

# Biomechanik der gesunden und kranken Schulter

Ergebnisse praxisbezogener Grundlagenforschung  
7. Münchner Symposion  
für experimentelle Orthopädie

Herausgegeben von  
Hans Jürgen Refior, Wolfgang Pletz  
Michael Jäger und  
Matthias H. Hackenbroch

147 Abbildungen, 15 Tabellen



1985

Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York

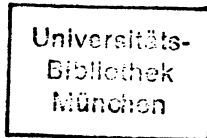
6 811 008

**CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek**

**Biomechanik der gesunden und kranken Schulter : Ergebnisse praxisbezogener Grundlagenforschung / 7. Münchner Symposium für Experimentelle Orthopädie.** Hrsg. von Hans Jürgen Refior . . . – Stuttgart ; New York : Thieme, 1985.

NE: Refior, Hans Jürgen [Hrsg.]; Münchner Symposium für Experimentelle Orthopädie <07, 1985>

**Wichtiger Hinweis:** Medizin als Wissenschaft ist ständig im Fluß. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Kenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, daß Autoren, Herausgeber und Verlag größte Mühe darauf verwandt haben, daß diese Angabe genau dem **Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht. Dennoch ist jeder Benutzer aufgefordert, die Beipackzettel der verwendeten Präparate zu prüfen, um in eigener Verantwortung festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Das gilt besonders bei selten verwendeten oder neu auf den Markt gebrachten Präparaten und bei denjenigen, die vom Bundesgesundheitsamt (BGA) in ihrer Anwendbarkeit eingeschränkt worden sind.



GH 85 | 458

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden *nicht* besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, daß es sich um einen freien Warennamen handle.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 1985 Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, D-7000 Stuttgart 30  
Printed in Germany  
Druck: Gutmann + Co., Heilbronn

ISBN 3-13-684601-X

1 2 3 4 5 6

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	III
<b>I Akromioklavikular- und Sternoklavikulargelenk . . . . .</b>	<b>1</b>
<i>R. Weinstabl, H. Hertz, F. Grundschober, E. Orthner, R. Schabus</i> Anatomische Studie über den Discus articularis des Acromioclaviculargelenkes . . .	2
<i>E.O. Münch, P. Lobenhoffer, C.J. Wirth, M. Bergmann</i> Das Spannungsverhalten der Bandverbindungen der Schlüsselbeingelenke . . . . .	7
<i>R. Tiedtke, R. Rahmanzadeh, K. Zak</i> Die Reißfestigkeit der Bänder des Schulterergelenkes . . . . .	13
<i>R. Schabus, R. Beer, O. Kwasny, E. Orthner, R. Weinstabl, M. Wagner</i> Biomechanische Überlegungen zur Implantation der Bosworth-Schraube – experimentelle Untersuchungen an Leichen . . . . .	16
<i>H. Kiefer, C. Burri, L. Claes, J. Holzwarth</i> Experimentelle Untersuchungen zur temporären Stabilisierung des luxierten Acromioclaviculargelenkes mit verschiedenen Implantaten . . . . .	21
<i>E. Orthner, R. Weinstabl, R. Schabus, W. Scharf, O. Kwasny</i> Messungen der AC-Gelenksbeweglichkeit nach coracoacromioclaviculärer Verschraubung und acromioclaviculärer Zuggurtung am Leichenpräparat . . . . .	26
<i>S. Breitner, C.J. Wirth</i> Pathomechanische und klinische Ergebnisse der Resektion des akromialen Klavikulaendes . . . . .	32
<i>Ch. Dannöhl, S. Weller</i> Die Angulationsosteotomie an der Clavicula – eine Methode zur Behandlung veralteter Luxationen im Acromio-Clavicular-Gelenk . . . . .	35
<i>R. Tiedtke, R. Rahmanzadeh, H.G. Breyer</i> Vorstellung einer neu entwickelten Gelenkplatte zur Versorgung der Schulterergelenksverletzungen mit experimentellen Untersuchungen, Anwendungsbeispielen und klinischen Nachuntersuchungsergebnissen . . . . .	39
<i>A. Rüter, D. Fischer, W. Braun</i> Eine Gelenkplatte zur Behandlung der sternoclaviculären Luxation . . . . .	42
<i>K.E. Rehm</i> Versorgung der Schulterergelenkssprengung ohne metallisches Implantat . . . . .	47
<i>C.J. Wirth, G. Hierholzer</i> Akromioklavikular- und Sternoklavikulargelenk: Zusammenfassung und kritische Wertung. . . . .	49
<b>II Schultergelenk: Anatomie, Pathologie und biomechanische Grundlagen . . . . .</b>	<b>51</b>
<i>G.O. Hofmann, F.-W. Hagen, C.J. Wirth, E.P. Weiss</i> Vergleichende anatomische Studie zur Bedeutung des Ligamentum coracoacromiale beim Menschen und bei den Vertebraten . . . . .	52

