulenform des in aufrechter Körperhaltung verharrenden und auf einem Fußausrichter stehenden Probanden mittels des ultraschallgestützten Taststiftverfahrens (Fa. Zebris). Nach Markierung der acromii links/rechts sowie beider spinae iliacae posteriores superiores wurde die Dornfortsatzlinie von der Spitze des 7. Halswirbels bis zum Beginn der rima ani (2. Sakralwirbel) mit dem Taststift aufgenommen. Durch Bestimmung der Laufzeiten der Ultraschallimpulse vom Sender (Taststift) zum Messaufnehmer wurden nach Digitalisierung der gemessenen Signale die absoluten Raumkoordinaten (X-Y-Z - Koordinaten) der Markierungspunkte mittels Triangulation analysiert und das thorakolumbale Wirbelsäulenprofil dreidimensional erfasst. Das Anlegen eines mit Ultraschallsendern bestückten Referenzmarkers auf die rechte Gesäßhälfte des Probanden kompensierte dabei auftretende physiologische

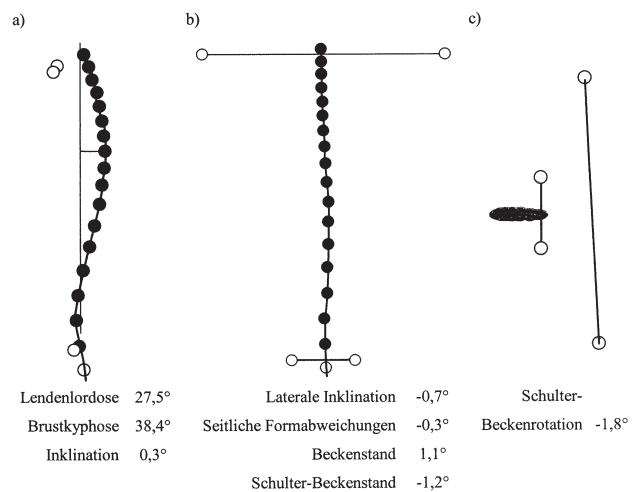


Abbildung 1: Erfasste Parameter zur Beschreibung der dreidimensionalen Wirbelsäulenform a) in der sagittalen, b) frontalen und c) transversalen Projektion am Beispiel eines Probanden; negative Messwerte = linke Körperseite, positive Messwerte = rechte Körperseite

Somatooszillationen. Durch die standardisierte Markierung der spinae iliacae posteriores superiores und des 7. Halswirbels wurde eine virtuelle Ebene aufgespannt. Eine weitere Ebene stand dazu senkrecht. Diese Ebenen bildeten die Projektionsflächen der berechneten Winkel entlang der durch das Messsystem automatisch geglätteten Dornfortsatzlinie. Anschließend wurde die erfasste Linie in 20 Teilstücke untergliedert, deren jeweilige Längen in Anlehnung an den Algorithmus nach *Seichert* (28, 30) den gemittelten unterschiedlichen anatomischen Abständen der Wirbelkörper zueinander in vivo entsprachen. Diese definierte relative Abstandseinteilung besaß Gültigkeit für die erfassten Parameter in der sagittalen und frontalen Projektion. Je Testperson wurden drei Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse anschließend gemittelt wurden. Neben den Parametern Lendenlordose, Brustkyphose und Inklination in der Sagittalebene konnten die Kriterien laterale Inklination, Becken- und Schulter-Beckenstand in der frontalen sowie Schulter-Beckenrotation in der transversalen Projektion erfasst werden (Abb. 1).

Tabelle 1: Ergebnisse der Parameter zur Beschreibung der sagittalen Wirbelsäulenform (in°) in der Kontroll- (KG) und der Volleyballgruppe (VG) in Mittelwerten \pm SD unter Berücksichtigung der (Schlag-) Armdominanz und Feldposition; * $p < .05$

