



J. Jerosch^{1,2},
L. Thorwesten²,
M. Reuter²

Propriozeptive Fähigkeiten im Bereich des Ellenbogengelenkes von Hochleistungstischtennispielerinnen

Proprioceptive capabilities of the elbow joint in elite female table tennis players

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie
(Direktor: Prof. Dr. W. Winkelmann)¹
Institut für Sportmedizin (Komm. Direktor: PD Dr. med. J. Jerosch)²

Zusammenfassung

In einer experimentellen Untersuchung wurden mit Hilfe eines Winkelreproduktionstests propriozeptive Fähigkeiten des Ellenbogengelenkes bei Hochleistungstischtennispielerinnen überprüft und mit einer Kontrollgruppe verglichen.

Weder in der Kontrollgruppe noch bei den Tischtennispielern fanden sich signifikante Unterschiede zwischen der dominanten und nicht dominanten Extremität. Ohne Sichtkontrolle war die Winkelreproduktionsfähigkeit signifikant schlechter als mit Sichtkontrolle. Bei 30° und 60° Flexion wurden die Winkel im Gegensatz zur 90° Position systematisch überschätzt. Weder bei den absoluten noch bei den real erzielten Winkelabweichungen zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Hochleistungstischtennispielerinnen und dem Kontrollkollektiv.

Schlüsselwörter: Ellenbogengelenk, Propriozeption, Tischtennis

Summary

In elite female table tennis players the proprioceptive capabilities of the elbow joint were evaluated by an angle reproduction test. The results were compared to a control group.

There were no differences between the dominant versus the nondominant extremity in the control group nor in the table

tennis players. Without visual control the angle reproduction capability was significant worse compared to the test situation with visual control. The 30° and 60° flexion position was generally overestimated. This was not the case for the 90° position. Neither the absolute angle deviation values nor the real angle deviation values showed significant differences between the two groups.

Keywords: elbow joint, proprioception, table tennis

Einleitung

Propriozeption ermöglicht die Wahrnehmung der Position und Bewegungen von Gelenken und Gliedmaßen sowie eine Abschätzung der notwendigen Muskelkraft zur Einhaltung oder Änderung einer Gelenkposition. Sie setzt sich zusammen aus Stellungssinn, Bewegungssinn und Kraftsinn.

Heute werden von vielen Autoren die Gelenkrezeptoren als primäre Mechanismen der Propriozeption angesehen (4, 6, 13, 14), wengleich *Craske* (7) den Muskelspindeln und *Moberg* (21) den Hautrezeptoren große Bedeutung einräumen. Die Diskussion hierzu ist sicher noch nicht beendet. Die Bedeutung der Propriozeptivität für den Sport und das sportmotorische Lernen wird in fast allen Standardwerken der Sportliteratur (11, 12, 20) sowie auch in neueren Publikationen (1, 9) nachhaltig unterstrichen.

Dabei werden Begriffe wie kinästhetische Differenzierungsfähigkeit als hochbedeutsam für die koordinative Leistungsfähigkeit eines Sportlers angesehen.

Neben den motorischen Hauptbeanspruchungsformen Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit und Beweglichkeit kommt gerade beim Tischtennis vor allem der Koordination eine entscheidende Bedeutung für die erfolgreiche Ausübung dieses Sports zu (10, 18). Koordination unter Zeitdruck, exakte Bewegungsausführungen, Umstellungs-, Kopplungs-, Orientierungs-Reaktionsfähigkeit sind hier ebenso aufzuführen, wie antizipatorische und andere kognitive Elemente. Vor allem aber die kinästhetische Differenzierungsfähigkeit wird immer wieder in den Vordergrund gestellt.

In der vorliegenden Studie gingen wir der Frage nach, ob im Bereich des Ellenbogengelenkes derartige propriozeptive Vorteile regelhaft bei Hochleistungstischtennispielern zu beobachten sind.

Material und Methoden

Probandenauswahl

Für die Untersuchungen standen 17 Tischtennispielerinnen der oberen Leistungskategorie zur Verfügung. Davon befanden sich sechs unter den ersten 50 der Weltrangliste, sechs weitere waren Nationalspielerinnen und die restlichen fünf waren C- bzw. D-Kader-Mitglieder.

