

# 2/91

15. Februar · 43. Jahrgang

# KRANKEN GYMNASTIK

**ZEITSCHRIFT  
FÜR PHYSIKALISCHE THERAPIE,  
BEWEGUNGSTHERAPIE, MASSAGE,  
PRÄVENTION UND REHABILITATION**



Offizielles Organ  
des Deutschen Verbandes  
für Physiotherapie –  
Zentralverband  
der Krankengymnasten  
(DGP) e. V.



Pflaum Verlag GmbH & Co. KG  
Postfach 190737  
8000 München 19

Schultergelenk

# KRANKEN GYMNASTIK

## Originalarbeiten

- R. Putz  
Funktionsbezogene Anatomie des Schultergelenks ..... 121
- H. Heers  
Diagnostik von Schultergelenkerkrankungen nach der Methode  
von J. Cyriax ..... 125
- Blumberg, H. et al.  
Krankheitsbild und krankengymnastische Therapie der sympathischen  
Reflexdystrophie (Morbus Sudeck) ..... 128
- D. Seidenspinner  
Das Cebu Doctors' College auf den Philippinen ..... 137
- CIM – Centrum für internationale Migration und Entwicklung –  
Programm Integrierte Fachkraft ..... 142
- J. Beier  
Hochschulstudium für Lehrende in den Medizinalfachberufen –  
über den Studiengang Medizinpädagogik  
an der Humboldt-Universität zu Berlin ..... 146

## Serie: Die freie Praxis

- H.-L. Dornbusch  
Steuerersparnisse durch Einkommensübertragung auf die Kinder ..... 154

**2/91****INHALT**

<b>Schüler informieren</b> .....	161
<b>Briefe</b> .....	167
<b>Referate</b> .....	167
Iliosakralgelenke · Perkutane Spondylodese · Hydrotherapie · Fersenschmerz · Menishektomie · Skoliose · Tennisarm	
<b>Neue Bücher</b> .....	170
Gesunde Füße · Spielformen für Senioren · Fit im Alter · Bewegung am Arbeitsplatz	
<b>Aktuelle Rechtsprechung</b> .....	171
<b>Sozialpolitik</b> .....	172
<b>Steuertips</b> .....	174
<b>Tagungen und Lehrgänge</b> .....	175
<b>Mitteilungen</b> .....	177
<b>Impressum</b> .....	180

**ZVK-Mitteilungen**

<b>Mitteilungen des ZVK und der Landesverbände</b> .....	181
--	-----

**Redaktion:**

Antje Hüter-Becker,  
Heidelberg  
Prof. Dr. med. Harald Thom,  
Nürnberg

**Ärztlicher Beirat**

H. Cotta,  
Prof. Dr. med., Heidelberg  
H. Drexel,  
Prof. Dr. med., München  
M. Feldkamp,  
Prof. Dr. med., Münster  
M. Hackenbroich,  
Prof. Dr. med., Köln  
K.-A. Jochheim,  
Prof. Dr. med., Köln  
W. Wachsmuth,  
Prof. Dr. med., Würzburg  
A. N. Witt,  
Prof. Dr. med., München

**Krankengymnastischer  
Beirat:**

Ortrud Bronner, Basel  
Willy Dumont, Mannheim  
Hilla Ehrenberg, Würzburg  
Werner Kuprian, Königstein  
Kitty Stein, Hamm

# Funktionsbezogene Anatomie des Schultergelenks\*

R. Putz

## Schultergürtel

Nur in Verbindung mit der Verschieblichkeit der Anteile des Schultergürtels zueinander erreicht das Schultergelenk sein großes Bewegungsausmaß, das dem Arm seinen für unser tägliches Leben und für das »Begreifen« der Umwelt ausnutzbaren Bewegungsraum vermittelt. Von den knöchernen Elementen des Schultergürtels ist nur die Klavikula gelenkig und über Bänder mit dem Thorax verbunden (Articulatio sternoclavicularis), während sich die Skapula breitflächig auf dem Thorax verschieben kann. Zwischen dem die Innenfläche der Skapula bedeckenden M. subscapularis und dem M. serratus anterior einerseits sowie diesem Muskel und der Thoraxwand andererseits erstrecken sich zwei durch lockeres Bindegewebe erfüllte Verschieberäume (skapulothorakale Verbindung), von denen sich der tiefer gelegene nach dorsal und

kaudal, der etwas weiter oberflächlich gelegene nach ventral öffnet.

