

I. Aydin, Y. Yildiz, C. Özgürbüz, H. Yumur, Ü. Genç, T.A. Kalyon

Die propriozeptive Fähigkeit der normalen und der instabilen Schulter

Proprioceptive function of healthy and unstable shoulder joints

Militärische medizinische Akademie Gülhane, Fachbereich Sportmedizin, Ankara - Türkei.
(Leiter: Prof. Dr. med. TA Kalyon)

Zusammenfassung

Propriozeptive Mechanismen bewirken durch eine Interaktion zwischen der Kapsel und den ligamentären Bändern mit den dynamischen Muskelkräften eine gewisse Stabilität des Glenohumeralgelenks. Ziel dieser Studie war es, die propriozeptive Fähigkeit bei gesunden und instabilen Schultern zu untersuchen. Die untersuchten 46 Probanden wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe bestand aus 20 schultergesunden Probanden, die zweite Gruppe aus 26 Probanden mit instabilen Schultern. Für die Erfassung der Gelenkstellung wurden Cybex II und ein elektronischer Goniometer verwendet. In der ersten Gruppe ergaben sich statistisch gesehen keine signifikanten Unterschiede zwischen der dominanten und der nicht-dominanten Schulter. In der zweiten Gruppe ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen der stabilen und der instabilen Schulter. Dies weist darauf hin, dass eine durch Verletzungen der Schulterkapsel und/oder der ligamentären Schulterstrukturen ausgehende Schädigung der Afferenzen vermutlich eine gestörte Propriozeptivität bewirkt.

Schlüsselwörter: Propriozeption, Schultergelenk, Gelenkstellung, isokinetisches System.

Einleitung

Der Komplexität der Gelenkstruktur wegen ist die Schulter bei sportlichen Aktivitäten eines der am meisten verletzten Gelenke. Eine anteriore Dislokation kann mit Schädigungen der Ligamente, Rupturen bzw. Defekte im Sehnenbereich der Rotatorenmanschette, Frakturen des proximalen Humerus oder neurologischen Affektionen miteinhergehen. Sportler, bei denen die Leistung hauptsächlich von einer uneingeschränkten Schulterfunktion abhängt, können bei einer Instabilität des Glenohumeralgelenks die gewohnten Bewegungsabläufe nicht gewährleisten. Während die allgemeine Häufigkeit der Rekurrenz nach einer glenohumeralen Dislokation in der allgemeinen Bevölkerung zwischen 33-50 % liegt, steigt diese bei unter 20jährigen auf 66-92 % an. Die Häufigkeit der Rekurrenz der glenohumeralen Dislokation ist bei Sportlern (83 %) gegenüber den Nichtsporttreibenden (30 %) relativ hoch (19).

Der Nachweis von Mechanorezeptoren im Lig. coracoclavicularis und Lig. coracoakromiale, der glenoidalen Kapsel, dem Labrum glenoidale und der Bursa subacromialis sind ein

Summary

Proprioceptive mechanisms appear to play a role in stabilizing the glenohumeral joint and may serve as a means of interaction between the static stabilizers and the dynamic muscle restraints. The aim of this study was to investigate proprioception of subjects with healthy or unstable shoulder joints. Shoulder proprioception was measured in 46 subjects who were assigned to two experimental groups: Group 1 (n=20), healthy subjects; Group 2 (n=26), patients with anterior instability. Joint position sense was measured with a Cybex II isokinetic dynamometer and electronic goniometer. The results revealed no significant differences in proprioception between dominant and nondominant shoulders in group 1. Significant differences were found between unstable and uninvolved shoulders for active joint position sense in group 2. These results imply that damage in capsuloligamentous structures and muscles can lead to proprioceptive deficits because of partial deafferentation.

Key words: Proprioception, shoulder joint, joint position sense, isokinetic system.