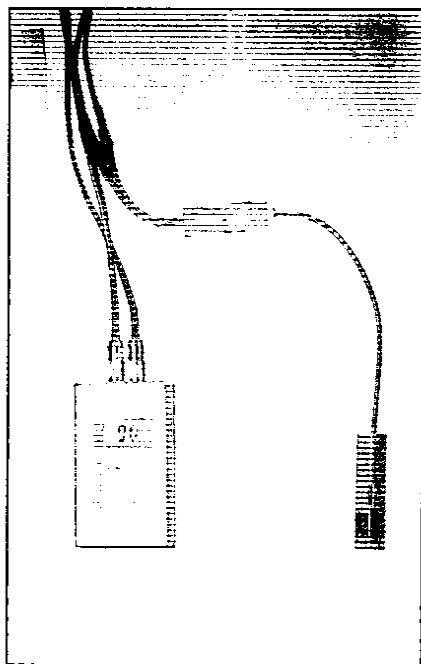
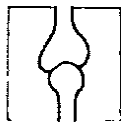


Abbildung 1: Winkelmeßgerät und Meßaufnehmer des Elektrogoniometers

Das Durchschnittsalter betrug 24,5 Jahre (18-33 Jahre). Sie repräsentieren eine internationale Zusammensetzung von Sportlerinnen aus China, Deutschland, Kroatien, den Niederlanden, Rumänien, Rußland und Slowenien. Die Kontrollgruppe bestand aus 23 17- bis 56jährigen Frauen (Durchschnittsalter 32,8 Jahre), die bisher keine Tischtenniserfahrung oder sonstige sportpezifische Erfahrung hatten. Bei keinem der Probanden lagen chronische Beschwerden oder akute Verletzungen des Ellenbogen vor.

Meßmethode

Die Winkelmessungen wurden mit einem Elektrogoniometer (Penny&Giles®) durchgeführt. Dieses Gerät besteht aus einem Meßaufnehmer, dessen zwei Schenkel (Abb.1) bei gestreckt supiniertem Arm seitlich an Oberarm und Unterarm mit doppelseitigem Klebeband auf die Haut aufgebracht und zusätzlich mit Klettbandern befestigt wurden (Abb.2).

Die Probandinnen wurden aufgefordert, bei supiniertem Unterarm Ellenbogenflexionen von 30°, 60° und 90° einzunehmen und dies noch einmal zu wiederholen. Die exakte Einstellung des Winkels konnten sie dabei auf dem Display selbst kontrollieren. Im Anschluß an diese Phase wurden die Winkelreproduktionsmessungen jeweils mit und ohne visuelle Kontrolle durchgeführt.

Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programmpaket SPSS 6.0.1. Von jeder relativen Winkelabweichung wurde gleichzeitig auch die absolute Abweichung als Betrag der Differenz zwischen Winkelvorgabe und reproduziertem Winkel berechnet. Zur vergleichenden Gegenüberstellung zweier Merkmale (rechte/linke Seite; mit/ohne visuelle Kontrolle) innerhalb einer Testgruppe (verbundene Stichproben) wurde zunächst deren Distanz berechnet und diese dann auf ihre Verteilung hin untersucht. Ergab sich eine Normalverteilung, wurde der t-Test nach Student (Prüfgröße=t) angewandt. Bei nicht normalverteilten Differenzen wurden die Variablen über den Wilcoxon-Test verglichen.

Zwei Variablen aus unterschiedlichen Testgruppen (unabhängige Stichproben) wurden zunächst einzeln auf ihre Verteilung hin untersucht und anschließend entweder dem Zweistichproben-t-Test für normalverteilte Stichproben oder dem Mann-Whitney-U-Test (Prüfgröße=u) für nicht normalverteilte Stichproben unterzogen (Voraussetzung: Varianzgleichheit).

Die bei diesen Tests ermittelten Irrtumswahrscheinlichkeiten wurden bei $p \leq 0,05$ als „schwach signifikant“ (*), $p \leq 0,01$ als „signifikant“ (**) und

$p \leq 0,001$ als „höchst signifikant“ (***) bewertet. Werte zwischen $p \leq 0,15$ und $p \leq 0,05$ wurden im folgenden als „Tendenzen“ diskutiert.