<i>W. Küsswetter, T. Stuhler</i> Morphologische Untersuchungen zur Wachstumsentwicklung der menschlichen Schulterpfanne . . . . .	57
<i>G. Wasmer, F.-W. Hagen, M. Bergmann, Th. Mittlmeier</i> Anatomische und biomechanische Untersuchungen des Ligamentum coracoacromiale am Menschen . . . . .	61
<i>E. Hille, G. Roggenland, K.P. Schulitz, S. Döhring</i> Der subacromiale Raum des Schultergelenkes – eine experimentelle Studie . . . . .	66
<i>K. Draenert</i> Die Bedeutung des Spatium subcoracoidale für die Schulteroperation . . . . .	71
<i>H. Hertz, R. Weinstabl, H. Plenk, F. Grundschober</i> Der Limbus glenoidalis des Schultergelenkes – makroskopische und mikroskopische Strukturen – Gefäßversorgung . . . . .	77
<i>F. Bodem, F. Brussatis, W. Menke</i> Zur theoretischen Biomechanik des Schultergelenks: Die Entstehung gewöhnlicher und außergewöhnlicher mechanischer Belastungen des glenohumeralen Gelenkknorpels . . . . .	82
<i>P. Tichy, B. Tillmann, A. Schleicher</i> Funktionelle Beanspruchung des Fornix humeri . . . . .	88
<i>P. Koydl, E. Ernst</i> Druckkräfte am Schulterdach bei der Armabduktion – eine experimentelle Studie . . . . .	93
<i>F. Köckerling, F. Hennig, R. Wölfel, H. Beck</i> Funktionell anatomische und pathomechanische Grundlagen der Schultergelenksluxationen . . . . .	98
<i>D. Gebauer, A. Pfister, P. Böhm, B. Heimkes, A. Pottmeier, D. Hahn</i> Die knöchernen Verhältnisse des Schultergelenks bei Patienten mit Schulterluxationen . . . . .	103
<i>H.-G. Pieper</i> Pathologische Humerus-Retrotorsion als Ursache der habituellen Schulterluxation. Frühergebnisse einer daran ausgerichteten differenzierten Wahl des Operationsverfahrens . . . . .	109
<i>R. Putz, A. Reichelt, M. Liebermann, M. v. Eichhorn</i> Mechanische Beanspruchung des Proc. coracoideus unter verschiedenen Versuchsbedingungen . . . . .	114
<i>Ch. Gerber, F. Terrier, R. Ganz</i> Die Rolle des Coracoids beim chronisch-subacromialen Behinderungssyndrom (Impingement Syndrom) der Schulter . . . . .	118
<i>H. Hirschfelder</i> Biomechanische Beurteilung des Schultergelenkes mit Hilfe der Computertomographie . . . . .	121
<i>U. Laumann</i> Elektromyographische und stereofotogrammetrische Untersuchungen zur Funktion des Schulter-Armkomplexes . . . . .	126
<i>H.J. Refior, C. Melzer</i> Pathologie und Pathomechanik der Rotatorenmanschette . . . . .	132
<i>J.E. Brandenburg, A. Schreiber</i> Die lange Bizepssehne . . . . .	137

