

Özgürbüz C<sup>1</sup>, Aksit T<sup>2</sup>

## Das Konzept eines Dreikomponenten-Kraftverhältnisses der Schulterrotatoren bei Tennisspielern

*The concept of a triple-component strength ratio of the shoulder rotator muscles in tennis players*

<sup>1</sup> Fachbereich Sportmedizin, Universität Ege, Izmir; Türkei

<sup>2</sup> Sporthochschule, Universität Ege, Izmir; Türkei

### Zusammenfassung

Langjährige repetitive sportliche Aktivitäten bewirken spezifische muskuläre Adaptationen. Sportspezifische Veränderungen drücken sich u.a. am Kräfteprofil der leistungstragenden Gelenke aus. Die Schultermuskeln, speziell die Rotatorenmanschetten, haben im Tennis eine tragende Bedeutung. Das Kräfteprofil der Agonisten und der Antagonisten der Rotatorenmanschetten bei schultergesunden Tennisspielern kann in dieser Hinsicht der sportsartspezifischen Rehabilitation wichtige Informationen vermitteln. Das Ziel dieser Studie war es, ein Dreikomponenten-Kraftverhältnis für die Schulterrotatoren bei Leistungstennisspielern aufzustellen und es mit den Werten von nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten zu vergleichen. Das Dreikomponenten-Kraftverhältnis ist definiert als exzentrische Außenrotationskraft : konzentrische Innenrotationskraft : konzentrische Außenrotationskraft (EAR : KIR : KAR). Somit sind konzentrisches und funktionelles Kraftverhältnis in einem Verhältnismuster untergebracht. Bei 10 schultergesunden Tennisspielern und 10 schultergesunden Sportstudenten wurden die maximalen Drehmomente (PT) der EAR, KIR und der KAR bei 60°/s und 300°/s Bewegungsgeschwindigkeiten isokinetisch (Cybex Norm) ermittelt. Die Tennisspieler wiesen signifikant höhere EAR-PT-Werte bei beiden Geschwindigkeiten auf. Das Dreikomponenten-Kraftverhältnis der Tennisspieler ergab bei 60°/s und 300°/s die folgenden Werte: 1,14 : 1 : 0,66 und 1,19 : 1 : 0,61. In diesem Kraftverhältnis zeigten sich bei den Tennisspielern tendenzielle Unterschiede zu den Sportstudenten.

**Schlüsselwörter:** Dreikomponenten-Kraftverhältnis, Rotatorenmanschette, Tennis, Schultergelenk, Isokinetik.

### Einleitung

Für Überkopfsportler hat das Schultergelenk eine zentrale Bedeutung. Die Leistung wird bei ihnen primär durch eine optimal funktionierende, der spezifischen Sportart effektiv angepassten Schulterkinematik bestimmt. Die enorme Mobilität des Schultergelenkes fundiert auf der geringen passiven Stabilität, was aber durch die aktiven Stabilisatoren im Normalfall eine hinreichende Kompensation bietet (26).

Das Bewegungsmuster bei Überkopfsportlern ist im Prinzip eine explosive Innenrotation des Humerus bei 90°-Ab-

### Summary

Repetitive sport activities over many years cause specific muscular adaptations. Sport-specific changes are expressed among other things in the strength profile of the performance-linked joints. The shoulder muscles, and particularly the rotator cuff muscles play a basic role in tennis. The strength profile of agonist and antagonist muscles of the rotator cuff in shoulder-healthy tennis players can deliver important information in regard to sport-specific rehabilitation. The goal of this study was to set up a triple-component strength ratio of the rotator cuff muscles for high performance tennis players and to compare it with the values in non-specifically training physical education students. The triple-component strength ratio is defined as eccentric external rotation strength : concentric internal rotation strength : concentric external rotation strength (EAR : KIR : KAR). Concentric and functional strength ratios are summarized in this strength ratio. Isokinetic shoulder rotational strength (Cybex Norm) was evaluated in two groups of subjects as follows: 10 tennis players, and 10 non-specifically trained physical education students. Peak torque values were determined at 60°/s and 300°/s for the dominant shoulder.