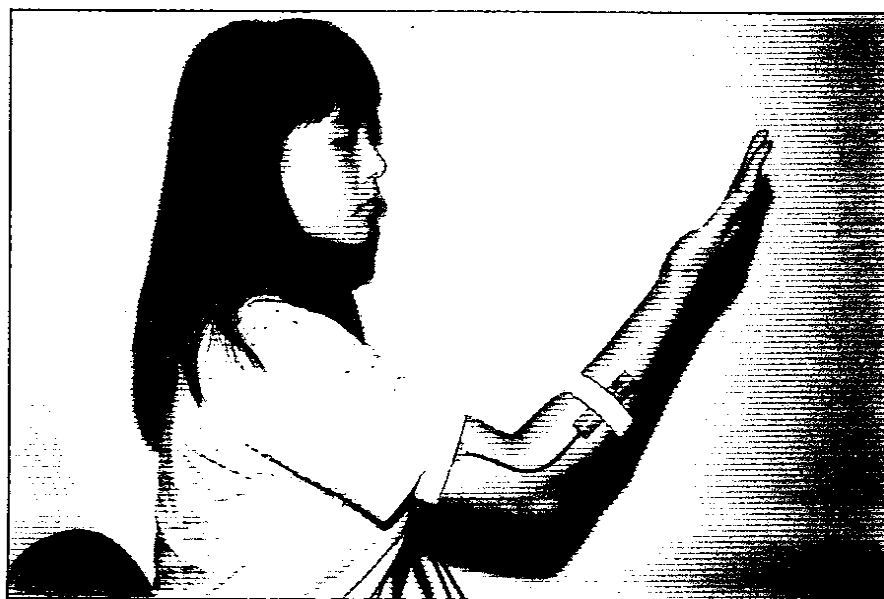
Die Prüfung dreier Variabler (3 Winkelstellungen) gegeneinander erfolgte mittels ihrer absoluten Abweichungen mit dem Friedman-Test (Prüfgröße=c), einem nichtparametrischen Verfahren für mehr als zwei verbundene Stichproben. Nichtparametrisch, da in allen Fällen immer zumindest eine der drei Variablen nicht normalverteilt war. Ergab dieser Test eine Irrtumswahrscheinlichkeit $\leq 0,1$ wurde zur Herausarbeitung der signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Variablen der Test von Wilcoxon und Wilcox (Prüfgröße=z) für multiple Vergleiche angewandt.

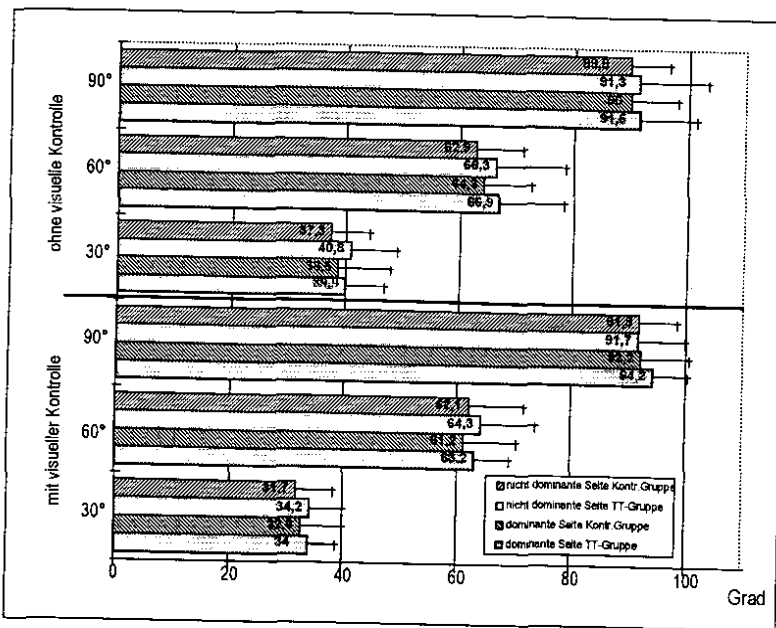
Ergebnisse

I. Real erzielte Abweichungen von den Winkelvorgaben

Die Auswertung der real erzielten Winkel gibt eine Richtung an, in der die jeweilige Testgruppe von der Vorgabe abweicht. Signifikante Unterschiede zwischen zwei Gruppen sagen hierbei nicht aus, daß ein Kollektiv den vorgegebenen Winkel exakter reproduziert. Die Darstellung der real erzielten Winkel zeigt nur, ob die Winkelvorgabe von der einen Gruppe anders (i.S. von verschieden) reproduziert wurde, als von der anderen.