Als Interponat zwischen Humerus und Thorax stellt sich die Skapula bei allen Armstellungen offenbar so ein, daß die auf die Cavitas glenoidalis übertragenen Gelenkkräfte so klein wie möglich gehalten werden können. Im Laufe der ersten 20–30° der Abduktion verschiebt sich die Skapula dabei individuell unterschiedlich etwas nach lateral und rotiert im Verlauf der weiteren Abduktion, bezogen auf das Schultergelenk, etwa im Verhältnis von 1:2 nach außen. Bei Vor- bzw. Rückwärtsbewegung des Armes (Anteversion, Retroversion) kommt es zusätzlich zu einer gleitenden Verschiebung der Skapula nach ventral bzw. kaudal. Die Wertigkeit der einzelnen, den Schultergürtel führenden Muskeln ist sehr un-

terschiedlich. Ausfälle des M. serratus anterior oder des M. trapezius stören das Gleichmaß der skapulothorakalen Verschiebung am meisten.

Skapula und Klavikula stehen zwangsläufig nur über das Akromioklavikulargelenk in Verbindung. Entsprechend der multidirektionalen Verschieblichkeit des Schultergürtels besitzt auch dieses Gelenk trotz seiner relativ festen Bandverbindungen drei Freiheitsgrade. Die streng sagittale Ausrichtung unterstreicht, daß seine statische Funktion darin besteht, das auf der Skapula lastende Gewicht des Armes auf die Klavikula und damit auf die vorderen Thoraxanteile abzustützen (Abb. 1a, 1b).

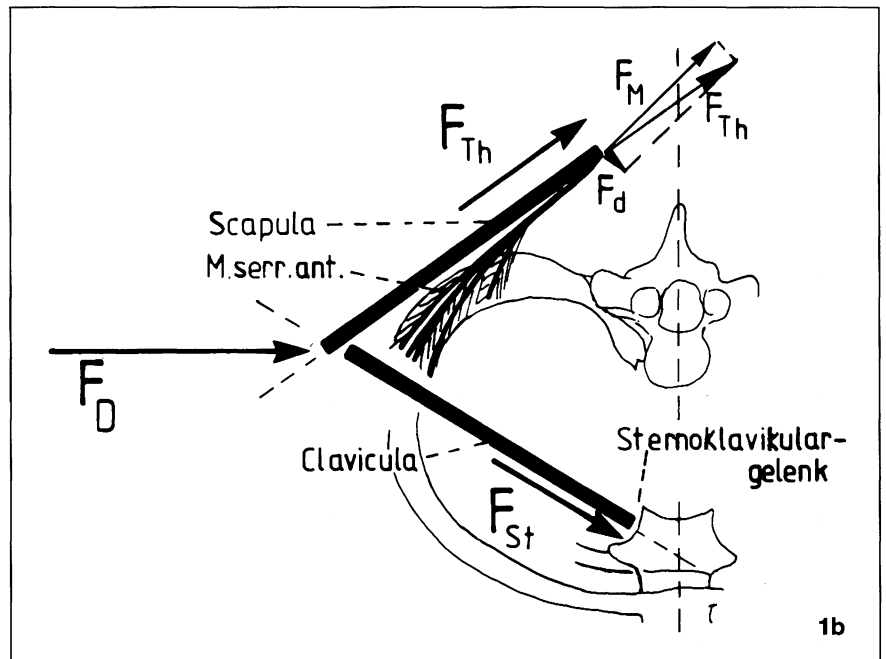
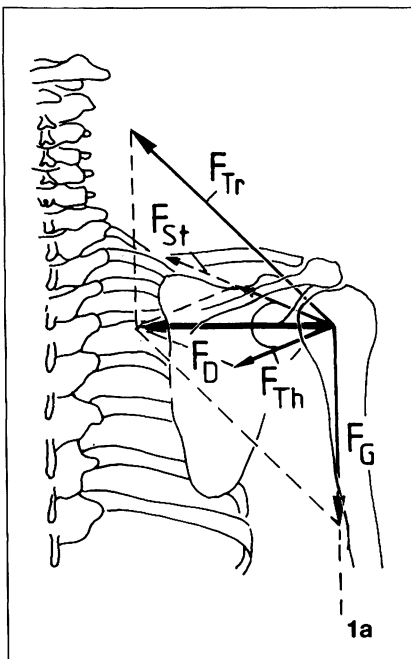
## Schultergelenk

