

Aus der Klinik für  
Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
Charité-Campus Virchow Klinikum  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. hc. Norbert P. Haas

---

## **Habilitationsschrift**

# **Neue Aspekte zur konservativen und operativen Therapie von anteroinferioren Schulterinstabilitäten**

zur Erlangung der Lehrbefähigung für das Fach  
Orthopädie und Unfallchirurgie

vorgelegt dem Fakultätsrat der Medizinischen Fakultät  
Charité-Universitätsmedizin Berlin

von

**Dr. med. Markus Scheibel**  
**geboren am 21. März 1975**  
**in Mühldorf am Inn**

Eingereicht: Dezember 2008  
Dekan: Frau Prof. Dr. med. Grütters-Kieslich  
1. Gutachter: Herr Prof. Dr. med. Norbert Südkamp  
2. Gutachter: Herr Prof. Dr. med. Herbert Resch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Konservative Therapie der traumatischen anterioren Schulterluxation.....</b>	<b>7</b>
2.1 Historie und Prognosefaktoren.....	7
2.2 Die Außenrotationsruhigstellung nach Schulterluxation.....	9
2.2.1 Kernspintomographische Untersuchungen.....	11
2.2.2 Erste klinische Ergebnisse.....	34
<b>3. Bedeutung des Musculus subscapularis bei Schulterinstabilität.....</b>	<b>36</b>
3.1 Anatomie und Funktion.....	36
3.2 Klinische Diagnostik von Subscapularisläsionen.....	37
3.2.1 Das Belly-off Zeichen.....	39
3.2.2 Validierung der Subscapularistests.....	47
3.3 Subscapularisdysfunktionen nach vorderer Schulterstabilisierung.....	49
3.3.1 Operative Zugangswege bei offener Stabilisierung.....	49
3.3.2 Subscapularisinsuffizienzen nach offener Primär- und Revisionsstabilisierung.....	51
3.3.3 Strukturelle Integrität und Funktion des Musculus subscapularis nach offener und arthroskopischer Stabilisierung.....	60
<b>4. Operative Therapiestrategien bei anterioren Glenoidranddefekte.....</b>	<b>70</b>
4.1 Pathoanatomische und biomechanische Überlegungen.....	70
4.2 Glenoiddefekte vom Fragment-Typ.....	72
4.2.1 Offene Reposition und Pfannenrandrekonstruktion in Fadenankertechnik oder Schraubenosteosynthese.....	72
4.2.2 Arthroskopische Reposition und Rekonstruktion in Fadenankertechnik.....	79
4.3 Glenoiddefekte vom Erosions-Typ.....	86
4.3.1 Offene Rekonstruktion mit autologer trikortikaler Beckenkammspanplastik.....	86
4.3.2 Arthroskopische Rekonstruktionstechnik.....	96
4.4 Virtuelle dreidimensionale Glenoidplastik.....	103
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>110</b>
<b>6. Zusammenfassung.....</b>	<b>119</b>
<b>7. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>121</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BOS	Belly-off Sign
BPT	Belly-press Test
CSA	Cross Sectional Area
CT	Computertomographie
HAGL	Humeral Avulsionsläsion der Glenohumeralen Ligamente
IRLS	Internal Rotation Lag Sign
ISP	Infraspinatus
LOT	Lift-off Test
LTD	Lower Transverse Diameter
MISS	Melbourne Instability Shoulder Score
MPR	Multiplanare Rekonstruktionen
MRT	Magnetresonanztomographie
NS	Napoleon Sign
PDS	Polydioxan
ROI	Region of Interest
SE	Spin Echo
SLAP	Superior Labrum Anterior Posterior
SNR	Signal-to-Noise Ratio
SSC	Subscapularis
SSP	Supraspinatus
T	Tesla
TM	Teres Minor
UTD	Upper Transverse Diameter
VD	Vertical Diameter
WOSI	Western Ontario Shoulder Instability Index

## 1. Einleitung

Die Schulterluxation stellt mit nahezu 1/3 aller Schulterverletzungen eine der häufigsten Erkrankungen des Schultergürtels dar. Die Inzidenz schwankt zwischen 8,2-12,3 Luxationen pro 100000 Einwohner/Jahr [73, 98, 166]. Etwa 95% der Schulterluxationen sind unidirektionale nach anteroinferior gerichtete Luxationen, in etwa 2% findet sich eine hintere Luxationsneigung und die restlichen Fälle schließen multidirektionale Instabilitäten ein [39, 127, 136, 196]. Hinsichtlich der Pathogenese gilt es, die traumatischen Schulterluxationen streng von den atraumatischen Instabilitätsformen abzugrenzen da sich die Behandlung primär grundsätzlich unterscheidet [48].

