

S. Dalichau<sup>1</sup>, K. Scheele<sup>2</sup>

## Die Winkelreproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule männlicher Turner, Tennis- und Hockeyspieler

*Joint position sense of the lumbar spine in competitive male gymnasts, tennis and hockey players*

<sup>1</sup> Institut für angewandte Prävention u. Leistungsdiagnostik,  
BG Unfallbehandlungsstellen Bremen (Chefarzt: Dr. med. J. Huebner)

<sup>2</sup> Universität Bremen, Institut für Sportmedizin (Leitung: Prof. Dr. med. K. Scheele)

### Zusammenfassung

Zur Beurteilung des Einflusses der Parameter Rückenschmerz und Sport auf das sensomotorische System der Lendenwirbelsäule wurden 128 männliche Probanden im Alter von 16-33 Jahren mit und ohne Rückenschmerzen untersucht. 28 Hockeyspieler, 25 Turner, 41 Tennisspieler und 34 Nichtsportler führten in einer Querschnittsstudie mittels der ultraschallgestützten Goniometrie Winkelreproduktionstests bei 10° Extension und 15°, 30° Flexion im Vier-Punkt-Kniestand sowie bei 10° Extension und 15°, 30°, 45° Flexion der Lendenwirbelsäule im Zweibeinstand ohne visuelle Kontrolle durch. Die Genauigkeit des Positionssinnes zeigte sich im Zweibeinstand stärker als im Vier-Punkt-Kniestand ( $p < 0.01$ ), was auf einen verstärkten Einsatz additiver Kontrollmechanismen zum Erhalt der aufrechten Körperhaltung hinweist. Weiterhin ließ sich bei den rückengesunden Testpersonen eine exaktere Winkelreproduktionsfähigkeit in den endgradigen als in den mittleren Winkelstellungen feststellen ( $p < 0.05$ ), was eine stärkere Aktivierung der Mechanorezeptoren vermuten läßt. Der Parameter Rückenschmerz führte infolge eines verstärkten Einsatzes nozizeptiver Reflexe zu einem signifikanten Unterschreiten der endgradigen Winkelpositionen ( $p < 0.01$ ). Während der Tennissport die Propriozeption nicht beeinflusste, zeigten sich sowohl bei den Hockeyspielern als auch bei den Turnern signifikante unterschiedliche Abweichungen von den vorgegebenen Winkelpositionen ( $p < 0.01$ ). Zu diskutieren ist eine sportartspezifische Modifikation der Tiefensensibilität der Lendenwirbelsäule. Ein genereller Einfluss des Sports auf die Propriozeption läßt sich hingegen nicht nachweisen.

**Schlüsselwörter:** Winkelreproduktion - Gelenkstellungssinn - Lendenwirbelsäule - Leistungssport

### Einleitung

Die Güte der Propriozeption der Gelenke determiniert die Qualität der koordinativen Kontrolle des Haltungs- und Bewegungsapparates und somit die körperliche Leistungsfähigkeit im Alltag und im Sport. Des weiteren dienen die kinästhetischen Rezeptoren in Muskelsehnengewebe, Kapsel und Bandsystem der Verletzungs- und der durch frühzeitige Degeneration induzierten Erkrankung prophylaxe. Neben

### Summary

To evaluate the influence of sports and low back pain on the sensorimotor system of the male lumbar spine, 28 hockey players, 25 gymnasts, 41 tennis players and 34 non-athletes aged 16 to 33 years had to reproduce different defined joint positions in extension and flexion of the lumbar spine both in four-point kneeling and standing when blindfolded. The accuracy of position sense was significantly greater in standing than in four-point kneeling ( $p < 0.01$ ), which indicated an intensified use of further mechanisms of control for maintaining the erect position. Furthermore there was a tendency for extreme joint positions to be reproduced more exactly compared to the medium positions ( $p < 0.05$ ). As a result of an increased nociception in subjects with low back pain the reproduction angles in the extreme positions were significantly less than intended ( $p < 0.01$ ). Competitive tennis did not influence the proprioception of the lumbar spine. However, there were appreciably different deviations from the defined joint positions both in gymnasts and in hockey players ( $p < 0.01$ ). The specific requirement profiles of gymnastics and hockey seemed to be responsible for the modification of the depth sensitivity of the lumbar spine.