Bei näherer Beschäftigung mit dem Schultergelenk fällt das Mißverhältnis der Gelenkflächen von Cavitas glenoidalis (ca. 6 cm<sup>2</sup>) und Caput humeri (bis zu 24 cm<sup>2</sup>) auf (Abb. 2). Daraus leitet sich neben dem großen Bewegungsumfang des Gelenks auch seine Neigung zur Instabilität ab. Da im Vergleich zu anderen Gelenken des menschlichen Körpers keine nennenswerten gelenkführenden Bänder vor-

**Abb. 1: Übertragung des Armgewichtes ( $F_G$ ) und der damit auf das Schultergelenk wirkenden Kräfte ( $F_D$ ) auf den Thorax. Ein Teil der Kraft wirkt auf das Sternoklavikulargelenk ( $F_{St}$ ), der andere Teil auf die skapulothorakale Auflage ( $F_{Th}$ ).  $F_{Tr}$ , Muskelkraft des M. trapezius.**

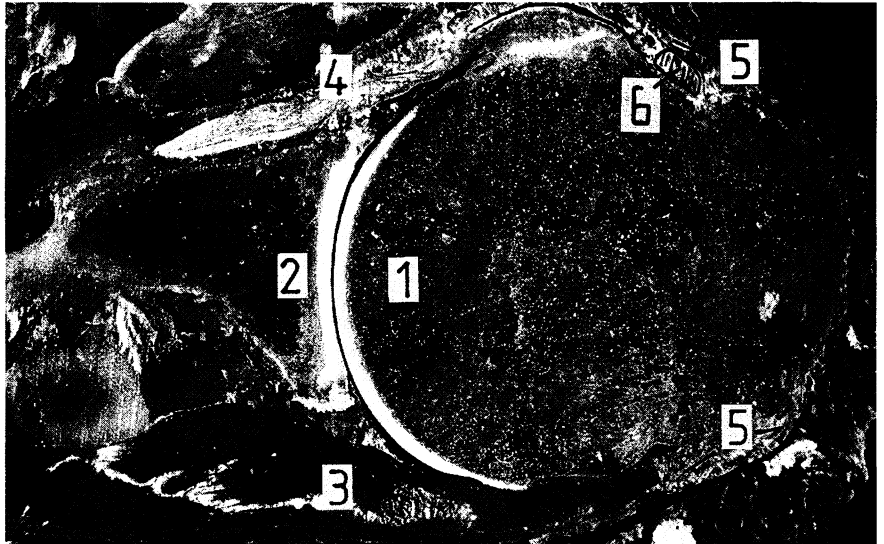
- a) Frontale Projektion, Ansicht von dorsal  
b) Transversale Projektion

\* Vortrag beim Seminar Krankengymnastik im Rahmen des ZMA, Augsburg, Oktober 1989

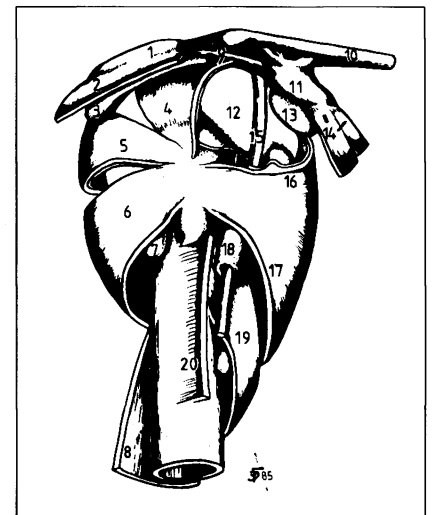


handen sind, muß die Stabilität ausschließlich durch Muskeln garantiert werden (Abb. 3). Lediglich am vorderen Anteil der Gelenkkapsel lassen sich geringfügige Kapselverstärkungen künstlich darstellen, die als Lig. coracohumerale und als Lig. glenohumeralia bezeichnet werden. Nach anatomischen Untersuchungen sind diese Kapselverstärkungen nur in etwa der Hälfte der Präparate zu finden, während sich bei der Arthroskopie entsprechende Falten durch die Parallelverschiebung der Kapsel bei der Manipulation selbstverständlich darstellen lassen.