	Kyphose	Lordose	Inklination
gesamt [KG:n=1347]	37,4 \pm 6,7	27,6 \pm 5,1	2,3 \pm 3,2
links [n=154]	38,1 \pm 5,4	28,2 \pm 5,3	1,9 \pm 2,5
rechts [n=1193]	37,2 \pm 4,5	27,4 \pm 4,3	2,4 \pm 2,6
gesamt [VG:n=85]	39,7 \pm 6,1*	27,7 \pm 5,6	2,6 \pm 3,4
Schlagarm			
links [n=11]	39,2 \pm 5,2	27,8 \pm 4,7	2,3 \pm 3,4
rechts [n=74]	39,9 \pm 5,8*	27,7 \pm 5,3	2,7 \pm 3,6
Feldposition			
Angreifer [n=38]	40,2 \pm 3,7*	27,6 \pm 5,1	2,8 \pm 3,8
Zuspieler [n=17]	39,4 \pm 3,2	27,5 \pm 4,1	2,3 \pm 4,3
Abwehrspieler [n=30]	39,1 \pm 4,1	27,9 \pm 4,3	2,5 \pm 3,1

Neben Studienergebnissen zur Prüfung der Untersucher-konkordanz und der Reproduzierbarkeit des verwendeten Messinstruments, die dem ultraschallgestützten Taststiftverfahren die Eignung für den Einsatz bei wissenschaftlichen Fragestellungen bestätigten (26, 3 1), erbrachten eigene umfangreiche Untersuchungen (9) einen akzeptablen mittleren Messfehler der evaluierten Parameter von 1,18° bis 1,44° für die Objektivität und von 1,44° bis 1,68° für die Reliabilität des verwendeten Messverfahrens.

Für die Prüfung der Unterschiede zwischen den Gruppen der Leistungsvolleyballspieler und der Freizeit-/Nichtsportler auf statistische Signifikanz wurde der T-Test für unabhängige Stichproben verwendet.

Ergebnisse

In der Sagittalebene zeigte sich im Vergleich zur Kontrollgruppe der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule in der Volleyballgruppe statistisch signifikant vergrößert. Lendenlor-

Tabelle 2: Einfluss der [Schlag-] Armdominanz und der Feldposition auf Parameter zur Beschreibung der Wirbelsäulenform in der Frontal- und Transversalebene (Mittelwerte \pm SD in °) in der Kontroll- (KG) und der Volleyballgruppe (VG); negative Messwerte markieren die linke, positive Winkelangaben die rechte Körperseite; * $p < .05$, ** $p < .01$ (LI=Laterale Inklination; BST=Beckenstand; SBST=Schulter-Beckenstand; SBR=Schulter-Beckenrotation)

	LI	BST	SBST	SBR
gesamt [KG:n=1347]	0,9 \pm 3,5	0,5 \pm 3,4	1,1 \pm 3,2	0,9 \pm 4,2
links [n=154]	-1,8 \pm 2,2**	-1,9 \pm 1,8**	-1,8 \pm 2,4**	-2,7 \pm 2,1**
rechts [n=1193]	2,2 \pm 3,1	2,3 \pm 2,1	2,5 \pm 1,9	3,1 \pm 1,7
gesamt [VG:n=85]	1,6 \pm 5,1	-0,3 \pm 3,9	2,1 \pm 5,8	2,7 \pm 6,4
Schlagarm				
links [n=11]	-2,1 \pm 2,9**	1,6 \pm 2,1*	-2,6 \pm 3,4**	-3,1 \pm 3,6**
rechts [n=74]	2,1 \pm 3,4	-1,1 \pm 3,2	2,8 \pm 3,1	3,5 \pm 3,8
Feldposition				
Angreifer [n=38]	2,3 \pm 2,9	-1,4 \pm 1,9	2,4 \pm 3,2	3,1 \pm 3,2
links [n=5]	-2,4 \pm 2,6**	1,8 \pm 1,9*	-2,8 \pm 2,1**	-3,3 \pm 1,7**
rechts [n=33]	2,8 \pm 2,7*	-1,6 \pm 1,6	2,7 \pm 3,1	3,5 \pm 2,2
Zuspieler [n=17]	0,9 \pm 3,6	0,2 \pm 3,4	1,3 \pm 2,6	1,9 \pm 2,7
links [n=3]	-0,7 \pm 2,4*	1,1 \pm 2,2	-1,4 \pm 2,9**	-1,8 \pm 2,2**
rechts [n=14]	1,3 \pm 2,6	-0,4 \pm 2,1	1,8 \pm 1,6	3,0 \pm 2,6
Abwehrspieler [n=30]	1,4 \pm 3,4	-0,1 \pm 2,7	1,6 \pm 2,5	2,2 \pm 2,9
links [n=3]	-0,9 \pm 1,9*	1,3 \pm 2,3	-1,9 \pm 2,1**	-1,9 \pm 1,9**
rechts [n=27]	1,7 \pm 2,5	-0,6 \pm 1,9	1,8 \pm 1,8	2,9 \pm 2,1

dose und Inklinationswinkel waren hingegen im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht verändert. Die Kriterien Armdominanz und Feldposition blieben ohne Einfluss auf die evaluierten Messwerte (Tab. 1).