The tennis players exhibited significantly higher EAR-PT values at both velocities. The triple-component strength ratio of the tennis players resulted in the following values at 60°/s and 300°/s: 1.14: 1: 0.66 and 1.19: 1: 0.61. In this strength ratio tendentious differences to the sport students were noted.

**Key Words:** triple-component strength ratio, rotator cuff, tennis, shoulder, isokinetics.

duktionsstellung der Schulter (23). In der Accelerationsphase überwiegt die hohe konzentrische Aktivität der Innenrotatoren. Die Follow-Through-Phase bedingt eine hohe exzentrische Kontraktion der Außenrotatoren, um eine genügende Bremskraft aufzubringen (17). Dieser Dezelerationsmechanismus impliziert eine potentielle Schädigung speziell der Infraspinatussehne bei Wurf sportarten.

Das Kräfteprofil der Rotatoren ist in Sportarten wie Baseball, Volleyball, Badminton und Tennis erforscht worden (1, 13, 22, 24, 33). Diese Studien konzentrierten sich überwiegend auf das konzentrische Kraftverhältnis der Schulterrota-

toren (6, 8, 36). Auch im Tennis ist das konzentrische Kraftverhältnis der Außenrotatoren zu den Innenrotatoren vielfach aus der Sicht der Leistungsorientierung und der sportartspezifischen Rehabilitation Gegenstand von Studien geworden (10, 14).

Wilk et al (36) wiesen 1993 darauf hin, dass die exzentrische Kraft der Außenrotatoren wichtig für ein funktionelles Kraftverhältnisprofil ist. Scoville et al (32) und Noffal (25) untersuchten das Verhältnis der exzentrischen Außenrotatorenkraft zu der konzentrischen Innenrotationskraft bei männlichen Schülern respektive bei Baseballspielern als Ausdruck eines funktionellen Kraftverhältnisses der Schulter.

In dieser Studie haben wir bei Leistungstennispielern und bei nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten die exzentrische Außenrotatorenkraft, konzentrische Innenrotatorenkraft und die konzentrische Außenrotatorenkraft der dominanten Schulter isokinetisch bei 60° und 300°/s Winkelgeschwindigkeiten gemessen.

Ziel dieser Studie war es,

1. ein umfassenderes Konzept für das funktionelle Kraftverhältnis der dominanten Schulter bei Tennisspielern aufzustellen.
2. die ersten Referenzwerte eines 'Dreikomponenten-Kraftverhältnisses' bei Leistungstennispielern zu ermitteln.
3. anhand des Dreikomponenten-Kraftverhältnisses zusätzliche objektive Daten für die Prävention und Rehabilitation von Tennisspielern zu erhalten.

## Material und Methode

### Probandengut

In die Studie wurden 10 Tennisspieler der ersten türkischen Liga und 10 Sportstudenten der Sporthochschule der Universität Ege aufgenommen. Unter den sich freiwillig gemeldeten Sportstudenten wurden diejenigen, die keine regelmäßigen Überkopfkaktivitäten ausführten, in diese Studie aufgenommen.

Gruppe 1: 10 schultergesunde Leistungstennispieler (Alter:  $23,0 \pm 3,8$  Jahre, Körperlänge:  $179,8 \pm 5,7$  cm, Körpergewicht:  $69,0 \pm 5,9$  kg). Die Anamnese der Tennisspieler ergab keine Schulterverletzungen in den letzten 12 Monaten. Keiner der Sportler hatte einen chirurgischen Eingriff der Schulter erfahren. Um weitere mögliche Verletzungen bei hohen exzentrischen Winkelgeschwindigkeiten zu vermeiden und Referenzwerte für schulterbeschwerdefreie Tennisspieler zu erhalten, wurden Sportler mit geringfügigen Beschwerden der Schulter nicht in die Studie aufgenommen.