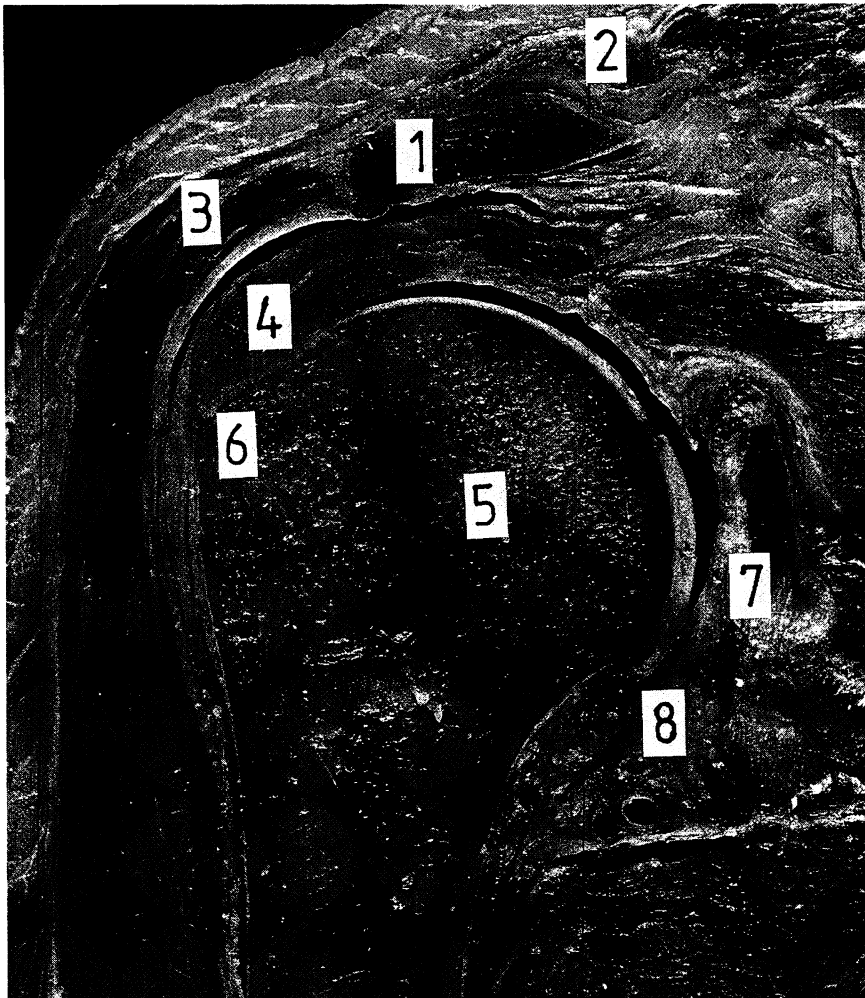
Das Schultergelenk wird überwölbt vom Fornix humeri, dessen ausladende Fortsätze (Acromion und Proc. coracoideus) als weit vorspringende Muskelursprünge aufzufassen sind (Abb. 3, 4). Die Innenstruktur beider Knochenvorsprünge weist dementsprechende Merkmale einer Anpassung an Biegebeanspruchung auf. Sie sind zudem durch das Lig. coraco-



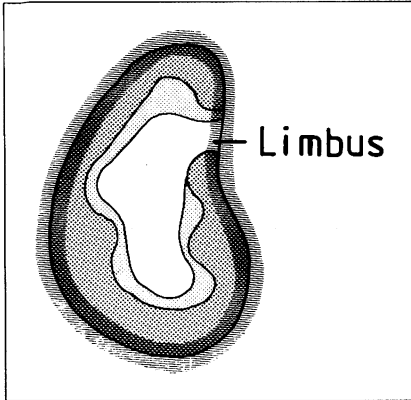
**Abb. 2:** Anatomischer Querschnitt durch ein linkes Schultergelenk, Ansicht von unten  
 1 Caput humeri, 2 Cavitas glenoidalis, 3 M. infraspinatus, 4 M. subscapularis, 5 sog. Rotatorenmanschette, 6 M. biceps brachii (Caput longum)