<b>III Diagnostik der Erkrankungen und Verletzungen des Schultergelenkes . . . . .</b>	<b>143</b>
<i>E. Beck</i>	
Arthrographische Befunde nach erstmaliger Schulterluxation . . . . .	144
<i>K. Neumann, A. Lies, G. Muhr</i>	
Die Schulterarthroskopie – eine relevante diagnostische Ergänzung . . . . .	147
<i>D. Kohn, W. Glaubitz, H. Schmidt, P. Lobenhoffer</i>	
Lokalisation, Art und endoskopische Beurteilung degenerativer und narbiger Veränderungen im Schultergelenk . . . . .	152
<i>P. Habermeyer, A. Hahn, K.-J. Pfeifer, B. Mayr</i>	
Computertomographische Kriterien nach Luxation des Humero-Scapular-Gelenkes und ihre pathomechanische Bedeutung . . . . .	157
<i>U. Gieler, P. Richter, B. Heimkes, S. Stotz</i>	
Die Ultraschalluntersuchung der gesunden und kranken Schulter . . . . .	160
<i>F.H. Hardegger, B.G. Weber</i>	
Die klinische Bedeutung der Hill-Sachs-Läsion und Konsequenzen für die Behandlung der habituellen Schulterluxation . . . . .	165
<i>P. Kaps, U. Harland, J. Hunold</i>	
Klinische Untersuchung der subcapitalen Drehosteotomie bei habitueller Schulterluxation zur Beurteilung der Biomechanik des Verfahrens . . . . .	170
<i>C.A. Rockwood Jr., Ch. Gerber</i>	
Die multidirektionale Schulterinstabilität als Hauptursache für Fehlergebnisse uniplanarer Schulterrekonstruktionen . . . . .	174
<i>R. Parzer, R. Widhalm, L. Nemeth</i>	
Eine Alternative zur Behandlung bei Schulterdestruktionen . . . . .	175
<i>U. Brunner, P. Habermeyer, K. Schiller, G. Sachs, P. Krueger</i>	
Klinik und Klassifizierung der fibrösen Schultersteife – Retrospektive Studie bei 183 Patienten . . . . .	180
<i>P. Koydl</i>	
Die Erweiterung des Subacromialraumes durch Veränderung des vertikalen Neigungswinkels der Cavitas glenoidalis bei der Periarthropathia humeroscapularis . . . . .	185
<b>IV Alloarthroplastischer Ersatz des Schultergelenkes . . . . .</b>	<b>191</b>
<i>A. Engelhardt</i>	
Die kausale Histogenese (Pauwels, Kummer) als Grundlage für die zementlose Verankerung von Oberarmimplantaten zur Überbrückung von Tumor- resektionsdefekten . . . . .	192
<i>J. Sekera, K. Knahr, M. Salzer</i>	
Funktionsanalyse der oberen Extremität nach Resektion und endoprothetischem Ersatz des proximalen Humerus . . . . .	197
<i>A. Rohlmann, U. Mössner, G. Bergmann</i>	
Rechnerische Spannungsanalyse am endoprothetisch versorgten Schulterblatt . . .	198
<i>M. Ungethüm, W. Blömer</i>	
Schultergelenkendoprothesen – Konzeptionsmerkmale und technische Kriterien . . . . .	203

*E. Engelbrecht, G. v. Foerster*

Über 10jährige Erfahrungen mit nichtverblockten Schultergelenk-  
endoprothesen . . . . . 208

*H. Hackstock*

Alloarthroplastischer Ersatz des Oberarmkopfes . . . . . 213

*R. Kölbl*

Alloarthroplastischer Ersatz des Schultergelenks: Zusammenfassung und  
kritische Wertung . . . . . 217

Mechanische Beanspruchung des Proc. coracoideus unter  
verschiedenen Versuchsbedingungen  
R.PUTZ, A.REICHELT, M.LIEBERMANN, M.v.EICHHORN

Angesichts der Häufigkeit operativer Durchtrennungen des Lig. coracoacromiale beim Engpaß-Syndrom des M. supraspinatus (REICHELT, 1981; Eulert u. Mitarb., 1981) hat uns die Frage zu interessieren begonnen, welche normale funktionelle Bedeutung dieses Band für den Proc. coracoideus besitzt und welche Folgen sich aus seiner Durchtrennung für die mechanische Situation des Proc. coracoideus ergeben.