Gemessen an den Mittelwerten der Nicht- und Freizeitsportler war bezüglich der Parameter zur Beschreibung der Wirbelsäulenform in der frontalen und transversalen Projektion in der Volleyballgruppe (VG) eine deutliche Verschiebung zur rechten Körperseite (positive Messwerte) zu erkennen. Die Messwerte des Kriteriums Beckenstand hingegen tendierten nach links (Tab. 2). Da der Anteil der Links- (Kontrollgruppe [KG]: 11,4 %; VG: 12,9 %) und Rechtshändigkeit (KG: 88,6 %; VG: 87,1 %) in beiden Gruppen als homogen zu bezeichnen war, wurde innerhalb der Leistungsvolleyballspieler nach Schlagarmdominanz und Feldposition differenziert (Tab. 2). Die statistisch hochsignifikanten Unterschiede bezüglich der Schlagarmdominanz wurden dabei wesentlich beeinflusst durch die Feldpositionen. Angreifer wiesen die mit deutlichem Abstand höchsten durchschnittlichen Messwinkel auf, während sich bei Zu- und Abwehrspielern ein signifikantes Abfallen der Messwerte unter das Niveau der Kontrollgruppe manifestierte.

Eine Differenzierung innerhalb der untersuchten Gruppen nach Lebensalter, Körpergröße und -gewicht sowie eine Unterscheidung in der Volleyballgruppe nach Trainingsalter und Häufigkeit erbrachte weder tendenzielle noch statistisch auffällige Messwertunterschiede in den drei Raumebenen.

Diskussion

Die Prüfung der Verbindung der Untersuchungsergebnisse mit den motorischen Belastungsformen im Volleyballspiel macht die Betrachtung der geforderten ballbezogenen Bewegungsabläufe erforderlich. In Orientierung an Blume (6), Dubotzky u. Leistner (10) und Papageoriou u. Spitzley (22) lassen sich als Spielaktionen und -elemente die Abwehraktionen (Aufnahme- [unteres Zuspiel], Abwehrbagger [ein- u. beidarmig, Hechtbagger] und Blocksprung [Einer-, Zweier-, Dreierblock]), die Angriffsaufbauaktionen (Oberes Zuspiel [Pritschen] nach vorn, über Kopf, der Kurzpässe, im Abrollen) und die Angriffsaktionen (Aufgabe [obere, untere Frontalaufgabe], Angriffsschlag, Drive) differenzieren.

Während sowohl die Abwehr- als auch die Angriffsaufbauaktionen mit Ausnahme des einarmigen Abwehrbagger den Körper überwiegend symmetrisch beanspruchen, induzieren die Angriffsaktionen durch die Einbindung des Schlagarms speziell für Oberkörper, Wirbelsäule und Rumpf einseitige Belastungsformen.

So ermittelten Calbet et al. (8) bei 15 männlichen Leistungsvolleyballern im Vergleich zum nicht-dominanten Arm eine signifikant erhöhte Knochendichte für den Oberarmknochen des Schlagarms. Hingegen zeigten 15 alters- und geschlechtsgleiche Kontrollpersonen keine

Links/Rechts-Unterschiede hinsichtlich der Untersuchung des Humerus. Auch *Alfredson et al.* (1) eruierten bei 13 weiblichen Volleyballspielern der höchsten schwedischen Spielklasse im Seitenvergleich eine signifikant höhere Knochen-dichte im Oberarmknochen der Schlagarmseite.

Zudem äußert sich die asymmetrische mechanische Belastung im Volleyball für den Schlagarm sowohl in pathophysiologischen Reaktionen des Glenohumeralgelenks (7, 17, 34, 38) als auch als Kompressionsneuropathie des n. suprascapularis (11, 13).