Abbildung 2: Meßanordnung am Ellenbogen





dominante Seite	mit visueller Kontrolle			ohne visuelle Kontrolle		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
TT-Gruppe	34,0 ±4,8	63,2 ±6,2	94,2 ±6,2	39,9 ±6,9	66,9 ±11,3	91,5 ±10,0
Kontr. Gruppe	32,6 ±7,4	61,2 ±9,3	92,2 ±8,4	38,5 ±9,4	64,3 ±8,4	90,0 ±8,2
2-tail Sig (p)	0,525	0,472	0,437	0,625	0,429	0,869
Sig-niveau	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
nicht dominante Seite	mit visueller Kontrolle			ohne visuelle Kontrolle		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
TT-Gruppe	34,2 ±5,8	64,3 ±9,6	91,7 ±8,1	40,8 ±8,3	66,3 ±12,2	91,3 ±12,1
Kontr. Gruppe	31,7 ±6,6	62,1 ±9,6	91,8 ±6,6	37,3 ±6,8	62,9 ±8,1	89,8 ±6,7
2-tail Sig (p)	0,234	0,178	0,984	0,168	0,303	0,665
Sig-niveau	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 1: Mittelwerte der real erzielten Positionswinkel für die Ellenbogen-Flexion. TT-Gruppe versus Kontrollgruppe

Der Vergleich der Ergebnisse mit/ohne visuelle Kontrolle für die Tischtennisgruppe zeigte, daß die reproduzierten Winkel bei 30° und 60° in allen Fällen über der Winkelvorgabe liegen, wobei die reproduzierten Winkel mit Sichtkontrolle jedoch weniger überschritten werden als ohne Sichtkontrolle. Jeweils hochsignifikante Unterschiede ergeben sich beim Vergleich der 30° Winkelstellungen auf beiden Seiten. Der Vergleich der Ergebnisse zwischen dominanter und nicht dominanter Seite zeigt keine signifikanten Unterschiede.

Für die Kontrollgruppe sind beim Vergleich der Ergebnisse mit/ohne visuelle Kontrolle die gleichen Tendenzen erkennbar, wie beim entsprechenden Vergleich innerhalb des Tischtennis Kollektivs. Die Mittelwerte der 30° und 60° Reproduktionen liegen höher als die Vorgabe,

ohne visuelle Kontrolle deutlicher als mit visueller Kontrolle. Der Durchschnitt der 90° Positionswinkel liegt allerdings ohne Sichtkontrolle niedriger als mit visueller Kontrolle. Ein höchst signifikanter Unterschied ergab sich bei 30° auf der dominanten Seite, ein hoch signifikanter Wert bei 30° auf der nicht dominanten Seite. In allen Fällen wurde die Vorgabe mit visueller Kontrolle deutlicher überschritten als ohne. Wie bei der Gruppe der Tischtennispielerinnen zeigte sich auch im Kontrollkollektiv kein signifikanter Unterschied zwischen der dominanten und der nicht dominanten Seite.

Der Vergleich beider Testkollektive ergab keinerlei signifikante Unterschiede. Qualität und Quantität der Ergebnisse ähneln sich auffällig (Tab.1).

II. Absolute Abweichungen von den Winkelvorgaben

Die arithmetisch gemittelten mathematischen Beträge der Abweichungen von den Winkelvorgaben sind ein Maß für die Genauigkeit der Winkelreproduktionen. An ihnen ist abzulesen, wie weit ein Testkollektiv bei der Reproduktion eines Winkels vom Sollwert entfernt lag. Signifikante Unterschiede zwischen zwei Gruppen lassen eine Aussage über die differente Qualität (i.S. von Exaktheit) zweier Testgruppen bei der Reproduktion eines Gelenkwinkels zu.