Gruppe 2: 10 schultergesunde, nichtspezifisch trainierende Sportstudenten (Alter:  $22,7 \pm 2,4$  Jahre, Körperlänge:  $176,4 \pm 4,5$  cm, Körpergewicht:  $68,1 \pm 5,6$  kg). Die Sportstudenten gaben an, dass sie an keinen regelmäßigen Überkopfkaktivitäten teilnahmen. Sie waren sportlich aktiv, aber trainierten nicht spezifisch. Eine überkopfsportartspezifische Adaptation der dominanten Schulter war auszuschließen.

Anamnestisch ergaben sich keine Besonderheiten bezüglich der Schulter. Studenten mit vorangegangenen chirurgischen Eingriff an der Schulter oder mit Schulterbeschwerden wurden nicht in die Studie aufgenommen.

### Messmethode

Die Probanden wärmten sich vor den Messungen 10 Minuten auf. Die konzentrischen und exzentrischen Kraftmessungen der Innen- und Außenrotatoren bei 60° und 300°/s Winkelgeschwindigkeiten wurden mit dem isokinetischen Dynamometer Cybex Norm durchgeführt.

Die Probanden wurden supine bei 90°-Abduktion der Schulter und 90° Flexion des Ellenbogens getestet. Diese Position gewährleistet eine hohe Stabilität des Probanden während der Testphase und ist dem Bewegungsmuster bei Überkopfsportlern relativ ähnlich (Aufschlagsspiel beim Tennis) (3, 5, 9, 15). Die Messung erfolgte in einem Winkelbereich von 120° (60° Innenrotation - 60° Außenrotation). Um mögliche Verletzungen während der exzentrischen Kontraktion zu vermeiden, wurden größere Bewegungsspannen vermieden.

Die konzentrischen Kraftmessungen erfolgten zuerst. Nach einer kurzen Pause folgte die exzentrische Kraftmessung. Den Probanden wurde vor dem Test die Testprozedur erläutert. Um sich an die Testposition und den Bewegungsablauf zu gewöhnen, gestattete man ihnen je 3 submaximale Versuchsabläufe. Direkt danach wurde unter standardisierten Zurufen der Test absolviert. Eine Gravitationskorrektur der Schulter für diese Testposition erübrigte sich (25).

### Definition des funktionellen Kraftverhältnisses mit drei Komponenten

Die drei Komponenten dieses Kraftverhältnisses bestehen aus den maximalen Drehmomenten (PT), gemessen an folgenden Bewegungen der Schulter:

- a. Exzentrische Außenrotation (EAR)
- b. Konzentrische Innenrotation (KIR)
- c. Konzentrische Außenrotation (KAR)

c:b bildet das konzentrische (konventionelle) Kraftverhältnis (KKV) der Schulterrotatoren (33). a:b wird als das funktionelle Kraftverhältnis (FKV) beschrieben (25).

Das funktionelle Kraftverhältnis mit drei Komponenten setzt sich wie folgt zusammen: a:b:c (EAR:KIR:KAR). Zum Vergleich der konzentrischen und funktionellen Kraftverhältnisse ist die konzentrische Innenrotationskraft dem Wert 1 gleichgesetzt. Somit ergibt sich auf der linken Seite des Verhältnisses für a immer das funktionelle Kraftverhältnis und auf der rechten Seite für b das konzentrische Kraftverhältnis.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS 10.0. Die Prüfung auf signifikante Unterschiede wurde mit dem Student-t Test durchgeführt. Außerdem wurde eine Varianzanalyse nach Levene veranlasst.

## Ergebnisse

Lebensalter, Körperlänge und Körpergewicht der zwei Gruppen ergaben ähnliche Werte ohne signifikante Unterschiede. PT-Werte der exzentrischen Außenrotation (EAR), konzentrischen Innenrotation (KIR) und der konzentrischen Außenrotation (KAR):

Tabelle 1: PT-Werte der Schulterrotatoren bei 60°/s und 300°/s Winkelgeschwindigkeiten

	EAR PT (Nm)		KIR PT (Nm)		KAR PT (Nm)	
	60°/s (x±s)	300°/s (x±s)	60°/s (x±s)	300°/s (x±s)	60°/s (x±s)	300°/s (x±s)
Tennispieler (n=10)	57,1±8,7*	44,5±9,0*	50,0±7,2	37,4±7,8	33,3±8,7	22,9±6,9
Nichtspezifisch trainierende Sportstudenten (n=10)	48,0±8,3	35,8±6,9	44,7±9,0	32,8±6,3	30,5±5,6	20,5±5,4