Indiz dafür, dass die Propriozeption im Glenohumeralgelenk eine bestimmte Rolle spielt (6,17,20). Diese Rezeptoren sind Ruffini, Pacinian und Golgi-sehnenorganähnliche Endungen. Mechanorezeptoren können die Veränderungen in der Position und den Bewegungen des Gelenks in elektrophysiologische Signale umsetzen (5). Die Mechanorezeptoren im Schulterbereich können beim Feedback-Mechanismus der muskulären Reflex-Stabilisation eine wichtige Rolle spielen. Dieser Feedback Mechanismus verhindert eine übermäßige Dehnung der Kapsel und der Ligamente. Nach Gelenkverletzungen wird die neuromuskuläre Stabilisation eingeschränkt. Dies ist auf eine Schädigung der Mechanorezeptoren und somit auf partielle Einschränkungen der Afferenzen des Gelenks zurückzuführen. Im Endeffekt kommt zu der auftretenden mechanischen Insuffizienz eine Einschränkung der neuromuskulären Stabilisation hinzu. Diese neue Ausgangslage kann zu repetitiven Traumen und letztendlich zur Instabilität führen (11,12).

In den letzten Jahren wird bei der Therapie der Sportverletzungen vermehrt auf die propriozeptive Beurteilung eingegangen. Die Literatur weist zahlreiche Untersuchungen

der Propriozeption der unteren Extremitäten auf (1,7,8,10,15,18); dahingegen ist im Bereich der oberen Extremitäten die Propriozeption nicht im gleichen Ausmaß untersucht wurden.

In dieser Studie wurden die propriozeptiven Fähigkeiten gesunder und instabiler Schultern untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie sollten im Hinblick auf die folgenden zwei Aussagen diskutiert werden:

1. Die propriozeptive Fähigkeit der Schulter wird durch eine glenohumerale Instabilität eingeschränkt.
2. Es findet sich kein Unterschied bezüglich der propriozeptiven Fähigkeit zwischen der dominanten und nicht dominanten Seite.

Material und Methode

Probandengut: In die Studie wurden 46 Probanden, die sich im Zeitraum zwischen Januar 1998 und November 1998 in unserer Abteilung der Sportmedizin freiwillig gemeldet haben aufgenommen. Die Erstdiagnose der instabilen Gruppe erfolgte in der orthopädischen Abteilung unseres Krankenhauses, wo neben der klinischen Routineuntersuchung auch Röntgenaufnahmen und MRI als unterstützende bildgebende Verfahren benutzt wurden, um eventuelle Frakturen nicht zu übersehen und um über einen möglichen chirurgischen Eingriff zu entscheiden.

Gruppe 1 (n=20): 20 schultergesunde Probanden (18 Männer und 2 Frauen; Alter: $28,8 \pm 4,7$ Jahre, Körperlänge: $172,2 \pm 9,8$ cm, Körpergewicht: $69,2 \pm 14,2$ kg). Die klinische Untersuchung war bei allen unauffällig, es lagen keine anamnestischen Hinweise auf ein Schultertrauma oder chronische Schulterbeschwerden vor. Die Probanden bestätigten, dass sie keinen regelmäßigen Sport mit vermehrtem Einsatz der oberen Extremitäten (wie Tennis, Schwimmen, Handball) ausüben.

Gruppe 2 (n=26): Diese Gruppe bestand aus 26 Probanden (24 Männer und 2 Frauen; Alter: $23,2 \pm 4,7$ Jahre, Körperlänge: $174,3 \pm 7,2$ cm, Körpergewicht: $68,7 \pm 6,7$ kg) mit posttraumatischer, chronischer, anteriorer Subluxation (4 Probanden) oder Luxation (24 Probanden) der Schulter. Keiner der Probanden hatte einen chirurgischen Eingriff der Schulter erfahren. Multidirektionelle und willkürliche Instabilitäten wurden aus der Studie ausgeschlossen. Die Probanden nahmen an keinen Rehabilitationprogrammen der Schulter teil. Nach der Erstdiagnose waren im Durchschnitt 16,9 (8-48) Monate vergangen. Die klinische Untersuchung in unserer Abteilung ergab bei allen Probanden der instabilen Gruppe einen positiven Apprehension-Test.