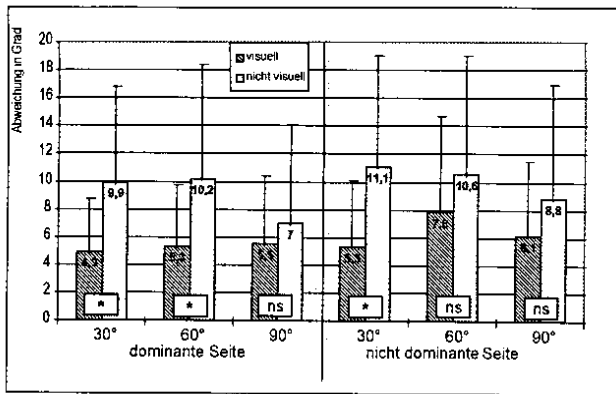
a) Tischtennisgruppe

Vergleich der Abweichungen mit/ohne visuelle Kontrolle: Die Abweichungen von den Winkelvorgaben sind in allen Fällen größer bei den Tests ohne visuelle Kontrollmöglichkeit. Gleiches gilt für die entsprechenden Standardabweichungen (Tab.2). Signifikant werden diese Differenzen bei 30° und 60° Flexion auf der dominanten und bei 30° Flexion auf der nicht dominanten Seite. Ein weiterer tendenzieller Unterschied besteht bei 90° Flexion auf der nicht dominanten Seite. Der Vergleich dominante gegen nicht dominante Seite erbrachte keine statistisch aussagekräftigen Unterschiede. Eine Überprüfung auf überzufällige Unterschiede in den Abweichungen der drei verschiedenen Positionen konnte keine signifikanten Differenzen feststellen.

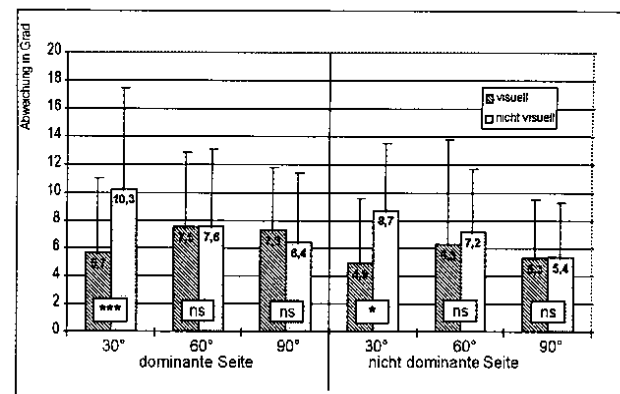
b) Kontrollgruppe

Vergleich der Abweichungen mit/ohne visuelle Kontrolle: Bei 30° Flexion ergeben sich jeweils signifikante Unterschiede zugunsten der Reproduktionen mit visueller Kontrolle (auf der dominanten Seite sogar höchst signifikant), ein weiteres tendenzielles Ergebnis liegt bei 60° auf der nicht dominanten Seite vor (Tab.3). Bei 60° und 90° Flexion auf der dominanten und 90° Flexion auf der nicht dominanten Seite sind die Übereinstimmungen der gemittelten Absolutwerte und ihrer Standardabweichungen allerdings sehr groß.

Trotz durchweg geringerer Winkelabweichungen auf der nicht dominanten Seite zeigt der Vergleich der Abweichungen zwischen dominanter und nicht dominanter Seite keine statistisch abgesicherten Unterschiede. Wie bei der Tischtennisgruppe konnten auch hier keinerlei statistische Unterschiede zwischen der



n = 15	dominante Seite			nicht dominante Seite		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
visuell	4,9 ± 3,8	5,3 ± 4,4	5,5 ± 4,9	5,3 ± 4,8	7,8 ± 6,9	6,1 ± 5,4
nicht visuell	9,9 ± 6,9	10,2 ± 8,2	7,0 ± 7,1	11,1 ± 7,9	10,6 ± 8,4	8,8 ± 8,1
2-tail Sig (p)	0,019	0,019	0,351	0,011	0,510	0,101
Sig-niveau	*	*	n.s.	*	n.s.	tendenz.



n = 21	dominante Seite			nicht dominante Seite		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
visuell	5,7 ± 5,3	7,5 ± 5,4	7,3 ± 4,5	4,9 ± 4,7	6,3 ± 7,5	5,3 ± 4,2
nicht visuell	10,3 ± 7,2	7,6 ± 5,5	6,4 ± 5,0	8,7 ± 4,9	7,2 ± 4,5	5,4 ± 3,9
2-tail Sig (p)	0,000	0,927	0,556	0,011	0,128	0,919
Sig-niveau	***	n.s.	n.s.	*	tendenz.	n.s.