**Abb. 3:** Muskeln des Schultergelenks, rechtes Schultergelenk von lateral  
 1 Acromion, 2 Ursprungssehne des M. deltoideus (Pars acromialis), 3 Bursa subdeltoidea/subacromialis 4 M. supraspinatus, 5 M. infraspinatus, 6 M. teres minor, 7 Gelenkkapsel, 8 M. triceps brachii (Caput longum), 9 Lig. coracoacromiale, 10 Clavicula, 11 Proc. coracoideus, 12 Caput humeri, 13 Bursa subcoracoidea, 14 M. biceps brachii (Caput breve), M. coracobrachialis, 15 M. biceps brachii (Caput longum), 16 M. subscapularis (oberer Anteil), 17 M. subscapularis (unterer Anteil), 18 Vagina synovialis intertubercularis der Sehne des Caput longum, 19 M. teres major, 20 M. pectoralis major



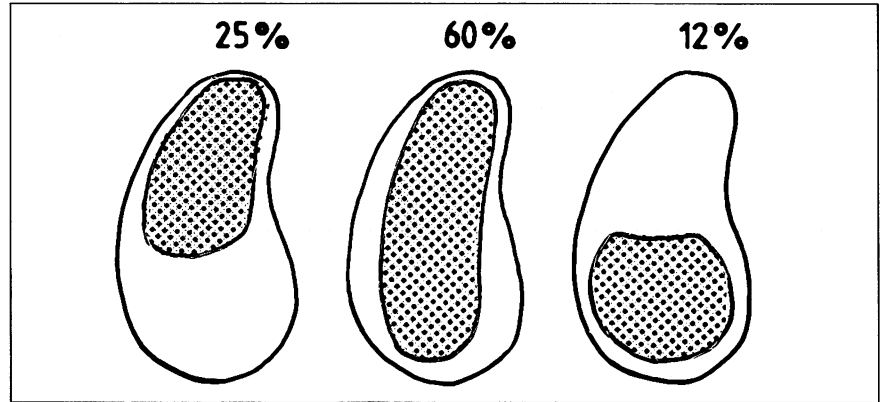
**Abb. 4:** Frontalschnitt durch ein rechtes Schultergelenk, Ansicht von ventral  
 1 Acromion, 2 Art. acromioclavicularis, 3 Bursa subacromialis, 4 sog. Rotatorenmanschette/Ansatz des M. supraspinatus, 5 Humeruskopf, 6 Tuberculum majus, 7 Cavitas glenoidalis, 8 Recessus axillaris



**Abb. 5: Hyaline Knorpelauflage der Cavitas glenoidalis. Die Dicke des Gelenkknorpels nimmt von zentral nach peripher hin zu.**

acromiale gesichert, das die laterale Fortsetzung einer die Fossa supraspinata überspannenden derben Faserplatte darstellt. Sowohl durch das Acromion als auch durch das Lig. coracoacromiale wird allerdings auch der Raum für die Sehne des M. supraspinatus sehr begrenzt, was vor allem bei einem bestehenden Hochstand des Humeruskopfes zu Beschwerden und zu morphologischen Veränderungen des Sehnenansatzes am Tuberculum majus führen kann. Als normal hingegen ist das Anschlagen des Tuberculum majus am Acromion in der Endphase der Abduktion zu betrachten. Die vor allem bei jüngeren Menschen häufig nur von Bindegewebe erfüllten Bereiche der Bursa subacromialis und der Bursa deltoidea sind dabei nicht in der Lage, größere Druckkräfte aufzunehmen, sondern sind als ausgedehnte flächenhafte Verschiebungsräume aufzufassen.

Die Cavitas glenoidalis wird von hyalinem Knorpel bedeckt, der zentral nur etwa 1 mm dünn ist, an den Rändern



aber Werte von 2–3 mm erreicht (Abb. 5). Der gesamte Rand der Gelenkfläche wird in unterschiedlicher Ausbildung vom Labrum glenoidale (Limbus glenoidalis) umgeben, in den von oben her die Sehne des Caput longum des M. biceps brachii nach dorsal einstrahlt. Die ventrale Einziehung der Cavitas glenoidalis wird zudem meist von einem Band überspannt, das der Sehne des M. supraspinatus zuzuordnen ist. In wechselnder Beziehung zu diesem verstärkten Streifen öffnet sich die Bursa subcoracoidea in die Gelenkhöhle.

Die subchondrale Mineralisierung als Ausdruck der Anpassung an die hauptsächlich statische Belastung ist in der Cavitas glenoidalis (beim älteren Menschen) zentral am höchsten, kann aber verschiedentlich nach oben oder nach unten verlagert sein (Abb. 6). In Fällen von offensichtlich pathologischer, statischer Belastung des Schultergelenks finden sich die höchsten Mineralisationsstufen an den Vorder- oder an den Hinterrand gerückt.