Messmethode der Propriozeption: Die Propriozeption kann durch Messung der Kinästhesie (Wahrnehmung der Gelenkbewegung) und/oder der Wahrnehmung der Gelenkposition quantifiziert werden. Bei der Messung der Kinästhesie wird die Wahrnehmungsschwelle des Bewegungssinnes bestimmt. Die Wahrnehmung der Gelenkposition wird entweder aktiv (aktive Reposition) oder passiv (passive Reposition) durchgeführt. Dabei wird ein vorher bestimmter Winkel ohne visu-

elle Kontrolle wiederzuerlangen versucht. In dieser Studie wurden für die Testung des Stellungssinns der isokinetische Dynamometer Cybex II und für die Messung der Winkel ein elektronischer Goniometer (Cybex Onclinometer) benutzt. Die Probanden wurden nach der von *Smith, Brunolli und Le-phart et al.* beschriebenen Methode mit bekleidetem Oberkörper getestet (11,19). Die zu testende Schulter wurde in der koronalen Ebene in 90° Abduktion und der Ellbogen in 90° Flexion positioniert. Um die visuelle Kontrolle auszuschalten wurde ein Augenband angelegt. Die Messungen wurden in einem separaten Testraum durchgeführt. Störende Umwelteinflüsse (wie Lärm) wurden vermieden. Die Messungen wurden unter standardisierten und reproduzierbaren Bedingungen gemacht

Der Stellungssinn der Schulter wurde während der Innen- und Außenrotation der Schulter untersucht. Die Startpositionen waren die 0° Position (die oben beschriebene Position) und die 20° Außenrotationsposition. Vor dem Test wur-

Tabelle 1: Fehlerpunkte der Winkelreproduzierbarkeit in der Kontrollgruppe.

Startwinkel Bewegung	0°		20° (in AR)	
	IR	AR	IR	AR
DOMINANTE SCHULTER				
\bar{x}	1,21	1,09	1,19	1,29
s	0,49	0,61	0,66	0,54
Streuung	0,6-2,0	0,5-2,5	0,3-2,3	0,6-2,3
NICHT DOMINANTE SCHULTER				
\bar{x}	1,50	1,42	1,36	1,17
s	0,58	0,66	0,60	0,71
Streuung	0,6-2,3	0,3-2,3	0,3-3,0	0-2,6
Signifikanz	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

(\bar{x} : arithmetischer Durchschnitt, s: Standardabweichung, IR: Innenrotation, AR: Außenrotation)

de die Reihenfolge der zu testenden Schulterseite, die Bewegungsrichtung und die Startposition randomisiert festgestellt. Nach einer standardisierten Aufwärmphase führten die Probanden unter Testbedingungen außerdem noch je dreimal in voller Bewegungsbreite Innen- und Außenrotationsbewegungen aus. Sofort danach wurde mit dem Test begonnen.

Aus der 0° Startposition (oder 20° Außenrotationsposition) wurde die Schulter passiv entweder in 10° Innen- oder Außenrotation bewegt. Der Proband durfte sich dann 10 Sekunden auf diese Position konzentrieren, danach wurde die Schulter wieder passiv in die Ausgangsstellung zurückbewegt. Der Proband versuchte dann aktiv die selbe Gelenkposition einzustellen. Sobald der Proband mündlich mitteilte, dass er die entsprechende Gelenkstellung erreicht hat, wurde die Bewegung gestoppt und die Differenz zwischen dem gezielten und dem erhaltenen Winkel als Fehlerpunkte notiert. Jeder Test wurde dreimal wiederholt. Danach wurde der arithmetische Durchschnitt der Fehlerpunkte errechnet.

Statistische Auswertung: Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS. Die Prüfung auf signifi-

kante Unterschiede wurde mit dem Mann-Whitney U Test durchgeführt. Außerdem wurde bei 12 randomisiert bestimmten Probanden aus der Gruppe 2 (instabile Gruppe) in einem Abstand von einer Woche derselbe Test zweimal wiederholt. Der Test-Retest Koeffizient betrug $r=0,84$.