(x±s: Mittelwert, ± Standardabweichung, PT: maximales Drehmoment, EAR: exzentrische Außenrotation, KIR: konzentrische Innenrotation, KAR: konzentrische Außenrotation, \*: p<0,05)

Tabelle 1 zeigt die Resultate der beiden Gruppen bezüglich des maximalen Drehmoments (PT) bei beiden Bewegungsgeschwindigkeiten. Die PT-Werte der EAR erwiesen sich bei beiden Bewegungsgeschwindigkeiten für die Tennispieler gegenüber den Sportstudenten als signifikant (p<0,05) höher. Auch alle anderen PT-Werte, wenn auch statistisch nicht signifikant, waren bei den Tennispielern höher.

### Kraftverhältnisse

Die Analyse der Kraftverhältnisse sind für das konzentrische bzw. funktionelle Kraftverhältnis in der Tabelle 2 wiedergegeben. Statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen stellte sich für diese Variablen nicht heraus. Die Analyse ergab beim konzentrischen Kraftverhältnis bei 60°/s und bei 300°/s niedrigere Werte für die Tennispieler im Vergleich zu der Kontrollgruppe, was auf die Dominanz der Innenrotatoren zurückzuführen ist.

Im funktionellen Kraftverhältnis ergaben sich bei beiden Bewegungsgeschwindigkeiten höhere Werte für die Tennispieler. Dies ist auf die signifikant höheren, exzentrischen Außenrotationskräfte der Schulter bei den Tennispielern zurückzuführen.

Die Analyse des funktionellen Kraftverhältnisses mit drei Komponenten ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

## Diskussion

Die Literaturwerte bezüglich der PT-Werte der gemessenen Bewegungen für Tennispieler werden etwas höher angegeben (6), es finden sich aber auch tiefere Werte (5). Im Vergleich zu Messungen bei Baseballspielern (25, 33, 36) weisen die Tennispieler dieser Studie niedrigere PT-Werte auf. Doch sind direkte Vergleiche wegen des Nichtübereinstimmens von wesentlichen Einflussgrößen nicht sehr aussagekräftig (Leistungslevel, das Alter der Tennispieler, Testposition). Literaturwerte für Normalpersonen (21) zeigen im Vergleich zu den Sportstudenten geringere oder ähnliche PT-Werte auf.

Die PT-Werte aller Probanden waren für die KIR größer als für die KAR. Diese Tendenz steht mit der Literatur im Einklang (5, 8, 16). Auch zeigten die PT-Werte bei den höheren Bewegungsgeschwindigkeiten niedrigere Werte. Die Literatur ist in dieser Hinsicht bezüglich der konzentrischen Messungen einstimmig (25, 34, 37), über das exzentrische Kraftverhalten gibt es aber verschiedene Resultate (25, 33).

In der Literatur finden sich unterschiedliche Werte für das konzentrische Kraftverhältnis bei Tennisspielern (5, 6, 14).

Die nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten hatten ähnliche Werte wie die Literaturwerte für Normalpersonen (21).

Die isokinetisch gemessenen konzentrischen Kraftverhältnisse der Rotatorenmanschette für die Innen- und Außenrotationsbewegungen geben wertvolle Informationen in Bezug auf ein mögliches Muskeldefizit oder einer Dysbalance der Agonist-Antagonist agierenden Muskelanteile der Schulter. Jedoch bildet die in der Dezelerationsphase extreme, exzentrische Kontraktion der Außenrotatoren einen Ansatzpunkt für Überlastungsschäden. Studien mit funktionellen Kraftverhältnissen der Rotatorenmanschetten (exzentrische Außenrotationskraft/konzentrische Innenrotationskraft) sind aus diesem Grund als aussagekräftiger anzusehen (25, 36). Die konzentrische Kraft der Außenrotatoren wird im funktionellen Kraftverhältnis nicht mit einbezogen. Dabei sind speziell beim Tennis die Außenrotatoren vor allem in der Accelerationsphase des Rückhandschlags (Grunds Schlag, Rückhand-Smash) konzentrisch primär mitbeteiligt (28). Eine M. Infraspinatus-Insuffizienz kann in der Kinematik der Schulter zu Störungen führen (26). Deshalb erscheint es uns wichtig, diesen Parameter in einem funktionellen Kraftverhältnisprofil für Tennispieler mit einzubeziehen und somit ein für den Tennis umfassenderes Kraftverhältnis mit drei Komponenten aufzustellen. Wenn auch die Messmethode dieser Arbeit nicht ganz dem Bewegungsraum der tennisspezifischen Bewegungen entspricht, so bietet sie doch ein reproduzierbares, standardisiertes und relativ ähnliches Bewegungsmuster der Schulterrotatoren.