Bei jüngeren Personen sind als Ausdruck einer gewissen physiologischen Inkongruenz der Gelenkkörper in der Schulterpfanne zwei Druckmaxima (ventral und dorsal) vorhanden (*Müller – Gerbl*).

**Abb. 6: Verteilung der subchondralen Mineralisierung in der Cavitas glenoidalis. (beim älteren Menschen) Die Mineralisierung ist zentral im allgemeinen am höchsten und ist nur fallweise nach oben oder nach unten verlagert.**

## Statik des Schultergelenks

Vor allem die ausgedehnten Untersuchungen am Hüftgelenk (*Pauwels, Kummer*) haben gezeigt, daß der morphologische Aufbau der Gelenkkörper den tatsächlichen Belastungsverhältnissen über die Zeit entspricht. Eine gleichmäßige Druckverteilung, die für das Hüftgelenk aufgrund seiner weitgehend geschlossenen Kugelform relativ einfach zu funktionieren scheint, ist am Schultergelenk nur durch feinste Steuerung der Muskulatur zu erreichen.

Der in 0-Stellung herabhängende Arm (ca. 5 kg) wird vor dem Herausgleiten aus der Pfanne, was zu einer »Unteren Instabilität« führen würde, u. a. durch den Tonus der abduktorisches Muskeln (M. deltoideus, M. suprascapularis) gehindert. Aufgrund des dabei offensichtlich vorhandenen Gleichgewichtszustandes ergibt sich, daß die Resultierende in etwa durch das Zen-

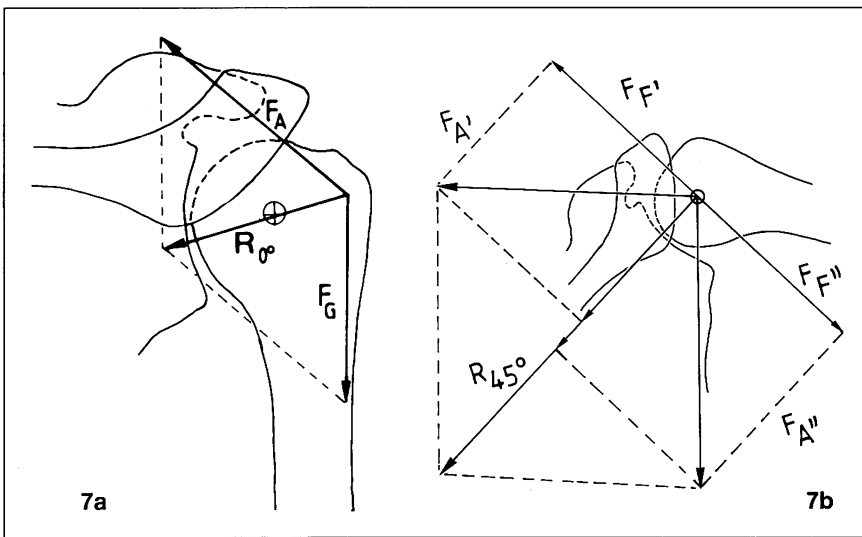


Abb. 7: Statische Kräfte im Schultergelenk

a) Gelenkkräfte bei locker herabhängendem Arm. Die Resultierende ( $R_0$ ) erreicht Werte bis zu dem Gewicht des Armes ( $F_G$ ). ( $F_A$ ) Muskelkraft der Adduktoren.

b) Gelenkkräfte bei einer Abduktion des Armes von ca.  $45^\circ$ . Die Resultierende ( $R_{45}$ ) erreicht Werte bis zum Zweieinhalbfachen des Armgewichtes. Durch die Teilkomponente  $F_F$  der Muskelkraft der Abduktoren ( $F_A$ ) wird der Humeruskopf gegen den Fornix verschoben. Die Teilkomponente  $F_{A''}$  der adduktorischen Muskeln ( $F_A$ ) zieht den Humeruskopf nach kaudal. Die Positionierung (Zentrierung) des Kopfes in der Pfanne entsteht erst aus dem Muskelgleichgewicht beider Teilkomponenten.

trum der Cavitas glenoidalis verlaufen muß (Abb. 7a). Die dadurch entstehende Lagerkraft beträgt ca. das Einfache bis Eineinhalbfache des Armgewichtes.