Das Lig. coracoacromiale stellt offensichtlich eine feste kollagene Verspannung des Proc. coracoideus mit dem Acromion dar. Unseres Wissens existieren jedoch außer grundsätzlichen Untersuchungen über die Beanspruchung des Fornix humeri, wie sie von TICHY u. TILLMANN (1984) vorgelegt wurden, keine näheren Angaben über die Größenordnung seiner Zugwirkung. Aus diesem Grunde untersuchten wir einige Musterpräparate vor und nach Durchtrennung des Lig. coracoacromiale mittels Dehnungsmeßstreifen (DMS).

Die Präparate entstammten dem anatomischen Präparierkurs (durchschnittliches Lebensalter 65 Jahre) waren in einem Formalin-Alkohol-Gemisch fixiert und wurden unter ständiger Befeuchtung schonend oberflächlich präpariert. Die Dehnungsmeßstreifen (LY 11, 1,5, 120) wurden nach gründlicher Reinigung der dafür vorgesehenen Stellen mit dem Klebstoff X 60 fixiert und über Lötstützpunkte in Viertelbrückenschaltung und Einzelmessung an die Dehnungsmeßanlage (Hottinger Baldwin, DMD 20) angeschlossen (Abb. 1-3). Die Dehnungsmeßstreifen wurden an den Punkten fixiert, die in Vorversuchen im allgemeinen Dehnungs- bzw. Stauchungsmaxima gezeigt hatten. Die Scapulae wurden unterhalb der jeweiligen Spina scapulae zur Fixierung in einen Gipsblock eingegossen. Damit blieb bei unserer Versuchsanordnung die Art der Auflage auf den Thorax in vivo unberücksichtigt.

Zur Krafteinleitung am Proc. coracoideus wurden bei der Präparation die Stümpfe der Mm. pectoralis minor, coracobrachialis und Caput breve des M. biceps brachii auf eine Länge von etwa 5 cm gekürzt. Nach Literaturangaben (von



Abb.1 Versuchsanordnung, Ansicht von oben. Eine rechte Scapula ist in einem Gipsblock fixiert. Pfeile, DMS

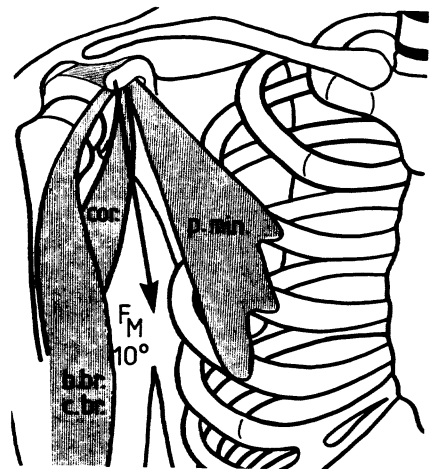


Abb.2 Zugrichtung der am Proc. coracoideus entspringenden Muskeln

Lanz und Wachsmuth, 1956) errechneten wir die Maximalkraft dieser Muskeln mit 250 Newton (N). Die Festlegung der resultierenden Zugkraft ergab sich aus der Relation der Einzelkräfte der Muskeln sowie ihrer Zugrichtung, wie sie an 20 Präparaten des anatomischen Präparierkurses sowie nach anatomischen Schnittbildern (KORITKE u. SICK 1982) ausgemessen wurde. Aus diesen Messungen wurde ein Winkel von 10 Grad zur Sagittalebene und 5 Grad zur Ebene der Scapulae ermittelt. Die Zugversuche führten wir in zwei Stufen durch: 1. Stufe 50 N, 2. Stufe 100 N.