Ergebnisse

1. Gruppe: In der Kontrollgruppe ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Fehlerpunkten der dominanten und nicht dominanten Seiten bei den Innen- und Außenrotationsbewegungen nach beiden Startpositionen (Tab. 1).
2. Gruppe: Die instabilen Schultern hatten im Vergleich zu den kontralateralen Schultern statistisch signifikant höhere Fehlerquoten (Tab. 2).

Tabelle 2: Fehlerpunkte der Winkelreproduzierbarkeit in der instabilen Gruppe.

Startwinkel Bewegung	0°		20° (in AR)	
	IR	AR	IR	AR
INSTABILE SCHULTER				
\bar{x}	2,10	2,07	2,02	1,98
s	1,15	0,91	1,03	0,97
Streubreite	0,3-4,3	0,6-4,0	0,6-4,0	0,6-4,3
KONTRALATERALE SCHULTER				
\bar{x}	1,06	1,47	1,44	1,36
s	0,63	0,66	0,60	0,78
Streubreite	0-2,6	0,3-2,3	0,6-2,6	0-3,3
Signifikanz	$p>0,001$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$

Zwischen den instabilen Schultern der 2. Gruppe und den normalen Schultern der Kontrollgruppe ergaben sich statistisch signifikante Unterschiede (Tab. 3).

Tabelle 3: Unterschiede zwischen der instabilen Schulter und der dominanten Schulter der Kontrollgruppe.

Startwinkel Bewegung	0°		20° (in AR)	
	IR	AR	IR	AR
INSTABILE SCHULTER				
\bar{x}	2,10	2,07	2,02	1,98
s	1,15	0,91	1,03	0,97
DOMINANTE SCHULTER DER KONTROLLGRUPPE				
\bar{x}	1,21	1,09	1,19	1,29
s	0,49	0,61	0,66	0,54
Signifikanz	$p>0,05$	$p>0,001$	$p>0,001$	$p>0,05$

(\bar{x} : arithmetischer Durchschnitt, s: Standardabweichung, IR: Innenrotation, AR: Außenrotation)

Auch zeigte die kontralaterale Seite der instabilen Gruppe im Vergleich zu der gesunden Kontrollgruppe schlechtere Ergebnisse auf. Abgesehen von der Winkelreproduktionsfähigkeit mit der Innenrotationsbewegung nach der neutralen Startposition wurden bei den anderen drei Verfahren höhere Fehlerpunkte erzielt. Allerdings reichte diese Differenz für eine statistische Signifikanz nicht aus (Tab. 4).

Tabelle 4: Unterschiede zwischen der kontralateralen Seite der instabilen Gruppe und der dominanten Schulter der Kontrollgruppe.

Startwinkel Bewegung	0°		20° (in AR)	
	IR	AR	IR	AR
INSTABILE SCHULTER				
\bar{x}	1,06	1,47	1,44	1,36
s	0,63	0,66	0,60	0,78
DOMINANTE SCHULTER DER KONTROLLGRUPPE				
\bar{x}	1,21	1,09	1,19	1,29
s	0,49	0,61	0,66	0,54
Signifikanz	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$	$p>0,05$

(\bar{x} : arithmetischer Durchschnitt, s: Standardabweichung, IR: Innenrotation, AR: Außenrotation)

Diskussion

Überkopaktivitäten gehen mit einer großen Beanspruchung des glenohumeralen Gelenks einher. Die glenohumerale Gelenkkapsel muss während einer Wurfbewegung eine bestimmte Mobilität aufweisen. Um der Subluxation des Humeruskopfes entgegenzuwirken, muss sie zugleich aber auch eine ausreichende Stabilität aufzeigen. Die funktionelle Stabilität des Glenohumeralgelenks wird durch ein optimales Gleichgewicht zwischen der Stabilität und der Mobilität des Glenohumeralgelenks geprägt. Während der mittleren Bewegungsphase, wo die Gelenkkapsel und die ligamentären Strukturen relativ „lose“ sind, wird die Stabilität durch die Muskeln der Rotatorenmanschette aufrechterhalten. Gegen Ende der Bewegung nehmen die Kapsel und die ligamentären Strukturen wieder vermehrt an der Stabilität des Gelenkes teil (14). Durch ein adäquates Zusammenwirken der Scapulastabilisation, der glenohumeralen Gelenkstabilisation und der Kontrolle des Humerus, sowie durch deren normale neuromuskuläre Kontrolle wird die funktionelle Stabilität der Schulter gewährleistet. Der neuromuskuläre Kontrollmechanismus stützt sich auf ein Feedback, das durch die Dehnung der glenohumeralen Gelenkkapsel und der ligamentären Strukturen entsteht. Eine Verletzung dieser Strukturen kann durch eine Störung der neuromuskulären Mechanismen zur funktionellen Instabilität der Schulter führen (14).