**Key words:** reproduction of joint position - joint position sense - lumbar spine - competitive sports

dem Kraft- und dem Bewegungssinn wurde zur Beurteilung propriozeptiver Fähigkeiten in der Vergangenheit überwiegend die Überprüfung des Positionssinnes durchgeführt. Dazu hatten die Probanden einen vom Untersucher zuvor festgelegten Winkel mit dem getesteten Gelenk zu reproduzieren. Dabei wurden in den meisten Studien die Gelenke der unteren Extremitäten wie Fuß- (5,14,16,22,24,27), Knie- (1-4,17,23,26,28,32) und Hüftgelenk (15) sowie der oberen Extremitäten wie Hand- (12), Ellbogen- (10,21,39,44) und

Schultergelenk (6,9,20) untersucht. Nur wenige Arbeiten thematisierten die Propriozeption der Wirbelsäule respektive der Lendenwirbelsäule (LWS). So testeten *Packhurst und Burnett* (31) die Fähigkeit der dreidimensionalen Winkelreproduktion der LWS von 88 männlichen Feuerwehrleuten. *Gill und Callaghan* (13) überprüften den Positionssinn der LWS in der sagittalen Ebene von 40 weiblichen und männlichen Probanden in aufrechter Haltung und im Kniestand.

Während die aufgeführten Studien neben der Erfassung der physiologischen Winkelreproduktion an gesunden Gelenken zur Erstellung von Referenzwerten insbesondere den Einfluss von degenerativen Erkrankungen, künstlichem Gelenkersatz, Bandplastiken sowie von Stabilisierungshilfen auf die propriozeptive Funktion evaluierten, sind die Auswirkungen des Leistungssports bisher nur vereinzelt analysiert worden. Einerseits untersuchten *Barrett et al.* (1) den Einfluss des Ballettanzens auf die Winkelreproduktionsfähigkeit des Kniegelenkes an 12 Leistungstänzern und 12 altersgleichen Nichtsportlern. Andererseits wurde von *Jerosch et al.* (21) die Propriozeption des Ellbogengelenkes bei 17 weiblichen Leistungstischtennispielern und 23 Nichtsportlerinnen untersucht.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Beurteilung des Positionssinnes der Lendenwirbelsäule von männlichen Leistungshockeyspielern, Turnern und Tennisspielern sowie einer alters- und geschlechtsgleichen Gruppe von Nichtsportlern mittels objektiver Quantifizierung der Winkelreproduktionsfähigkeit. In allen Gruppen befanden sich sowohl

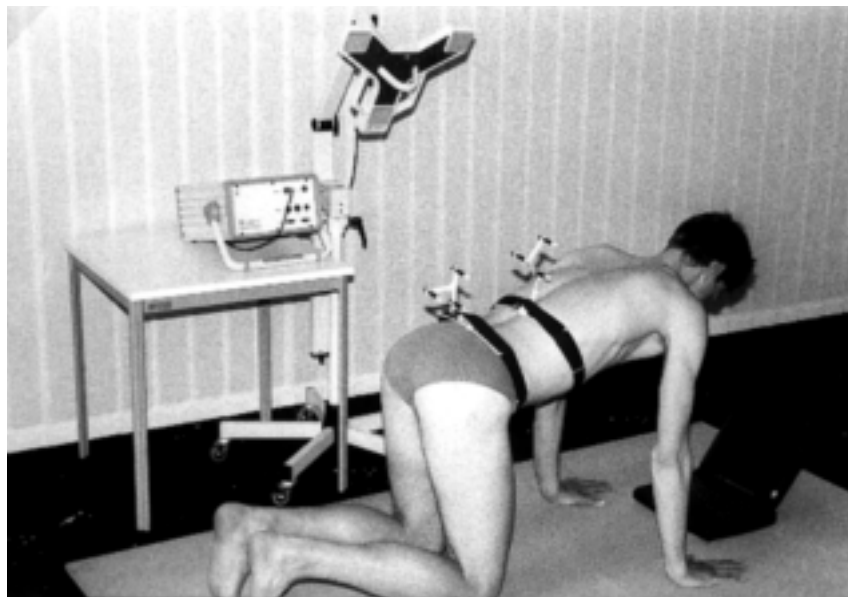


Abbildung 1: Testung der Winkelreproduktionsfähigkeit im Vier-Punkt-Kniestand (Erläuterungen s. Text)

rückengesunde Probanden als auch Testpersonen mit Rückenschmerzen im Lendenwirbelsäulenabschnitt. Konkret wurde der Fragestellung gefolgt, ob und inwieweit die Kriterien Sport und Rückenschmerz die Ausprägung des Positionssinnes als Teilkomponente der Propriozeption zu beeinflussen vermögen.