Da bei dieser Versuchsanordnung keine kurzfristige Stabilisierung der Dehnungsanzeige erreicht werden konnte, wurde die Messung des 1. Zugversuches (50 Newton) nach 10 Minuten und die des 2. Zugversuches (100 Newton) nach 30 Minuten durchgeführt. Zu diesen Zeitpunkten hatten sich die Anzeigewerte weitgehend stabilisiert.

Ergebnisse: Die Zugversuche mit erhaltenem Lig. coracoacromiale ergaben etwa die zu erwartenden Befunde. An der Vorder- bzw. Unterseite von Proc. coracoideus und Acromion traten in unterschiedlichem Ausmaß Stauchungen, an der Ober- u. Außenseite z.T. beträchtliche Dehnungen auf (Tab. 1) Die Verdoppelung der Kraft führte zu einer unterschiedlichen Vergrößerung der Dehnungs- bzw. Stauchungswerte bis knapp auf das Doppelte. (Auf diese Unterschiede kann vorderhand nicht eingegangen werden, da einerseits unsere Präparate zum Teil von älteren Menschen stammten, deren Knochengewebe ohne Zweifel unterschiedliche Festigkeiten aufwiesen und andererseits bislang keine kontinuierliche Messungen über den Zeitraum der Änderung der Einleitungskraft durchgeführt werden konnte).

Nach jeweils mehrfacher übereinstimmender Messung mit den beiden Kräfte- stufen in standardisierten Zeitabständen wurde das Lig. coracoacromiale in zwei Schritten (zuerst der mediale Anteil, dann der laterale Anteil) durchtrennt. Die nachfolgende Messung, ebenfalls wieder in zwei Kräfte- stufen, zeigte folgendes Ergebnis (Tab. 1). Am überraschendsten für uns war, daß sich die Dehnungs- u.

	MIT BAND		OHNE BAND		
	50 N	100 N	50 N	100 N	
DMS Pos.					
ACROMION	1	+340	+600	-20	-40
	2	+170	+320	0	-10
	3	+270	+510	+40	+50
	4	-230	-480	-20	-30
PROC. CORACOIDE.	5	+180	+330	+50	+10
	6	+570	+1080	+580	+1170
	7	+60	+190	+320	+730
	8	-750	-1490	-790	-1610
SPINA	9	+360	670	-60	-90
	10	-330	-650	+40	+80

DIFFERENZBETRÄGE ZUM 0-WERT IN  $\mu/m$

Tab.1 Dehnungs-u.Stauchungswerte von Präp. 3

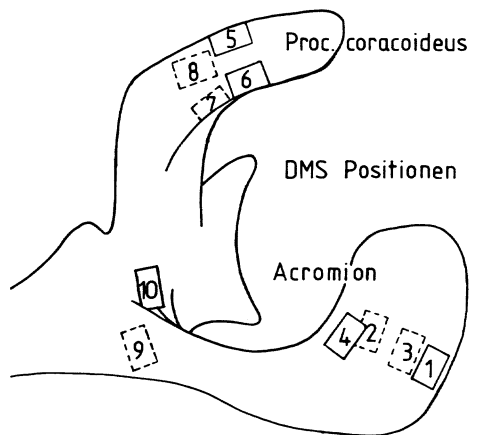


Abb.3 Position der Dehnungsmeßstreifen am Präp. 3



Stauchungsmaxima nicht wesentlich ändern. Allerdings kam es zu einer Lageverschiebung der Werte (Abb.3). Wie zu erwarten, blieben die Meßwerte am Acromion und an der Spina scapulae nahe den Nullwerten.

Diskussion: Aus den vorgestellten Ergebnissen leitet sich ab, daß das Lig. coracoacromiale entgegen unserer Arbeitshypothese keine wesentliche Entlastungsfunktion für die Muskelwirkung auf den Proc. coracoideus ausübt. Es erscheint vielmehr im Gegenteil eine Zuggurtung für das Acromion darzustellen, das bei den Versuchen wesentlich stärker reagiert hat als der Proc. coracoideus.