Tabelle 2: Funktionelle und konzentrische Kraftverhältnisse bei 60°/s und 300°/s Winkelgeschwindigkeiten

	Konzentrisches Kraftverhältnis (KAR/KIR)		Funktionelles Kraftverhältnis (EAR/KIR)	
	60°/s (x±s)	300°/s (x±s)	60°/s (x±s)	300°/s (x±s)
Tennispieler (n=10)	0,66±0,11	0,61±0,08	1,14±0,10	1,19±0,12
Nichtspezifisch trainierende Sportstudenten (n=10)	0,69±0,08	0,62±0,07	1,09±0,10	1,10±0,12

(x±s: Mittelwert, ± Standardabweichung, PT: maximales Drehmoment, EAR: exzentrische Außenrotation, KIR: konzentrische Innenrotation, KAR: konzentrische Außenrotation, \*: p<0,05)

Die Analyse des Dreikomponenten-Kraftverhältnisses für Tennisspieler ergab in dieser Studie bei 60°/s und 300°/s folgende Werte: 1,14 : 1 : 0,66 und 1,19 : 1 : 0,61. Für die nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten ergaben sich in derselben Reihenfolge folgende Auswertungen: 1,09 : 1 : 0,69 und 1,10 : 1 : 0,62. Die signifikant höheren EAR PT-Werte der Tennisspieler in dieser Studie sind für die höheren Werte im linken Teil des Kraftverhältnisses verantwortlich. Diese Krafteigenschaft ist bei Überkopfsportlern mit hohen innenrotatorischen Bewegungsgeschwindigkeiten hinsichtlich der Prävention von Überlastungsschäden wünschenswert. Vergleichbare Studien über Tennisspieler liegen leider nicht vor. Auch bestehen kaum vergleichbare Studien für andere Überkopfsportarten. Von den uns bekannten 4 Studien, die das funktionelle Kraftverhältnis der Schulterrotatoren für Überkopfsportler behandeln, lässt nur die Studie von Noffal (25) einen Vergleich zu. Seine Werte für Baseballspieler weisen große Ähnlichkeit zu unseren Werten auf. Die anderen Studien berichten über niedrigere Werte, was hauptsächlich auf die langsameren Bewegungsgeschwindigkeiten (30°/s, 90°/s, 120°/s) zurückzuführen ist (2, 24, 32).

Das konzentrische Kraftverhältnis der Rotatoren spiegelt sich im rechten Teil des Dreikomponenten-Verhältnisses wider. Die Werte bei 60°/s entsprechen den Werten, die für eine 'balancierte' Schulter in der Literatur vorgeschlagen werden (12). Doch bei 300°/s-Bewegungsgeschwindigkeiten ist das Kraftverhältnis niedriger ausgefallen. Die Innenrotatoren zeigten bei hohen Geschwindigkeiten einen geringeren PT-Verlust als die Außenrotatoren. Dieses Kraftverhalten dürfte unserer Meinung nach auf die trainingsspezifische Adaptation der Schulterrotatoren bei den Tennisspielern zurückzuführen sein. Interessanterweise zeigten die nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten ein ähnliches, konzentrisches Kraftverhalten, obwohl ihre PT-Werte im Durchschnitt niedriger ausfielen.