## Material und Methoden

Insgesamt nahmen 128 männliche Probanden an der Untersuchung teil. Gruppe 1 setzte sich zusammen aus 28 Leistungshockeyspielern im Alter von 19 bis 29 Jahren ( $23,1 \pm 2,4$ ) mit einer sportlichen Exposition von  $9,8 \pm 4,2$  Jahren und einem Trainingsumfang von  $11,2 \pm 2,7$  Stunden wöchentlich. 8 Hockeyspieler litten zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits länger als ein Jahr unter belastungsabhängigen Schmerzen in der Lendenwirbelsäule. Gruppe 2 bestand aus 25 Leistungsturnern im Alter von 16 bis 26 Jahren ( $20,6 \pm 2,8$ ), die seit  $12,1 \pm 2,1$  Jahren Leistungssport ausübten mit einem Trainingsumfang von  $13,5 \pm 3,1$  Stunden pro Woche. 9 Turner klagten über sportspezifische Beschwerden in der Lendenwirbelsäule ( $> 1$  Jahr). 41 Leistungstennisspieler (14 mit Rückenbeschwerden seit mindestens einem Jahr) im Alter von 17 bis 33 Jahren ( $22,8 \pm 3,2$ ) mit einer sportlichen Exposition von  $11,4 \pm 2,9$  Jahren und einem Trainingsumfang von  $6,6 \pm 2,5$  Stunden wöchentlich bildeten Gruppe 3. 34 Nichtsportler (11 mit Beschwerden in der Lendenwirbelsäule seit mindestens 1 Jahr) im Alter von 17 bis 32 Jahren ( $20,7 \pm 3,2$ ) fungierten als Kontrollgruppe.

In einer Querschnittstudie wurden mittels Goniometertechnik Winkelreproduktionstests der Lendenwirbelsäule in der Sagittalebene durchgeführt. Untersucht wurde der Positionssinn in Anlehnung an *Gill und Callaghan* (13) zuerst in der Reihenfolge  $10^\circ$  Extension und  $15^\circ$  sowie  $30^\circ$  Flexion der Lendenwirbelsäule im Vier-Punkt-Kniestand mit einer  $90^\circ$  Flexion in den Schulter-, Knie- und Hüftgelenken (Abb. 1) so-

wie anschließend in der Reihenfolge  $10^\circ$  Extension und  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  und  $45^\circ$  Flexion im Zweibeinstand mit gestreckten Knien, wobei die Hände der gekreuzten Arme auf die gegenüberliegende Schulter gelegt wurden. Der Proband nahm jede Winkelposition aus der Nullstellung der Lendenwirbelsäule unter visueller Kontrolle eines Markers auf dem Computerbildschirm bei individueller Bewegungsgeschwindigkeit ein und behielt diese jeweils für 2 Sekunden bei. Dieser Vorgang wurde fünfmal durchgeführt. Danach hatte die Testperson die Aufgabe, die Winkelpositionen mit verbundenen Augen zu reproduzieren. Die Reliabilität des Versuchsablaufes wurde an fünf männlichen Probanden in einer Pilotphase mittels des Test-Retest Verfahrens ( $r = 0,89$ ) verifiziert. Die Messwerte wurden mittels der ultraschallgestützten Goniometrie (CMS 70P der Fa. Zebis) erhoben. Dazu befestigte der Untersucher zwei mit jeweils drei Ultra-

schall-Messern bestückte elastische Gurtsysteme am unbekleideten Rumpf des Probanden in Höhe des thorakolumbalen Überganges sowie auf dem os sacrum und grenzte auf diese Weise die Lendenwirbelsäule ein (Abb. 1). Durch die Laufzeitmessung der Ultraschallimpulse (20 Hz) von den Messern zum auf den Rücken des Probanden gerichteten

Messempfänger konnten die Winkelpositionen in Winkelgrad über das Verfahren der Triangulation mit einer relativen Messgenauigkeit von  $\pm 0,5^\circ$  ermittelt werden.

Reproduzierbarkeit und Reliabilität des verwendeten Meßsystems als notwendige Voraussetzung für den Einsatz bei wissenschaftlichen Fragestellungen wurden bereits nachgewiesen (36,41).

zeigten sich die Reproduktionswinkel der Testpersonen ohne Rückenschmerzen gegenüber allen geforderten Winkelpositionen deutlich vergrößert ( $p < 0.01$ ) und enger um den Mittelwert konzentriert.