Für die Interpretation unserer Befunde erscheint es notwendig, einen Blick auf die mechanische Situation des gesamten Fornix humeri zu werfen. Das Acromion ist in einem muskulären Spannungsfeld zwischen M. trapezius und M. deltoideus (Pars spinalis und Pars acromialis) eingespannt. Dazu kommt die Zugwirkung über das Lig. coracoacromiale nach vorne. Betrachtet man nun eine größere Serie von anatomischen Präparaten, so fällt auf, daß das Lig. coracoacromiale von der Unterseite des Acromion entspringt und in flachem Bogen zum Proc. coracoideus zieht. Es besitzt kaum jemals einen geraden Verlauf, sondern bildet mit dem Acromion einen flachen Bogen, eben den Fornix humeri. Dies führt uns zu der Annahme, daß der hintere Anteil des Lig. coracoacromiale ebenso wie das Acromion einer Beanspruchung durch Druck des Humeruskopfes ausgesetzt sein kann (Abb. 4). Die histologische Untersuchung des Lig. coracoacromiale an seiner Ursprungsstelle am Acromion (Operationspräparate) bestätigt dies insofern, als in diesem Bereich praktisch immer breitflächig massive Knorpel­einlagerungen zu finden waren. Wir sind der Meinung, daß es sich dabei nicht allein um die z.B. von TILLMANN u. THOMAS (1982) und anderen Autoren beschriebenen typischen Faserknorpel­einlagerungen in Sehnenansatzbereichen handeln kann, sondern, daß dies hier Ausdruck der örtlich funktionellen Beanspruchung ist. Aus dem Zusammenwirken des lateralen und dorsalen Deltoideusanteiles und der nach oben gerichteten Druckkraft des Caput humeri (siehe dazu auch KUMMER, 1976; GERBER u. GANZ, 1985; PUTZ, 1985) ergibt sich die funktionelle Bedeutung des Lig. coracoacromiale als Zuggurtung des Acromion.

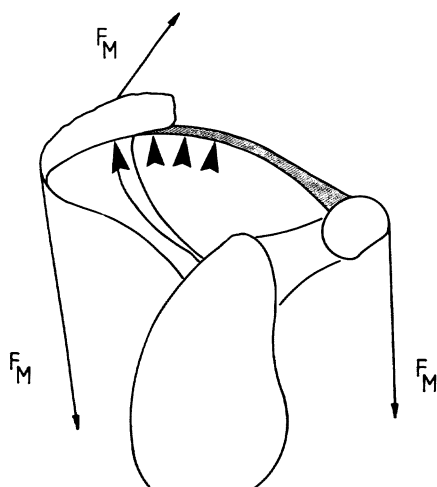


Abb.4 Auf den Fornix humeri wirkende Kräfte.  $F_M$ , Muskelkräfte; Pfeile, Druck des Humeruskopfes

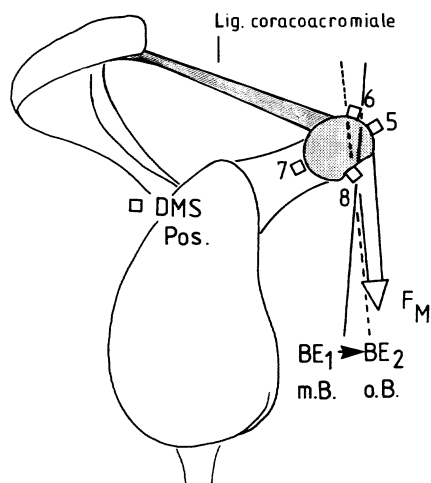


Abb.5 Änderung der Biegeebene des Proc. coracoideus, Präp. 3.  $BE_1$ , Biegeebene mit Band;  $BE_2$ , Biegeebene ohne Band