Auch die Wirbelsäule ist den asymmetrischen mechanischen Belastungen während der oberen Frontalaufgabe und dem Angriffsschlag ausgesetzt. Zur Realisierung einer maximalen Ballgeschwindigkeit befindet sich das Achsen skelett am Ende der Ausholbewegung analog dem Tennisaufschlag in einer starken Bogenspannung mit kombinierter Verwringung zwischen Oberkörper und Becken, was sich als Hyperextension der Lendenwirbelsäule sowie Lateralflexion und Rotation des Achsen skeletts zur Schlagarmseite manifestiert. In der Durchschwungphase des Schlagarms folgt der Schultergürtel der Bewegungsrichtung des dominanten Arms nach ventral-kaudal, und aus der Bogenspannung des Achsenorgans entwickelt sich eine deutliche Zunahme der Brustkyphosierung.

Durch die im modernen Hochleistungsvolleyball notwendige Spezialisierung der Spieler auf einzelne Feldpositionen (29) führt ein Angriffsspieler pro Jahr in Training und Wettkampf ca. 40.000 Angriffsschläge aus (17), was die in der vorliegenden Studie ermittelten Veränderungen der Wirbelsäulenform in der untersuchten Volleyballstichprobe und insbesondere die signifikant erhöhten Deviationen in der Gruppe der Angriffsspieler erklären kann. Unterstützt werden die vorliegenden Befunde durch Aussagen aus der Literatur (10, 17), wonach Schultertiefstände zur Schlagarmseite und skoliotische Haltungen bei Volleyballspielern ebenfalls auf die sportmechanischen Beanspruchungen zurückgeführt werden.

Die Relevanz der nachgewiesenen Formveränderungen der Wirbelsäule im Kontext der Inzidenz und Prävalenz von Sportverletzungen und -schäden des Achsen skeletts im Leistungsvolleyball ist aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse epidemiologischer Studien nicht klar einzuschätzen. So variieren die Häufigkeitsangaben von Wirbelsäulenverletzungen, die als Muskel- und Kapsel-Band Läsionen imponieren hinsichtlich ihres Anteils an der Gesamtzahl ermittelter Verletzungen von 0 - 3,3 % bei *Gangitano et al.* (14), *Hell u. Schönle* (15), *Kröger et al.* (16) und *Prokop* (23) sowie von 11 - 14,2 % bei *Bahr u. Bahr* (2) und *Schafle et al.* (24).

Während der Wirbelbogendefekt, die Adoleszentenkyphose und die skoliotische Haltung als sportbedingte Wirbelsäulenschäden nicht mit dem Leistungsvolleyball in Verbindung gebracht werden, konnten *Bartolozzi et al.* (4) bei 45 aktiven Leistungsvolleyballern im Lebensalter von 17 bis 26 Jahren mittels Magnetresonanztomographie eine Prävalenz an degenerativen Veränderungen der Zwischenwirbelscheiben von 44,4 % nachweisen, während die Rate in der altersgleichen Kontrollgruppe nur 20 % betrug. Die jüngeren

Volleyballer [17 - 19 Lebensjahre] waren weniger häufig betroffen [38,5 %] als die älteren [23 -26 Lebensjahren] mit 56,2 %. Auffällig war, dass die Volleyballspieler [n = 26], die im Rahmen ihres Trainings wiederholt hohen mechanischen Belastungen im Sinne von Überbeanspruchungen der Wirbelsäule ausgesetzt waren, mit 61,5 % hochsignifikant häufiger bandscheibenbezogene strukturelle Veränderungen zeigten als Spieler [n = 19], die einem kontinuierlichen Trainingsaufbau folgten und begleitende Maßnahmen wie regelmäßige Dehnungsübungen, umfangsbetonte Aufwärmarbeit und Regenerationsinhalte in ihren Trainingsprozess integrierten. Die Ergebnisse von *Bartolozzi et al.* lassen vermuten, dass neben der Feldposition, dem Trainingsalter speziell die Intensität der im Training vom Übungsleiter applizierten mechanischen Belastungsformen das Profil sowie den Grad degenerativer spinaler Veränderungen determinieren.