Sowohl im Vier-Punkt-Kniestand als auch im Zweibeinstand waren keine bedeutenden Unterschiede zwischen Nichtsportlern und rückengesunden Tennisspielern zu erkennen. Das gilt auch bei einem Vergleich der Test-

Tabelle 1: Mittelwerte und (Standardabweichungen) der Winkelreproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule im Vier-Punkt-Kniestand differenziert nach Gruppen. (a = keine Rückenschmerzen; b = mit Rückenschmerzen)

Winkelgrad	Hockeyspieler		Turner		Tennisspieler		Nichtsportler	
	a (n=20)	b (n=8)	a (n=16)	b (n=9)	a (n=27)	b (n=14)	a (n=23)	b (n=11)
10° Extension	11,1 (4,8)	8,2 (8,6)	14,3 (6,1)	8,5 (8,5)	11,2 (4,7)	7,8 (8,2)	11,5 (4,3)	8,6 (7,3)
15° Flexion	17,3 (7,5)	17,5 (10,2)	16,9 (7,7)	17,2 (9,6)	17,1 (7,3)	17,4 (9,4)	17,7 (7,9)	17,5 (10,1)
30° Flexion	33,5 (3,5)	27,2 (7,6)	31,9 (3,9)	28,5 (7,7)	32,2 (4,1)	26,5 (6,7)	32,3 (3,7)	27,1 (7,8)

## Ergebnisse

Die Ergebnisse sind als Mittelwerte und Standardabweichungen in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Grundsätzlich ist nachzuweisen, dass die Winkelreproduktionsfähigkeit in allen untersuchten Gruppen und Winkelpositionen sowohl bei Probanden mit und ohne Rückenschmerzen bei der Messung im Zweibeinstand größer war als im Vier-Punkt-Kniestand ( $p < 0.01$ ). Weiterhin konzentriert sich die Häufigkeitsverteilung der Messwerte im Zweibeinstand enger um den Mittelwert.

Endgradige Winkelpositionen wie 10° Extension und 30° Flexion der Lendenwirbelsäule im Vier-Punkt-Kniestand respektive 45° Flexion im Zweibeinstand wurden tendenziell von den Probanden ohne Rückenschmerzen exakter reproduziert als die Winkelpositionen des mittleren Bewegungsbereiches. Testpersonen mit Rückenschmerzen zeigten hingegen die größten Abweichungen von der vorgegebenen endgradigen Winkelposition in der Flexion der Lendenwirbelsäule ( $p < 0.05$ ).

personen der vier Gruppen, die unter Rückenschmerzen leiden. Die Turner ohne Rückenschmerzen zeigten jedoch verglichen mit den anderen Gruppen in beiden Testpositionen bei 10° Extension hinsichtlich der Mittelwerte und der zugehörigen Standardabweichungen ein deutliches Überschreiten der geforderten Winkelposition ( $p < 0.01$ ). Die reproduzierten Winkel der Hockeyspieler ohne Rückenschmerzen hingegen unterschritten die 45° Flexion der Lendenwirbelsäule signifikant ( $p < 0.01$ ) und überstiegen die 30° Flexion sowohl im Vier-Punkt-Kniestand als auch im Zweibeinstand in einem größeren Umfang als die der Vergleichsgruppen ( $p < 0.05$ ).

## Diskussion

Der Positionssinn zeigte sich im Vier-Punkt-Kniestand signifikant ungenauer als im Zweibeinstand. Zur Messung der Winkelreproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule wurde der Zweibeinstand gewählt, weil er eine funktionelle Körperposition sowohl im Alltag als auch im Sport darstellt.

Tabelle 2: Mittelwerte und (Standardabweichungen) der Winkelreproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule im Zweibeinstand mit gestrecktem Knie differenziert nach Gruppen. (a = keine Rückenschmerzen; b = mit Rückenschmerzen)