Eine Dysbalance des konzentrischen Kraftverhältnisses wird in der Literatur entweder als eine sportartspezifische Adaptation der Rotatorenmanschetten und somit als eine leistungsrelevante Dysbalance des Sportlers (7) oder aber als ein potentielles Risikofaktor für Überlastungsschäden gedeutet (4, 19, 35, 36). Die statistisch ausgewerteten Unterschiede der beiden Untersuchungsgruppen in dieser Studie sind als tendenzielle und leistungsorientierte Unterschiede aufgrund repetitiven Mehrgebrauchs der Schulter bei den Tennisspielern anzusehen. Diese Normwerte der schultergesunden Tennisspieler weisen keine ausgeprägte Dysbalance auf, deshalb sind sie auch nicht per se als ein Risikofaktor für eine eventuelle spätere Verletzung anzuführen.

Die Interpretation von Kraftverhältnissen sollte unbedingt unter Berücksichtigung der einzelnen maximalen Drehmomente der jeweiligen Bewegungen erfolgen. Zum Beispiel kann ein relativer Kräfteabfall auf der rechten Seite des Dreikomponenten-Kraftverhältnisses entweder auf einen Kraftgewinn der Innenrotatoren oder auch auf ein Kraftdefizit der Außenrotatoren zurückzuführen sein. Routinemäßige isokinetische Kraftmessungen bei Leistungstennisspielern könnten mögliche Abweichungen im Frühstadium diagnos-

Tabelle 3: Dreikomponenten-Kraftverhältnis bei 60°/s und 300°/s Winkelgeschwindigkeiten

	Dreikomponenten-Kraftverhältnis (EAR : KIR : KAR)	
	60°/s	300°/s
Tennisspieler (n=10)	1,14 : 1 : 0,66	1,19 : 1 : 0,61
Nichtspezifisch trainierende Sportstudenten (n=10)	1,09 : 1 : 0,69	1,10 : 1 : 0,62

(Mittelwert bezogen auf KIR=1; EAR: exzentrische Außenrotation, KIR: konzentrische Innenrotation, KAR: konzentrische Außenrotation)

tizieren. Diese Auswertungen dürften hinsichtlich der Leistungsorientierung und der Prävention sowie Rehabilitation von Überlastungsschäden eine zusätzliche Hilfe bieten.

Weitere wichtige Aspekte in Prävention und Rehabilitation der Schulter sind die glenohumerale Rotationsbeweglichkeit und die Kinematik der Scapula (29).

### Klinische Relevanz

Schulterverletzungen sind häufige Ursachen für Leistungsminderung oder -abbruch im Tennis (11, 18, 27, 38). Bei Schulterschmerzen liegt häufig eine Affektion der Rotatorenmanschette vor. Funktionelle Kraftverhältnismessungen der Schulterrotatoren bieten eine objektive Hilfe für die Diagnose einer möglichen Dysbalance (30, 31).

Prävention und sportartspezifische Rehabilitation müssen speziell bei Leistungsspielern u.a. ein leistungsbezogenes, dem charakteristischen Bewegungsmuster angepasstes Kraftverhältnis der beteiligten Muskulatur anstreben. Normwerte geben dabei wichtige Hilfen. Bei Tennisspielern kann eine isolierte Schwäche oder Atrophie des M. Infraspinatus vorliegen (31); es kann aber auch sein, dass bei erhaltener konzentrischer Leistungsfähigkeit Defizite im exzentrischen Bereich auftreten können (20). Deshalb ist eine ganzheitliche Bewertung der konzentrischen und exzentrischen Kraftwerte von Vorteil. Die klinische Relevanz liegt besonders in der sportartspezifischen Rehabilitation. Das Dreikomponenten-Kraftverhältnis könnte dem betreuenden Sportmediziner in der sportartspezifischen Rehabilitation eine zusätzliche quantitative Hilfe leisten.