Es lässt sich abschließend konstatieren, dass insbesondere das mechanische Anforderungsprofil der Angriffsaktionen im Volleyballspiel die Wirbelsäulenform in spezifischer Weise wesentlich zu beeinflussen vermag. Auch wenn der Nachweis des direkten Konnex zwischen der Wirbelsäulenform und den Sportschäden des Achsen skeletts im Volleyball nicht zu erbringen ist, sprechen die Ausführungen unter dem Aspekt der Wirbelsäulenprotektion dennoch für die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung und Durchführung eines langfristigen und kontinuierlichen Trainingsaufbaus, der im besonderen Maße die Individualität des Athleten berücksichtigen und von regelmäßigen sportmedizinischen Kontrollen begleitet werden sollte.

Literatur

1. *Alfredson H, Nordström P, Lorentzon R*: Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and nonactive females. *Calcif Tissue Int* 60 (1997) 338-342.
2. *Bahr R, Bahr IA*: Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scand J Med Sci Sports* 7 (1997) 166-171.
3. *Banzer W, Stefanicki E*: Asymmetries of locomotor systems in junior tennis players. *Österr J Sportmed* 29 (1999) 17-18.
4. *Bartolozzi C, Caramella D, Zampa V, Dal Pozzo G, Tinacci E, Calducci F*: The incidence of disk changes in volleyball players. The magnetic resonance findings. *Radiol Med (Torino)* 82 (1991) 757-760.
5. *Biener K*: Sportmedizin, Band 2. Habegger, Augsburg, 1983.
6. *Blume G*: Volleyball. Training Technik Taktik. Rowohlt, Reinbek, 1999.
7. *Briner WW Jr, Kacmar L*: Common injuries in volleyball. Mechanisms of injury, prevention and rehabilitation. *Sports Med* 24 (1997) 65-71.
8. *Calbet JA, Diaz Herrera P, Rodriguez LP*: High bone mineral density in male elite professional volleyball players. *Osteoporos Int* 10 (1999) 468-474.
9. *Dalichau S*: Der Einfluss sportmechanischer Belastungsprofile auf das thorakolumbale Wirbelsäulenprofil. *Afra, Butzbach-Griedel*, 2001.
10. *Dübotzky V, Leistner M*: Volleyball, in: Ballreich R, Kuhlow-Ballreich A (Hrsg.): Biomechanik der Sportarten, Bd.3 Biomechanik der Sportspiele, Teil 11: Mannschaftsspiele. Enke, Stuttgart, 1992, 72-119.
11. *Eggert S, Holzgraefe M*: Die Kompressionsneuropathie des Nervus suprascapularis bei Hochleistungsvolleyballern. *Sportverl Sportschad* 7 (1993) 136-142.
12. *Endler M, Haber P, Hofner W*: Wirbelsäulenveränderungen und ihre Mechanopathologie bei Leistungsruderern. *Z Orthop* 118 (1980) 91-100.
13. *Ferretti A, Cerullo G, Russo G*: Suprascapular neuropathy in volleyball players. *J Bone Joint Surg Am* 69 (1987) 260-263.
14. *Gangitano R, Pulvirenti A, Adrito S*: Lesioni traumatiche da pallavolo: rilievi clinicostatistici. *Ital J Sports-Traumatol* 3 (1981) 31-44.