Winkelgrad	Hockeyspieler		Turner		Tennisspieler		Nichtsportler	
	a (n=20)	b (n=8)	a (n=16)	b (n=9)	a (n=27)	b (n=14)	a (n=23)	b (n=11)
10° Extension	10,8 (4,2)	8,5 (6,9)	13,3 (4,5)	8,8 (7,6)	10,4 (4,1)	8,2 (7,1)	10,7 (3,8)	8,3 (6,4)
15° Flexion	16,5 (5,7)	16,5 (8,2)	16,6 (5,8)	16,8 (8,1)	16,5 (5,3)	16,4 (7,4)	16,9 (5,5)	16,6 (9,7)
30° Flexion	33,2 (4,2)	28,7 (7,2)	30,9 (3,8)	29,1 (7,4)	31,5 (4)	28,3 (6,8)	31,8 (3,6)	28,5 (8,1)
45° Flexion	42,4 (9,5)	42,9 (10,3)	46,4 (8,2)	43,8 (9,4)	46,1 (8,4)	43,1 (10,1)	46,3 (7,9)	42,8 (11,1)

Der Parameter Schmerz scheint die Propriozeption der Lendenwirbelsäule deutlich zu beeinflussen. Außer bei der Winkelposition von 15° Flexion unterschritten alle Reproduktionswinkel der Probanden mit Rückenschmerzen unabhängig ihrer Gruppenzugehörigkeit und der untersuchten Körperstellung die vorgegebenen Winkelpositionen statistisch signifikant. Dabei ist die breite Verteilung der reproduzierten Winkel um den Mittelwert auffällig. Hingegen

Es ist bekannt, dass zur Stabilisierung der aufrechten Körperposition neben den propriozeptiven Strukturen in der Wirbelsäule weitere Rezeptoren verantwortlich zu machen sind. So sichern der Vestibularapparat, die Propriozeptoren der Hüft-, Knie- und Fußgelenke sowie der Fußsohlenkontakt über die Haut die Homöostase der Körperhaltung gegen exogene Einflüsse (35). Um diese weitestgehend entweder auszuschalten oder deren Funktion durch eine selten

eingenommene Körperposition zu modifizieren, wurde der Vier-Punkt-Kniestand in den Untersuchungsgang einbezogen. Die vorliegenden Ergebnisse sprechen für eine verminderte Aktivität dieser additiven propriozeptiven Mechanismen und für eine gezieltere Inanspruchnahme der Wirbelsäulenrezeptoren. Die Resultate von *Gill und Callaghan* (13), die die Winkelreproduktion der Lendenwirbelsäule von 40 Probanden mittels derselben Körperpositionen untersuchten, bestätigen die Ergebnisse. Die Autoren konnten ebenfalls eine exaktere Winkelreproduktion im Zweibein- als im Vier-Punkt-Stand nachweisen und machten dafür den Einsatz zusätzlicher kinästhetischer Analytoren im Zweibeinstand verantwortlich.

Die Tiefensensibilität bei Probanden ohne Rückenschmerzen zeigte in den endgradigen Winkelpositionen bei 10° Extension und 30° Flexion im Vier-Punkt-Stand sowie 45° Flexion im Zweibeinstand eine höhere Genauigkeit der Winkelreproduktion als in mittleren Gelenkpositionen. Zu diskutieren ist eine verstärkte Sensibilisierung der Rezeptoren im Kapsel-Bandapparat sowie im Muskel-Sehnengewebe, die auf Dehnungsreize reagieren, wie sie bei der Annäherung an endgradige Gelenkstellungen auftreten, um konsekutiv die Stabilität und Protektion des Gelenkes zu sichern (7,28). *Jerosch et al.* (20) kamen zu ähnlichen Ergebnissen, als sie dreidimensionale Winkelreproduktionstests zur Prüfung der Schultergelenkspropriozeption an 27 gesunden Testpersonen durchführten. Gelenkstellungen oberhalb des Schulterniveaus führten infolge einer verstärkten Anspannung des Kapsel-Bandapparates zu einer verbesserten Propriozeption (6,16).

Der Schmerz hatte statistisch signifikante Auswirkungen auf den Positionssinn der Lendenwirbelsäule sowohl im Vier-Punkt-Kniestand als auch im Zweibeinstand unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit. Weitere Studien bestätigen den Einfluss der Schmerzwahrnehmung und des Körperschadens auf die Propriozeption des oberen Sprunggelenkes (14,24), des Kniegelenkes (17) sowie der Lendenwirbelsäule (8,13,30,31). Das in dieser Studie nachgewiesene Unterschreiten der vorgegebenen endgradigen Winkelpositionen in der Extension und Flexion kann als Schutzmechanismus interpretiert und hervorgerufen werden durch eine verstärkte Nozizeption in den rezeptortragenden vorgeschädigten Strukturen der Lendenwirbelsäule infolge einer mechanischen Irritation bei der Ausführung der endgradigen Gelenkstellungen (13,31). Kommende Studien müssen die Kausalität von fühlbaren Rückenbeschwerden exakter definieren sowie deren genaue Lokalisation identifizieren, um die Auswirkungen lädierteter Strukturen auf die Propriozeption zu differenzieren. So wäre es möglich, dass degenerative Veränderungen der Wirbelgelenke die Tiefensensibilität auf eine andere Art beeinflussen als die Manifestation einer Spondylolisthesis.