### Fazit

Diese Studie gibt erste Informationen über das Dreikomponenten-Kraftverhältnis der Rotatorenmanschette bei Leistungstennisspielern und bei Nichtüberkopfsportlern. Die Tennisspieler zeigen eine signifikant höhere exzentrische Außenrotationskraft. Das drückt sich auf der linken Seite des Dreikomponenten-Kraftverhältnisses durch einen größeren Wert gegenüber den Nichtüberkopfsportlern aus. Normwerte solcher Kraftverhältnisse bieten in Prävention und Rehabilitation von Verletzungen eine wichtige Hilfe.

Dies ist die erste Studie, die das funktionelle Kraftverhältnis der Schulterrotatoren bei Tennisspielern im Vergleich zu nichtspezifisch trainierenden Sportstudenten untersucht. Auch wird hier zum ersten Mal ein 'Dreikomponenten-Kraftverhältnis' der Schulterrotatoren für Tennisspieler vorgeschlagen. Jedoch ist ein größeres Probandengut nötig, bevor von etablierten Normwerten gesprochen werden kann.

## Literatur

1. *Alfredson H, Pietila T, Lorentzon R*: Concentric and eccentric shoulder and elbow muscle strength in female volleyball players and non-active females. *Scand J Med Sci Sports* 8 (1998) 265-270.
2. *Bak K, Magnusson SP*: Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *Am J Sports Med* 25 (1997) 454-459.
3. *Basset RW, Browne AO, Morrey BF, An KN*: Glenohumeral muscle force and moment mechanics in a position of shoulder instability. *J Biomech* 23 (1993) 405-415.
4. *Bradley JP, Tibone JE*: Electromyographic analysis of muscle action about the shoulder. *Clin Sports Med* 10 (1991) 789-804.
5. *Chandler TJ, Kibler WB, Stracener EC, Ziegler AK, Pace B*: Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *Am J Sports Med* 20 (1992) 455-458.
6. *Codine P, Bernard PL, Pocholle M, Benaim C, Brun V*: Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Med Sci Sports Exerc* 29 (1997) 1400-1405.
7. *Cohen BD, Mont MA, Campbell KR, Vogelstein BN, Loewy JW*: Upper extremity physical factors affecting tennis serve velocity. *Am J Sports Med* 22 (1992) 746-750.
8. *Cook EE, Gray VL, Savinar-Nogue E*: Shoulder antagonistic strength ratios: A comparison between college-level baseball pitchers and non-pitchers. *J Orthop Sport Phys* 8 (1987) 451-461.
9. *Dillman CJ, Fleisig GS, Andrews JR*: Biomechanics of pitching with emphasis upon shoulder kinematics. *J Orthop Sports Phys Ther* 18 (1993) 402-408.
10. *Duda M*: Prevention and treatment of throwing arm injuries. *Physician Sportsmed* 13 (1985) 181-186.
11. *Ellenbecker TS*: Rehabilitation of the shoulder and elbow injuries in tennis players. *Clin Sports Med* 14 (1995) 87-108.
12. *Ellenbecker TS, Davies GJ*: The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *J Athletic Training* 35 (2000) 338-350.
13. *Ellenbecker TS, Davies GJ, Rowinski MJ*: Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff. *Am J Sports Med* 16 (1988) 64-69.
14. *Ellenbecker T, Roeter EP*: Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *J Sci Med Sport* 6 (2003) 63-70.
15. *Elliot B, Marsh T, Blansky B*: A three dimensional cinematographic analysis of the tennis serve. *Int J Sport Biomech* 2 (1986) 260-271.
16. *Hinton RY*: Isokinetic evaluation of shoulder rotational strength in high school baseball pitchers. *Am J Sports Med* 16 (1988) 174-179.
17. *Jobe FW, Tibone JE, Perry J, Moynes D*: An EMG analysis of the shoulder in throwing and pitching: a preliminary report. *Am J Sports Med* 11 (1983) 3-5.
18. *Kibler WB, McQueen C, Uhl T*: Fitness evaluations and fitness findings in competitive junior tennis players. *Clin Sports Med* 7 (1988) 403-416.