Bei einer Abduktionshaltung des Armes von  $45^\circ$  verändern sich die Hebelarme der beteiligten Kräfte wesentlich (Abb. 7b). Ausgehend von der Lage des Schwerpunktes des Armes im Bereich des Ellbogengelenks und einer geringen Außenrotation der Skapula würde sich bei ausschließlicher Betätigung der abduktorischen Muskeln die Resultierende auf das Zwei- bis Dreifache des Armgewichtes erhöhen. Außerdem verläuft sie in einem nach unten spitzen Winkel zur Cavitas glenoidalis. Für sich allein betrachtet, müßte dies dazu führen, daß durch die Tangentialkräfte der Humeruskopf gegen den Fornix humeri gedrückt würde. Nun ist aber an der Unterfläche des Fornix humeri bei normalen anatomischen Präparaten kein druckäquivalenter Gewebsumbau in Form einer Einlagerung von Knorpelzellen (Metaplasie) festzustellen. Untersuchungen von Operationsmaterial an Patienten mit Supraspinatussyndrom haben dagegen ergeben, daß in jedem zweiten Fall Veränderungen innerhalb des Bandes auftreten (chondroide Metaplasie), die als Ausdruck einer Anpassung an Druck aufzufassen sind.

Der Fornix humeri ist also unter normalen Verhältnissen in keiner Weise dafür ausgestattet, größeren Druck

aufzunehmen; die Bursa subacromialis, die in erster Linie als großflächiger Verschieberaum aufzufassen ist, kann dies nur in unzureichender Form tun.

Es ist daraus zu folgern, daß im Schultergelenk Einrichtungen vorhanden sein müssen, die den Verlauf der Resultierenden in einer Weise sichern, daß die Druckübertragung ausschließlich über die Gelenkflächen erfolgt. Dies ist die Funktion aller Muskeln, die vom Angulus inferior und vom unteren Teil der Vorder- und Hinterfläche der Skapula entspringen und zum Humeruskopf ziehen (Mm. subscapularis, infraspinatus, teres minor/major). Aufgrund elektromyographischer und stereofotometrischer Untersuchungen wurde dies an sich schon lange vermutet und auch bestätigt (Inman, Poppen und Walker, Lausen). Diese Muskeln bringen die entsprechende Gegenkraft auf, die den Humeruskopf vor der Anpressung an den Fornix humeri schützt. Da die Wirkungslinie dieser unterhalb der Spina gelegenen Muskeln allerdings schräg nach medial verläuft, entsteht damit auch eine zusätzliche Druckkomponente im Sinne weiterer Anpressung des Humeruskopfes an die Cavitas glenoidalis. Diese ist knapp gleich groß wie die ursprüngliche Druckkomponente durch die abduktorischen Muskeln, so daß sich damit die Lagerkraft im Schultergelenk nahezu verdoppelt und Werte bis zum Fünffachen des Armgewichtes erreicht (Abb. 7b).

In einer Abduktionshaltung des Armes von  $90^\circ$  werden diese Werte noch gesteigert. Durch die Rotation der Skapula wird zwar einerseits die Verschiebekomponente des Humeruskopfes in Richtung Fornix erhöht, andererseits die Druckkomponente der nach unten ziehenden Muskeln verringert. Nach eigenen geometrischen Darstellungen treten Werte von etwa der Hälfte des Körpergewichtes auf, andere Autoren (Bodem) kommen zu Werten von der Größe des Körpergewichtes. Es ist klar, daß durch das Heben und Abstreifen einer Last die Lagerkraft im Schultergelenk aufgrund der ungünstigen Hebelverhältnisse noch weiter zunehmen kann.

Zur Zentrierung der Resultierenden in der Cavitas glenoidalis ist der Gegenzug der unteren, abduktorischen Muskeln des Schultergelenks absolut notwendig. Es ist deshalb nicht auszuschließen, daß das chronische Höherreten des Humeruskopfes und die schmerzhafte Druckerhöhung zur Fornix humeri hin Folge einer Fehlsteuerung der Muskelkoordination im Bewegungsablauf sein könnte.

**Literatur** beim Verfasser.

*Anschrift des Verfassers:*  
Univ.-Prof. Dr. med. R. Putz  
Anatomische Anstalt  
Pettenkofferstraße 11  
8000 München 2