Die Gelenkkapsel wird als das primäre periphere Rezeptororgan in der Propriozeption des Gelenkes angesehen. Neuere Studien zeigen, dass die Kapselrezeptoren nicht nur in extremen Gelenkstellungen sondern auch durch die während der Translation des Humeruskopfes über dem Glenoid entstehenden Kompressions- und Druckkräfte aktiviert werden (4). Auch den Muskelrezeptoren wird bei der Wahrnehmung der Gelenkstellung eine wichtige Rolle zugeordnet (3,13).

Um über eine Stimulation der Muskel- und Gelenkrezeptoren eine funktionelle Messung der Afferenzen zu erhalten, haben wir die Tests des Stellungssinnes aktiv durchgeführt (12). Die propriozeptive Fähigkeit wurde während der Innen- und Außenrotationsbewegung untersucht. Diese Bewegungen werden insbesondere bei Überkopaktivitäten häufiger ausgeübt und können deshalb als relativ funktionelle Bewe-

gungsmuster angesehen werden. Als Startpositionen (Winkel) wählten wir die zwei Positionen bei 0° und bei 20° in Außenrotation. Um mögliche durch Ängste auftretende Einfluss- und Störfaktoren und potentielle Subluxationsgefahren zu umgehen, wurden größere Winkel vermieden.

Ziel dieser Studie war es, die Propriozeption der Probanden mit instabilen und gesunden Schultern zu vergleichen. Bei schultergesunden Probanden fanden wir keinen Unterschied zwischen den dominanten und nicht-dominanten Schultern. Die durchschnittliche Fehlerquote betrug für die Rotationsbewegung zwischen $1,1 \pm 0,6^\circ$ und $1,5 \pm 0,6^\circ$. Ähnliche Ergebnisse zeigen frühere Studien für die unteren und oberen Extremitäten bei Sportlern und Nichtsportlern (11,19). Die Fehlerquote der instabilen Schultergruppe war im Vergleich zu den kontralateralen Schultern und der Kontrollgruppe statistisch signifikant höher (Tab. 2,3). Dieser Unterschied zeigte sich bei Bewegungen aus beiden Startpositionen, sowohl bei der Innen- als auch bei der Außenrotation. Die statistische Signifikanz war in der Innenrotation für die 0° Startposition am größten ($p=0,0009$).

In der mittleren Bewegungsphase lässt der Tonus der Gelenkkapsel und der ligamentären Strukturen nach. In dieser Phase wird der Humeruskopf durch die Zugkraft der Rotatorenmanschettenmuskeln im Glenoid gehalten (17). Dieser Tatbestand weist auf eine mögliche Schädigung des dynamischen Mechanismus (Rotatorenmanschettenmuskel) durch eine Subluxation des Glenohumeralgelenks in der Neutralposition hin. Am Ende der Gelenkbewegung nehmen die Kapsel und die ligamentären Strukturen vermehrt an der Gelenkstabilisation teil. Die Fehlerquoten waren während der Außenrotationsbewegungen im Vergleich zu den Innenrotationsbewegungen niedriger. Dies weist auf eine exaktere Propriozeption der Außenrotationsbewegung hin. Mit Steigerung des Stellungswinkels der Außenrotationsbewegung fiel die Fehlerquote. Durch eine größere Dehnung der Kapsel, der ligamentären Strukturen und der Rotatorenmanschettensehne in der Außenrotationsbewegung wird möglicherweise der afferente Ast der Propriozeption stärker stimuliert. Demgegenüber lässt die gedehnte Haltung der Kapsel und der ligamentären Strukturen während der Innenrotationsbewegung nach der 0° Startposition nach. Das Nachlassen der Dehnung führt wiederum zu einer geringeren Stimulation der Afferenzen und somit zu einer verringerten propriozeptiven Kontrolle. Die Schulter wurde in der Außenrotationsbewegung bis 30° bewegt (Startposition bei 20° plus Bewegung: 10°). Um möglichen Schmerzen, verkrampften Bewegungen und Subluxationen vorzubeugen, haben wir keine größeren Bewegungsbreiten getestet.