Die Bedeutung des Sports auf die Propriozeption wurde bisher in wenigen Studien untersucht. So testeten *Barrack et al.* (1) den Bewegungs- und den Positionssinn des Kniegelenkes von 12 professionellen Ballettänzern und verglichen die Ergebnisse mit einer Gruppe von 12 Nichtsportlern. Während sich bei den Ballettänzern ein signifikant sensiblerer Bewegungssinn nachweisen ließ, zeigte die Kontroll-

gruppe eine deutlich bessere Fähigkeit der Winkelreproduktion. Die Autoren vermuteten, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen die Folge einer funktionellen Anpassung an die körperlichen Belastungen in der Sportart Ballettanz sind, die gekennzeichnet ist durch eine große Bewegungsfreiheit der Gelenke sowie durch eine stark ausgeprägte Muskulatur, was konsekutiv eine Modifikation neurophysiologischer Vorgänge bedingen kann. *Jerosch et al.* (21) untersuchten mittels eines Winkelreproduktionstests die Ellbogengelenke von 17 Leistungstischtennispielerinnen und einer Kontrollgruppe von 23 Nichtsportlerinnen im Alter von 17 bis 56 Jahren. Weder zwischen den Gruppen noch zwischen dominantem und nicht-dominantem Arm ließen sich bedeutende Unterschiede im Positionssinn erkennen. Von *Jerosch et al.* wurde gefolgert, dass der Einfluss des Sports auf die propriozeptiven Fähigkeiten differenziert betrachtet werden muss und vom Anforderungsprofil der jeweiligen Sportart abhängig ist.

Aufgrund des Anforderungsprofils der getesteten Sportarten Hockey, Turnen und Tennis ist bei den Athleten der drei Disziplinen eine größere Inzidenz von Beschwerden in der Lendenwirbelsäule zu beobachten als bei Nichtsportlern oder Sportlern anderer Disziplinen (25,29,34,37,40). Es war daher interessant zu prüfen, ob und inwieweit sich diese körperlichen Belastungen auch auf den Positionssinn der Lendenwirbelsäule auswirken. Zeigten die untersuchten Tennisspieler in beiden Körperpositionen keine wesentlichen Unterschiede bei der Winkelreproduktionsfähigkeit verglichen mit den Nichtsportlern, so ließen sich bei den rückengesunden Hockeyspielern und Turnern signifikante Abweichungen des Positionssinnes in bestimmten Winkelstellungen und somit eine modifizierte Winkelreproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule nachweisen. Ein Grund für die geänderte Tiefensensibilität scheinen die sportartspezifischen Belastungsanforderungen an die Lendenwirbelsäule zu sein. So erfordert das Turnen insbesondere das Bodenturnen in Training und Wettkampf repetitive maximale Extensionen der Lendenwirbelsäule im Sinne einer Hyperlordosierung (43). Die Lendenwirbelsäule des Hockeyspielers befindet sich hingegen beim Schlag des Balles, in der Ballerwartungsposition sowie während des direkten Abwehrverhaltens in starker Flexion (25). In beiden Sportarten unterliegen der Haltungs- und Bewegungsapparat und somit auch die für die Propriozeption verantwortlichen rezeptortragenden Strukturen infolge langjähriger sportartspezifischer Exposition mit hohen Trainingsumfängen und Intensitäten funktionellen Adaptationen, die sich in der Lendenwirbelsäule als ein motorisch dynamisch-statisches Stereotyp manifestieren können (19,35). Häufig geforderte Körperpositionen werden programmiert und können in kürzester Zeit mit großer Genauigkeit abgerufen werden, während ungewohnte Winkelstellungen zu Abweichungen in beide Richtungen der Norm führen können. So läßt sich das Überschreiten der 30° als auch das Unterschreiten der 45° Flexion der Hockeyspieler im Zweibeinstand erklären, denn die sportartspezifische Körperposition der Lendenwirbelsäule im Hockeysport liegt während des direkten Ballkontaktes zwischen 30 und 45° Flexion (18,25).