Das Acromion ist damit sehr unterschiedlichen Krafteinwirkungen ausgesetzt. Der Zug der genannten Muskeln und die Druckwirkung des Humeruskopfes führen zu einer vorherrschenden Biegebeanspruchung nach kaudal als auch einer fallweisen nach kranial. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Lig. coracoacromiale zur Transversalebene in einem nach hinten offenen spitzen Winkel von ca. 20 Grad und damit auch in einem Winkel von weniger als 90 Grad zu den lateralen und hinteren Fasern des M. deltoideus eingestellt ist (Abb.4,5). Die Biegebeanspruchung des Acromions wird also durch eine multidirektionale Muskel-Bänder- verspannung begrenzt. Das Lig. coracoacromiale ist dabei nur eine der Verspannungen, die unserer Auffassung nach besonders bei dynamischer Krafteinwirkung wirksam wird. Beim älteren Menschen scheint der Druck auf den Fornix durch den Humeruskopf der Hauptmechanismus einer Beanspruchung zu sein.

Die Meßwerte am Proc. coracoideus vor und nach Durchtrennung des Bandes zeigen, daß bei nahezu gleichbleibenden absoluten Werten, sich die Lage der Dehnungs-Stauchungs-Maxima etwas verändert. Wir schließen daraus, daß damit auch die Lage der Biegeebene des Proc. coracoideus verändert wird. Dies ist am Beispiel des Präparates Nr. 3 dargestellt (Abb.5). Die Biegeebene bei erhaltenem Band (BE<sub>1</sub>) wird offensichtlich vom Zug des Lig. coracoacromiale mitbestimmt. Nach Durchtrennung dreht sie sich um bis zu 20 Grad nach unten vorne (BE<sub>2</sub>). Da dies u.E. keine grundsätzliche Änderung der mechanischen Situation des Proc. coracoideus bedeutet, wäre damit auch die Erklärung gegeben, warum sich nach der Entlastungsoperation zumindest unseren Erfahrungen nach, keine langfristigen Veränderungen am Proc. coracoideus finden lassen.

Zusammenfassung: Mittels Dehnungsmeßstreifentechnik wird die Bedeutung des Lig. coracoacromiale als Zuggurtung für die beiden Befestigungspunkte untersucht. Es ergibt sich, daß der Proc. coracoideus mit und ohne Bandverbindung ähnliche Dehnungs- u. Stauchungswerte zeigt. Dies bedeutet, daß das Ligament keine notwendige Zuggurtung für ihn selbst als vielmehr für das Acromion darstellt. Eine Änderung der Biegeebene des Proc. coracoideus um ca. 20 Grad nach unten und vorne wird errechnet.

An Präparaten älterer Menschen wurden im Einstrahlungsgebiet des Lig. coracoacromiale an die Unterfläche des Acromions dicke Knorpel einlagerungen nachgewiesen.

EULERT, J., A.APOIL, P.DAURY: Zur Pathogenese und operativen Behandlung der sogenannten Periarthritis humeroscapularis. Z. Orthop. 119, 25-30 (1981)

GERBER, Chr., R.GANZ: Zur Diagnostik der glenohumeralen Instabilität. Therapiewoche 35, 353-359 (1985)

KORITKE, J.G., H.SICK: Atlas anatomischer Schnittbilder des Menschen. Bd. 1, Urban & Schwarzenberg, München 1982

KUMMER, B.: Anatomie und Biomechanik der Schulter. Hfte. Unfallheilk. 126, 5-19 (1976)

LANZ, v.T., W.WACHSMUTH: Praktische Anatomie. Bd.I/3, 2.Aufl.Arm. Springer, Berlin 1959

PUTZ, R.: Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks. Therapiewoche 35, 308-314 (1985)

REICHEL, A.: Beitrag zur operativen Therapie der Tendinosis calcarea der Schulter. Z.Orthop. 119, 21-24 (1981)

TICHY, P., B.TILLMANN: Funktionelle Beanspruchung des Fornix humeri. Acta anat. 120, 74 (1984)

TILLMANN, B., W.THOMAS: Anatomie typischer Sehnenansätze, -ursprünge und Engpässe. Orthop. Praxis, 18, 910-917 (1982)