Tab. 2: Mittelwerte der absoluten Abweichung von den Winkelvorgaben für die Ellenbogen-Flexion in der TT- Gruppe, visuell versus nicht visuell.

Tab. 3: Mittelwerte der absoluten Abweichung von den Winkelvorgaben für die Ellenbogen-Flexion in der Kontrollgruppe, visuell versus nicht visuell.

Reproduktionsqualität der einzelnen Winkelpositionen aufgezeigt werden.

c) Vergleich Tischtennisgruppe/Kontrollgruppe

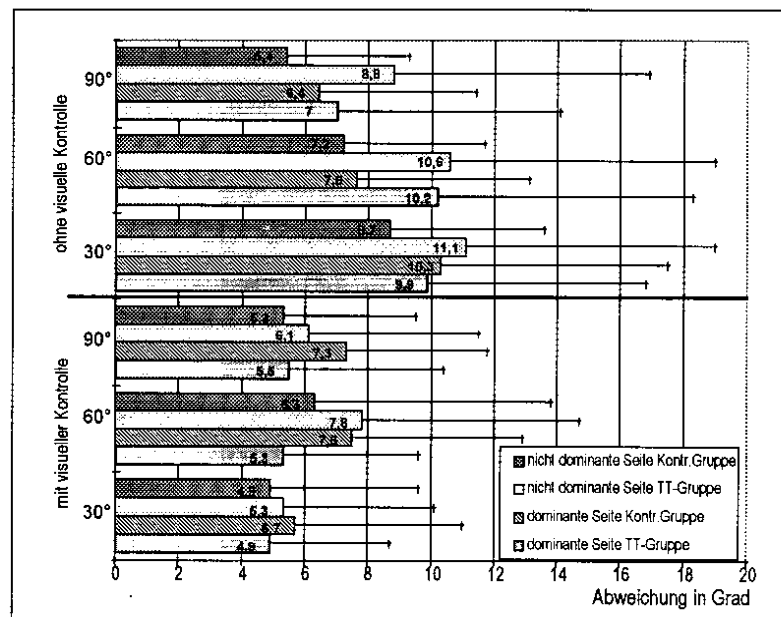
Diese Auswertung erbringt weder signifikante noch tendenzielle Ergebnisse (Tab.4). Auffällig ist allenfalls, daß die Tischtennisspielerinnen die insgesamt genauesten Annäherungen an die Sollwerte auf der dominanten Seite mit visueller Kontrolle erzielen, aber auch die größten Abweichungen auf der nicht dominanten Seite ohne visuelle Kontrolle, während die Kontrollgruppe deutlich weniger Schwankungen diesbezüglich aufweist.

Diskussion

Die von uns dokumentierte Reduktion der Winkelreproduktionsfähigkeit ohne Sichtkontrolle ist von unterschiedlichen Autoren beschrieben worden (3, 5). Ein visuelles Feedback ermöglicht exaktere Mechanismen motorischer Steuerung, die der reinen Propriozeption, basierend auf afferenten Impulsen von Haut, Muskel und Gelenkrezeptoren überlegen ist.

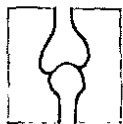
Spezifische Studien zur Propriozeption des Ellenbogens liegen in der Literatur jedoch nur im begrenzten Umfang vor.