Im Turnsport werden hingegen regelmäßig Extensionen der Lendenwirbelsäule über 10° aufgrund der sportlichen Anforderungen und der hohen Beweglichkeit der Leistungsturner ausgeführt (34,43), was zu einer modifizierten Tiefensensibilität in geringeren Winkelstellungen der Wirbelsäulenstreckung führen kann. Der Frage, ob der modifizierte Positionssinn der untersuchten Turner und Hockeyspieler als Schutzmechanismus für besonders mechanisch belastete Strukturen des Achsenskeletts erklärt werden kann (33) oder als eine notwendige Adaptation im Sinne einer physiologischen Leistungsnorm zur erfolgreichen Erbringung sportartspezifischer Anforderungen zu interpretieren ist (11), muss zukünftig nachgegangen werden.

Es wird in kommenden Studien notwendig sein, weitere Sportarten mit größeren Probandenzahlen zu untersuchen, um Belastungsprofile zu identifizieren, die zu einer Modifikation propriozeptiver Fähigkeiten führen können. Nach den bisherigen Untersuchungsergebnissen kann ein genereller Einfluss des Sports auf die Propriozeption der Lendenwirbelsäule nicht eindeutig nachgewiesen werden.

### Literatur

1. *Barrack RL, Skinner HB, Cook SD*: Proprioception of the knee joint. *Am J Sports Med* 63 (1984) 175-181.
2. *Barrett DS, Cobb AG, Bentley G*: Joint proprioception in normal osteoarthritic and replaced knees. *J Bone Joint Surg* 73B (1991) 53-56.
3. *Barrett DS*: Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg* 73B (1991) 833-837.
4. *Beard DJ, Kyberd PJ, Fergusson CM, Codd CAF*: Proprioception after rupture of the cruciate ligament. *J Bone Joint Surg* 75B (1993) 311-315.
5. *Berenberg RA, Shefner JM, Sabol JJ*: Quantitative assessment of position sense at the ankle: A functional approach. *Neurol* 37 (1987) 89-93.
6. *Blasier RB, Carpenter JE, Huston LJ*: Shoulder proprioception. *Orthop Review* 23 (1994) 45-50.
7. *Bogduk N, Twomey LT*: Clinical anatomy of the lumbar spine. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1991.
8. *Byl NN, Sinnott P*: Variations in balance and body sway in middle-aged adults. *Spine* 16 (1991) 325-330.
9. *Cohen LA*: Analysis of position sense in the human shoulder. *J Neurology* 21(1958) 550-562.
10. *Colangelo GA, Hobert DJ, Belenky MM*: Elbow angle during a simulated task requiring fine psychomotor control. *J Dental Education* 55 (1991) 785-788.
11. *Freiwald, J., M. Engelhardt*: Aspekte der Trainings- und Bewegungslehre neuromuskulärer Dysbalancen. *Gesundheitssport und Sporttherapie* 15 (1999) 46-50.
12. *Gandevia SC, McCloskey DI*: Joint sense, muscle sense, and their combination as position sense, measured at the distal interphalangeal joint of the middle finger. *J Physiol* 260 (1976) 387-407.
13. *Gill KP, Callaghan MJ*: The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain. *Spine* 23 (1998) 371-377.
14. *Glencross D, Thornton E*: Position sense following joint injury. *J Sports Med* 21(1981) 23-27.
15. *Grigg P, Finerman GA, Riley LH*: Joint position sense after total hip replacement. *J Bone Joint Surg* 55A (1973) 1016-1025.
16. *Gross MT*: Effects of recurrent lateral ankle sprains on active and passive judgements of joint position. *Phys Ther* 67 (1987) 1505-1509.
17. *Harter RA, Osternig LR, Singer KM*: Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 16 (1988) 434-443.
18. *Hermann B, Eggers-Schröder G, Steiner D*: Hallenhockey: Verletzungen und Prävention. *Sportverl Sportschad* 5 (1991) 85-89.
19. *Hollmann W, Hettinger T*: Sportmedizin. Stuttgart New York, Schattauer, 1990.
20. *Jerosch J, Thorwesten L, Steinbeck J*: Propriozeption des Schultergelenks bei gesunden Probanden. *Dtsch Z Sportmed* 46 (1995) 243-251.