15. *Hell H, Schönle C*: Ursachen und Prophylaxe typischer Volleyballverletzungen. *Z Orthop* 123 (1985) 172-175.
16. *Kröger C, Dürrwächter H, Wolff R*: Verletzungen und Überlastungsschäden im Volleyball. *Deutsche Volleyball Z* 11 (1981) 57-58, 69-71.
17. *Kugler A, Krüger-Franke A, Reiningger S, Rosemeyer B*: Der chronische Schulterschmerz des Volleyballangriffsspielers. *Sportverl Sportschad* 8 (1994) 160-165.
18. *Neugebauer H*: Radsport und Rundrücken. *Sportärztl Praxis* 4 (1961) 110-117.
19. *Neugebauer H*: Sportschäden beim Gewichtheben. *österreich J Sportmed* 4 (1974) 5-13.
20. *Neusel E, Arza D, Rompe G, Steinbrück K*: Röntgenologische Langzeitbeobachtungen bei Speerwerfern der Spitzenklasse. *Sportverl Sportschad* 2 (1987) 76-80.
21. *Öhlén G, Wredmark T, Spangfort E*: Spinal sagittal configuration and mobility related to low-back pain in the female gymnast. *Spine* 14 (1989) 847-850.
22. *Papageorgiou A, Spitzley W*: Volleyball. Vom Mini-Volleyballspieler zum Universalisten. *Praxis Sport*, Bd.8/9. Bartels und Wernitz: Berlin, 1984.
23. *Prokop L*: Verletzungen und Schäden beim Volleyballspiel. *Österr J Sportmed* 11 (1981) 7-9.
24. *Schafle MD, Requa RK, Patton WL, Garrick JG*: Injuries in the 1987 national amateur volleyball tournament. *Am J Sports Med* 18 (1990) 624-631.
25. *Schmitt H, Hansmann J, Brocai DRC, Loew M*: Spätschäden am Bewegungsapparat nach Hochleistungssport am Beispiel der Speerwerfer. *Dtsch Z Sportmed* 49 (1998) 295-299.
26. *Schreiber TU, Anders C, Katterwe T*: Interraterreliabilität einer dreidimensionalen Konturmessung der Wirbelsäule. *Phys Rehab Kur Med* 8 (1998) 160.
27. *Schulte A*: Orthopädische Krankheitsbilder im Schwimmsport - Endogene und exogene Ursachen. Göttingen, 1991.
28. *Schulz S*: Messung von Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule: Validierung der „Rückenmaus“ durch Röntgen-Funktionsaufnahmen. *Landshut*, 1999.
29. *Schutz LK*: Volleyball. *Phys Med Rehab Clin North Am* 10 (1999) 19-35.
30. *Seichert N, Baumann M, Senn E, Zuckriegel H*: Die Rückenmaus - ein analog-digitales Messgerät zur Erfassung der sagittalen Rückenkontur. *Phys Rehab Kur Med* 4 (1994) 35-43.
31. *Smolenski UC, Schwendler B, Loth D, Strobach, Venbrocks R*: Funktionsdiagnostik der Skoliose -Ultraschalltopometrie versus klinische Funktionsuntersuchung, in: *Verband Deutscher Rentenversicherer (Hrsg.): 9. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium. Individualität und Reha-Prozess. Vom 13. bis 15. März 2000 in Würzburg. VDR, Frankfurt a.M., 2000, 267-269.*
32. *Staffel F*: Die menschlichen Haltungstypen und ihre Beziehungen zu den Rückgratverkrümmungen. Bergmann, Wiesbaden, 1889.
33. *Takasaki H*: Moiré topography. *Appl Optics* 9 (1970) 1467-1472.
34. *Talski D*: Volleyball, in: *Pförringer W, Rosemeyer H-W (Hrsg.): Trauma und Belastung. Perimed, Erlangen, 1985, 284-290.*
35. *Tilscher H*: Klinische Befunde der Wirbelsäule von Kunstturnerinnen, in: *Schwerdtner HP (Hrsg.): Kunstturnen. Sport und Sportmedizin. Perimed, Erlangen, 1985, 194-201.*
36. *Tsai L, Wredmark T*: Spinal posture, sagittal mobility, and subjective rating of back problems in former female elite gymnasts. *Spine* 18 (1993) 872-875.
37. *Uetake T, Ohtsuki F*: Sagittal configuration of spinal curvature line in sportsmen using Moiré technique. *Okajimas Folia Anat Jpn.* 70 (1993) 91-104.
38. *Wang HK, MacFarlane A, Cochrane T*: Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. *Br J Sports Med* 34 (2000) 39-43.
39. *Wiebke D, Hawe W, Bernett P*: Wirbelsäulenbefunde bei jugendlichen Schwimmern im Leistungssport. *Prakt Sport-Traumat Sportmed* 4 (1992) 130-139.

Korrespondenzadresse:

Priv. Doz. Dr. rer. nat. Stefan Dalichau
Institut für Angewandte Prävention u. Leistungsdiagnostik
BG Unfallbehandlungsstellen
Außer der Schleifmühle 55/61
28203 Bremen
e-mail: s.dalichau@ipl-bremen.de