1982 führte Soechting (22) Untersuchungen zur Propriozeption im Ellenbogen-



dominante Seite	mit visueller Kontrolle			ohne visuelle Kontrolle		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
TT-Gruppe	4,9 ± 3,8	5,3 ± 4,3	5,5 ± 4,9	9,9 ± 6,9	10,2 ± 8,1	7,0 ± 7,1
Kontr. Gruppe	5,7 ± 5,3	7,5 ± 5,4	7,3 ± 4,5	10,3 ± 7,2	7,6 ± 5,5	6,4 ± 5,0
2-tail Sig (p)	0,892	0,261	0,287	0,854	0,472	0,799
Sig.niveau	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
nicht dominante Seite	mit visueller Kontrolle			ohne visuelle		
	30°	60°	90°	30°	60°	90°
TT-Gruppe	5,3 ± 4,8	7,8 ± 6,9	6,1 ± 5,4	11,1 ± 7,9	10,6 ± 8,4	8,8 ± 8,1
Kontr. Gruppe	4,9 ± 4,7	6,3 ± 7,5	5,3 ± 4,2	8,7 ± 4,9	7,2 ± 4,5	5,4 ± 3,9
2-tail Sig (p)	0,940	0,345	0,940	0,301	0,162	0,225
Sig.niveau	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabelle 4: Mittelwerte der absoluten Abweichung von den Winkelvorgaben für die Ellenbogen-Flexion TT-Gruppe versus Kontrollgruppe.



gelenk durch. Er zeigte, daß die Versuchspersonen genauer in der Lage waren, die Unterarmstellung im Raum wiederzugeben als den Winkel im Ellenbogengelenk. 1986 wurde die Untersuchung von *Soechting* unter leicht veränderten Bedingungen von *Worringham et al.* (23) wiederholt. Sie kamen zu den gleichen Ergebnissen. Die Neigungswinkel des Unterarmes wurden auch hier exakter reproduziert als die Winkel im Ellenbogengelenk. Die Autoren sahen in teilweisem Widerspruch zu *Soechting* gravitationsabhängige Veränderungen als entscheidende Komponente für die Perzeption von Neigungswinkeln im Unterarm an. Unterstützt wurden *Worringham et al.* durch die Untersuchungen von *Fisk et al.* (8), welche Winkelreproduktionen im Ellenbogengelenk unter veränderten Schwerkraftbedingungen, Bewegungsgeschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen durchführten.

Besonders deutlich zeigte sich in unserer Untersuchung ein einheitliches und konstantes Über- bzw. Unterschreiten von vorgegebenen Winkelstellungen. Dies gilt vor allem für die 30° und 60° Winkel. Dieses Phänomen zeigt sich auch bei anderen Autoren, wird jedoch nur selten speziell diskutiert (3, 8, 23). *Kuhn* (19) vermutet, daß bei Winkelreproduktions-Tests immer die Tendenz besteht, einen mittleren Bewegungsausschlag anzustreben. Dieses würde die von uns dokumentierte Tendenz erklären, vor allem bei den Versuchen ohne visuelle Kontrolle den 30° und 60° Flexionswinkel zu überschreiten, während der 90° Winkel dagegen eher unterschritten wurde.

Einen Seitenunterschied zwischen dominanter und nicht dominanter Seite konnten wir nicht nachweisen. Dieses stimmt mit Untersuchungen anderer Autoren überein (2, 15, 16, 17).

Unsere ursprüngliche Hypothese propriozeptiver Vorteile koordinativ besonders geschulter Menschen kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht belegt werden. Es wäre allerdings vorstellbar, daß sich in gezielten Tests mit Athleten aus sogenannten verlaufsorientierten Sportarten (Kunstturnen, rhythmische Sportgymnastik, Eiskunstlaufen, Wasserspringen, etc.) oder künstlerischen Bewegungsbereichen, die hohe Reproduktionsgenauigkeiten erfordern (Bal-

lett, Pantomime, Pianisten, etc.) weitere Hinweise ergeben.