21. *Jerosch J, Thorwesten L, Reuter M*: Propriozeptive Fähigkeiten im Bereich des Ellenbogengelenkes von Hochleistungstischtennispielerinnen. *Dtsch Z Sportmed* 48 (1997) 43-48.
22. *Jerosch J, Bischof M*: Der Einfluß der Propriozeptivität auf die funktionelle Stabilität des oberen Sprunggelenkes unter besonderer Berücksichtigung von Stabilisierungshilfen. *Sportverl Sportschad* 8 (1994) 111-121.
23. *Jerosch J, Prymka M*: Propriozeptive Fähigkeiten des gesunden Kniegelenks: Beeinflussung durch eine elastische Bandage. *Sportverl Sportschad* 9 (1995) 72-76.
24. *Jerosch J, Castro WHM, Hoffstetter I*: Propriozeptive Fähigkeiten bei Probanden mit stabilen und instabilen Sprunggelenken. *Dtsch Z Spomed* 45 (1994) 380-398.
25. *Jung R, Dufek P, Traut R*: Feld- und Hallenhockey: Belastung und Gefährdung des Bewegungsapparates durch Verletzungen und Sportschäden. *Dtsch Z Spomed* 49 (1998) 332-339.
26. *Kaplan FS, Nixon JE, Reitz M*: Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthop Scand* 56 (1985) 72-74.
27. *Konradsen L, Ravn JB, Sørensen AE*: Proprioception at the ankle: the effect of anaesthetic blockade of ligament receptors. *J Bone Joint Surg* 75 B (1993) 433-436.
28. *Krämer J*: Bandscheibenbedingte Erkrankungen. Stuttgart New York, Thieme, 1994.
29. *Marks MR, Haas SS, Wiesel SW*: Low back pain in the competitive tennis player. *Clin Sports Med* 7 (1988) 277-287.
30. *Norris CM*: Spinal stabilization: 5. An exercise programme to enhance lumbar stabilization. *Physiotherapy* 81(1995) 138-146.
31. *Parkhurst TM, Burnett CN*: Injury and proprioception in the lower back. *J Orthop Sports Phys Ther* 19 (1994) 282-295.
32. *Perlau R, Frank C, Fick G*: The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. *Am J Sports Med* 23 (1995) 251-255.
33. *Quante, M., Hille, E.*: Propriozeption: Eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Dtsch Z Spomed* 50 (1999) 306-310.
34. *Richardson AB*: Overuse syndromes in baseball, tennis, gymnastics, and swimming. *Clin Sports Med* 2 (1986) 379-390.
35. *Schmidt RF, Thews G (Hrsg.)*: Physiologie des Menschen. Berlin New York, Springer, 1995.
36. *Schreiber U, Brockow T, Smolenski U*: Reliabilitätsuntersuchungen von dreidimensionaler Bewegungsanalyse und Myotonometrie. *Phys Rehab Kur Med* 6 (1996) 148-149.
37. *Silver JR, Silver DD, Godfrey JJ*: Injuries of the soine sustained during gymnastic activities. *British Medical J* 293 (1986) 861-863.
38. *Skinner HB, Barrack RL, Cook SD*: Joint position sense in total knee arthroplasty. *J Orthop Res* 1 (1984) 276-283.
39. *Soechting JF*: Does position sense at the elbow reflect a sense of elbow joint angle or one of of limb orientation? *Brain Research* 248 (1982) 392-395.
40. *Tertti M, Paajanen H, Kujala UM et al.*: Disc degeneration in young gymnasts. *Am J Sports Med* 18 (1990) 206-208.
41. *Vogt L, Banzer W*: Reproduzierbarkeit thorakaler und lumbaler Wirbelsäulenbewegungen mit der 3D-Ultraschalltopometrie. *Phys Rehab Kur Med* 7 (1997) 21-25.
42. *Warren PJ, Olanlokun TK, Cobb AG et al.*: Proprioception after knee arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 297 (1993) 182-187.
43. *Wismach J, Krause D*: Wirbelsäulenveränderungen bei Kunstturnerinnen. *Sportverl Sportschad* 2 (1988) 95-99.
44. *Worringham CJ, Stelmach GE, Martin ZE*: Limb segment inclination sense in proprioception. *Exp Brain Res* 66 (1987) 653-658.

Korrespondenzadresse:

Dr. rer. nat. Stefan Dalichau  
 Institut für angewandte Prävention u. Leistungsdiagnostik  
 BG Unfallbehandlungsstellen  
 Ausser der Schleifmühle 55/61  
 28 203 Bremen  
 Tel. 0421/33 55 029, Fax 0421/33 55 041  
 e-mail: ipl.bremen@t-online.de