Blaiser *et al.* (2) fanden bei schultergesunden Probanden, dass die Außenrotationsbewegung gegenüber der Innenrotationsbewegung statistisch signifikant niedrigere Fehlerquoten aufweist und dass dies gegen Ende der Bewegung ausgeprägter wird. In dieser Studie zeigte sich auch ein gleichgerichteter Unterschied, obwohl es zu einer statistischen Signifikanz nicht ausreichte. Wir führen das auf den von uns bestimmten Bewegungswinkel zurück (extreme Bewegungswinkel wurden vermieden). Weitere Unterschiede zur Studie

von Blaiser *et al.* stellen die aktive Repositionsbewegung und die Auswahl des Probandengutes unserer Studie dar.

Ähnliche Zusammenhänge wie die schlechteren Ergebnisse der Winkelreproduzierbarkeit der kontralateralen Seite der instabilen Gruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe sind auch von anderen Autoren dokumentiert wurden (9,11). Dieser Befund deutet auf die überaus komplexe Regelung der Propriozeption hin. Außer den peripheren propriozeptiven Mechanismen sind vermutlich auch zentralgesteuerte Steuerungen effektive Faktoren der Propriozeption (21).

Die wichtige Rolle des propriozeptiven Mechanismus in der Stabilisation des Glenohumeralgelenks und beim Funktionieren des Feedbacks zwischen der Kapsel und den ligamentären Strukturen mit den dynamischen Muskelkomponenten ist ersichtlich. Elektromyografische und biomechanische Studien zeigen, dass die Rotatorenmanschettenmuskel und der *m. biceps* für die normal funktionierende Schulter erforderlich sind (16). Da in den untersuchten instabilen Schultern die straffe Struktur dieses Ligamentes nicht mehr vorhanden war, wird in der selben Studie dem inferioren glenohumeralen Ligament auch eine Rolle in der Schulterstabilisation zugeschrieben. Dieses Nachlassen der straffen Haltung kann zu einer Verminderung der neuromuskulären Kontrolle führen. In diesem Fall kann es durch die auftretende Insuffizienz der Propriozeption zu rekurrenten Instabilitäten und zu progressiver Schädigung der Schulterstrukturen kommen (16).

Klinische Relevanz

- 1) Die Testmethode dieser Studie scheint nach der Test-Retest Methode zuverlässig zu sein. Diese Methode könnte als Testprotokoll für die Testung der Propriozeption und bei Rehabilitationprogrammen benutzt werden.
- 2) Die Ergebnisse weisen auf eine propriozeptive Insuffizienz bei instabilen Schultern hin. Verletzungen des Gelenkes führen neben einer mechanischen Instabilität auch zu einer Einschränkung der Propriozeption und der neuromuskulären Kontrolle. Deshalb müssen in der Rehabilitation neben der dynamischen Stabilität auch die Propriozeption und der neuromuskuläre Mechanismus geschult werden.

Résumé

Diese Studie gibt Informationen über die propriozeptiven Fähigkeiten der instabilen und der normalen Schulter. Wir haben gesehen, dass die Schulterdominanz die Propriozeption nicht beeinflusst, dass aber chronische, posttraumatische, anteriore Schulterinstabilitäten eine signifikante Schädigung der propriozeptiven Fähigkeit bewirken. Traumen der glenohumeralen Gelenkkapsel, des Labrums, der Ligamente und der periartikulären Muskeln können zu Schädigungen der lokalen Mechanozeptoren führen. Dem zentralen Nervensystem werden vermutlich deswegen die notwendigen

Informationen verzögert zugeteilt, was wiederum den Schutz durch die stabilisierende Wirkung der Rotatorenmanschettenmuskeln vermindert.