Literatur

1. *Bernstein, N.*: The problem of the interrelation of coordination and localization. In: *Whiting H.T.A.* (Hrsg.): *Human Motor Action*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1994, pp. 77-119.
2. *Blasier, R.B., J.E. Carpenter, L.J. Huston*: Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position and direction of motion. *Orthop. Rev.* 23 (1994), 45-50.
3. *Cody, F.W.J., B. Lövgreen, W. Schady*: Increased dependence upon visual information of movement performance during visuomotor tracking in cerebellar disorders. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 89 (1993), 399-407.
4. *Coiton, Y., J.C. Gilhodes, J.L. Velay, J.P. Roll*: A neural network model for the intersensory coordination involved in goal directed movements. *Biol. Cybern.* 66 (1991), 167-176.
5. *Colangelo, G.A., D.J. Hobart, M.M. Belenky, R.H. Bechtel*: Elbow angle during a simulated task requiring fine psychomotor control. *J. Dent. Educ.* 55 (1991), 785-788.
6. *Cordo, P., L. Carlton, L. Bevan, M. Carlton, G.K. Kerr*: Proprioceptive coordination of movement sequences: role of velocity and position information. *J. Neurophysiol.* 71 (1994), 1848-1861.
7. *Craske, B.*: Perception of impossible limb positions induced by tendon vibration. *Science.* 196 (1977), 71-73.
8. *Fisk, J., J.R. Lackner, P. DiZio*: Gravitoinertial force level influences arm movement control. *J. Neurophysiol.* 69 (1993), 504-511.
9. *Hahn, E.*: Bewegungsvorstellung und psychologisches Training. In: *Hahn E., R. Rieder* (Hrsg.): *Sensomotorisches Lernen und Sportspielforschung*. bps Verlag, Köln 1984, 50-64.
10. *Herold, M.*: Koordinatives Aufwärmprogramm vom Anfänger bis zum Hochleistungssportler. *Tischtennis Lehre* 42 (1994), 29-30.
11. *Hirtz, P.*: Koordinative Fähigkeiten im Schulsport. 2. Auflage. Volk und Wissen, Berlin 1988.
12. *Hollmann, W., T. Hettinger*: Sportmedizin. Arbeits und Trainingsgrundlagen. 3. Auflage. Schattauer, Stuttgart New York 1990, 11-14.
13. *Jerosch, J., W.H.M. Castro, H. Halm, H. Drescher*: Does the glenohumeral joint capsule have proprioceptive capability? *Knee Surg., Sports Traumatol., Arthroscopy* 1 (1993), 80-84.
14. *Jerosch, J., J. Steinbeck, H. Clahsen, M. Schmitz-Nahrath, A. Grosse-Hackmann*: Function of the glenohumeral ligaments in active stabilisation of the shoulder joint. *Knee Surg., Sports Traumatol., Arthroscopy* 1 (1993), 152-158.

15. *Jerosch, J., I. Hoffstetter, H. Bork, M. Bischoff*: The influence of orthoses on the proprioception of the ankle joint. *Knee Surg., Sports Traumatol., Arthroscopy* 3 (1995), 39-46.
16. *Jerosch, J., M. Prymka*: Knee joint proprioception in normal volunteers and patients with anterior cruciate ligament tears, taking special account of the effect of a knee bandage. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 115 (1996), 162-166.
17. *Jerosch, J., L. Thorwesten, J. Steinbeck, R. Reer*: Proprioceptive function of the shoulder girdle in healthy volunteers. *Knee Surg., Sports Traumatol., Arthroscopy* 4 (1996), 219-225.
18. *Klemm, R., M.I. Wöhler*: Erlernen und Verbessern der Differenzierungsfähigkeit beim Vorhand-Topspin. *Tischtennis-Lehre* 28 (1992), 513.
19. *Kuhn, W.*: Motorisches Gedächtnis: Behalten und Vergessen im motorischen Kurzzeitgedächtnis. *Hofmann, Schorndorf* 1984.
20. *Meinel, K., G. Schnabel*: Bewegungslehre Sportmotorik. Abriß einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt. 8., stark überarbeitete Auflage. Volk und Wissen, Berlin 1987, 62-70, 248-250, 398-418.
21. *Moberg, E.*: New facts about hand controlkinaesthesia. *Ann. Chir. Main.* 4 (1985), 6466.
22. *Söchting, J.F.*: Does position sense at the elbow reflect a sense of elbow joint angle or none of limb orientation. *Brain Res.* 248 (1982), 392-395.
23. *Worringham, C.J., G.E. Stelmach, Z.E. Martin*: Limb segment inclination sense in proprioception. *Exp. Brain Res.* 66 (1987), 653-658.

Anschrift für die Verfasser:

Priv.-Doz. Dr. med. J. Jerosch
Westfälische Wilhelms-Universität
Münster
Klinik und Poliklinik für
Allgemeine Orthopädie
Albert-Schweitzer-Str. 33
48149 Münster