19. *Leroux JL, Codine P, Thomas E, Pocholle M, Mailhe D, Blotman F*: Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome. *Clin Orthop* 304 (1994) 108-115.
20. *Mayer F, Horstmann T, Küsswetter W, Dickhuth HH*: Isokinetik-Eine Standortbestimmung. *Dtsch Z Sportmed* 45 (1994) 272-287.
21. *Mayer F, Horstmann T, Röcker K, Heitkamp HC, Dickhuth HH*: Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *Int J Sports Med* 15 Suppl (1994) 19-25.
22. *McMaster WC, Long SC, Caiozzo VJ*: Isokinetic torque imbalances in the rotator cuff of the elite water polo player. *Am J Sports Med* 19 (1991) 72-75.
23. *Mont MA, Cohen DB, Campbell KR, Gravare K, Mathur SK*: Isokinetic concentric versus eccentric training of shoulder rotators with functional evaluation of performance in elite tennis players. *Am J Sports Med* 22 (1994) 513-518.
24. *Ng GY, Lam PC*: A study of antagonist/agonist isokinetic work ratios of shoulder rotators in men who play badminton. *J Orthop Sports Phys Ther* 32 (2002) 399-404.
25. *Noffal GJ*: Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *Am J Sports Med* 31 (2003) 537-541.
26. *Perry J*: Biomechanics of the shoulder, in: Rowe, CR (Hrsg): *The Shoulder*. Churchill Livingstone, New York/Edinburgh, London, 1988, 1-15.
27. *Priest JD, Braden V, Gerberich SG*: The elbow and tennis. Part I. An analysis of players with and without pain. *Physician Sportsmed* 8 (1980) 81-91.
28. *Ryu RK, McCormick J, Jobe FW, Moynes DR, Antonelli DJ*: An electromyographic analysis of shoulder function in tennis players. *Am J Sports Med* 16 (1988) 481-485.
29. *Schmidt-Wiethoff R, Rapp W, Mauch F, Schneider T, Brüggemann P*: Ultraschallgestützte Bewegungsanalyse der glenohumeralen Rotationsbeweglichkeit bei Elite-Tennisspielern. *Dtsch Z Sportmed* 54 (2003) 44-48.
30. *Schmidt-Wiethoff R, Rapp W, Schneider T, Haas H, Steinbrück K, Gollhofer A*: Funktionelle Schulterprobleme und Muskelimbalance beim Leistungssportler mit Überkopfbelastung. *Dtsch Z Sportmed* 51 (2000) 327-335.
31. *Schmidt-Wiethoff R, Rapp W, Mauch F, Steinbrück K*: Muscular imbalance and impingement syndrome of the shoulder in competitive tennis players. *Int J Sports Med* 20 Suppl. 1 (1999) 97.
32. *Scoville CR, Arciero RA, Taylor DC, Stoneman PD*: End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: A new perspective in shoulder strength assessment. *J Orthop Sport Phys* 25 (1997) 203-207.
33. *Sirota SC, Malanga GA, Eischen JJ, Laskowski ER*: An eccentric- and concentric strength profile of shoulder external and internal rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 25 (1997) 59-64.
34. *Thorstensson A, Grimby G, Karlsson J*: Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscle. *J Appl Physiol* 40 (1976) 12-16.
35. *Warner JP, Micheli LJ, Arslanian LE, Kennedy J, Kennedy R*: Patterns of flexibility, laxity, and strength in normal shoulders with instability and impingement. *Am J Sports Med* 18 (1990) 366-375.
36. *Wilk KE, Andrews JR, Arrigo CA, Keirns MA, Erber DJ*: The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *Am J Sports Med* 21 (1993) 61-66.
37. *Wilk KE, Johnson RD, Levine B*: A comparison of peak torque values of the knee extensor and flexor muscle group using Biodex, Cybex and Kin-Com isokinetic dynamometers. *Phys Ther* 67 (1987) 789-790.
38. *Winge S, Jorgensen U, Nielsen AL*: Epidemiology of injuries in Danish championship tennis. *Int J Sports Med* 10 (1989) 368-371.

### Korrespondenzadresse:

Ass. Doz. Dr. med. Cengizhan Özgürbüz  
Spor Hekimligi Anabilim Dalı  
Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi  
35100 Bornova, İzmir; Türkei  
e-mail: ozgurbuz@med.ege.edu.tr