Literatur

1. *Barrack R, Skinner HB, Brunet ME, Cook SD*: Joint kinesthesia in the highly trained knee. *J Sports Med Phys Fitness* 24 (1983) 18-20.
2. *Blasier RB, Carpenter JE, Huston LJ*: Shoulder proprioception: effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthopädic Rev January* (1994) 45-50.
3. *Borsa PA, Lephart SM, Kocher MS*: Functional assessment and rehabilitation of shoulder proprioception for glenohumeral instability. *J Sports Rehab* 3 (1994) 84-104.
4. *Grigg P, Hoffman AH*: Properties of Ruffini afferents revealed by stress analysis of isolated sections of cats knee capsule. *J Neurophysiol* 47 (1982) 41-54.
5. *Grigg P, Hoffman AH*: Calibrating joint capsule mechanoreceptor as in vivo soft tissue load cells. *J Biomech* 22 (1989) 781-785.
6. *Hall AL, McCloskey DI*: Detection of movement imposed on finger, elbow and shoulder joint. *Rehab* 335 (1983) 519-533.
7. *Hall MG, Ferrell WR, Sturrock RD, Hamblen DL, Baxendale RH*: The effect of hypermobility syndrome on knee joint proprioception. *Brit J Rheumatology* 34 (1995) 121-125.
8. *Jerosch J, Castro WHM, Hoffstetter I, Bischof M*: Propriozeptive Fähigkeiten bei Probanden mit stabilen und instabilen Sprunggelenken. *Dtsch Z Sportmed* 45 (1994) 380-389.
9. *Jerosch JG*: Effect of shoulder instability on joint proprioception. *FSMER Workshop, Pittsburgh, 1997.*
Konradsen L, Ravn JB, Sørensen AI: Proprioception at the ankle: the effect of anesthetic blockade of ligament receptors. *J Bone Joint Surg* 75-B (1993) 433-436.
10. *Lephart SM, Warner JP, Borsa PA et al*: Proprioception of the shoulder joint in normal, unstable, and surgical individuals. *J Shoulder Elbow Surgery* 3 (1994) 4-10.
11. *Lephart SM, Fu FH*: The role of proprioception in the treatment of sports injuries. *Sports Exercise and Injury* 1 (1995) 96-102.
12. *Lephart SM, Henry TJ*: The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sports Rehab* 5 (1996) 71-87.
13. *Lippitt SB, Vanderhooff JE, Harris SL et al*: Glenohumeral stability from concavity compression: a quantitative analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2 (1993) 27-35.
14. *McNair PJ, Marshall RN, Maguire K, Brown C*: Knee joint effusion and proprioception. *Arch Phys Med Rehabil* 76 (1995) 566-568.
15. *Pollock RG*: The role of shoulder relative to restoration of neuromuscular control and joint kinematics. *FSMER Workshop, Pittsburgh, 1997.*
16. *Rodosky MV, Harner CD, Fu FH*: The role of the long head of biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med* 2 (1994) 121-130.
17. *Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L*: Mechanoreceptors in human cruciate ligaments: a histological study. *J Bone Joint Surg* 61A (1987) 243-247.
18. *Smith RL, Brunolli J*: Shoulder kinesthesia after shoulder dislocation. *Phys Ther* 69 (1989) 106-112.
19. *Solomonov M, Guanache C, Wink C et al*: Mechanoreceptors and reflex arc in the feline shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 5 (2, part 1) (1996) 139-146.
20. *Wojtys EM, Huston LJ*: Neuromuscular performance in normal and ACL deficient lower extremities. *Am J Sports Med* 22 (1994) 89-104.

Anschrift für die Verfasser:
Ass. Doz. Dr. med. Taner Aydin
Spor Hekimlii Anabilim Dal1
Gülhane Askeri T1p Akademisi
06018 Etlik, Ankara
Tel: 90 (312) 3044576
Fax: 90 (312) 4359412
E-mail: tayd1n@gata.edu.tr