Die Stabilität der Schulter wird durch ein komplexes Zusammenspiel aus statischen und dynamischen Strukturen gewährleistet [1, 12, 52, 110]. Zu den statischen Stabilisatoren zählen die knöcherne Konfiguration von Glenoid und Humerus, das Labrum glenoidale, die Gelenkkapsel und die glenohumeralen Bänder. Der Kapsel-Labrum-Ligament-Komplex nimmt dabei eine Schlüsselfunktion ein. Bei der traumatischen anteroinferioren Erstluxation kommt es in bis zu über 90% der Fälle zu einem isolierten oder kombinierten Abriß des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes vom vorderen unteren Pfannenrand [128, 141, 180, 182, 200]. Dies führt auf Grund einer fehlenden Aufhängung zu einer Insuffizienz des Kapsel-Bandapparates. Eine fehlende oder fehlerhafte Einheilung kann eine persistierende Instabilität der Schulter bedingen. Nach traumatischer anteroinferiorer Schultererstluxation werden in der Literatur nach konservativer Therapie Reluxationsraten in Abhängigkeit vom Alter zwischen 10 und 100% angegeben [68, 72, 75, 96, 108, 117, 133, 138, 140, 142, 144, 169, 181, 187, 201]. Die konservative Therapie trat auf Grund der hohen Rezidivraten und insbesondere wegen den vergleichsweise guten und sehr guten Ergebnissen der operativen Stabilisierungstechniken immer mehr in den Hintergrund [2, 8, 9, 16, 26, 41, 50, 55, 85, 90, 94, 130, 134, 147, 149, 193]. Von Itoi et al. wurde um die Jahrtausendwende ein neues Konzept zur konservativen Behandlung der primärtraumatischen anteroinferioren Schulterluxation vorgestellt [78, 80, 83]. Dieses beinhaltet die Ruhigstellung der Schulter nach Reposition in Außenrotation, wodurch eine Reposition und Einheilung des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes in anatomischer Position erreicht werden soll. In einer prospektiv randomisierten Studie konnte eine signifikant niedrigere Reluxationsrate nach dreiwöchiger Immobilisation

der Schulter in Außenrotation im Vergleich zur herkömmlichen Ruhigstellung in Innenrotation gezeigt werden [79]. Zur Einheilung des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes und der dafür notwendigen Dauer gibt es in der Literatur bisher keine prospektiven Daten. In einer kernspintomographisch kontrollierten Untersuchung werden Position, Reposition und Mobilität des Labrum glenoidale nach primärtraumatischer Schulterluxation und Immobilisation in Außenrotation in Abhängigkeit von der Immobilisationsdauer (3 bzw. 5 Wochen) untersucht. Zudem werden erste Ergebnisse im Hinblick auf Funktion und Reluxationsrate einer prospektiven klinischen Studie vorgestellt, bei der Patienten nach traumatischer Erstluxation für 3 bzw. 5 Wochen in Außenrotation immobilisiert wurden.

Die dynamische Stabilisation des Schultergelenks erfolgt durch die Muskeln der Rotatorenmanschette, den Musculus deltoideus, den Musculus biceps brachii und die scapulothorakale Muskulatur [103, 110, 196, 199]. Dabei nimmt der Musculus subscapularis im ventralen Aspekt der Schulter eine wesentliche Funktion ein. Er ist der kräftigste Muskel der Rotatorenmanschette und fungiert neben seiner Funktion als Innenrotator als aktiver ventraler Stabilisator der Schulter [27, 37, 97, 100, 107, 111, 115, 176, 186]. Die Exposition des Glenohumeralgelenks bei offenen Stabilisierungsverfahren wird über unterschiedliche Inzisionstechniken der Sehne des Musculus subscapularis erreicht. Ein wesentlicher Kritikpunkt stellt deren Zugangsmorbidität dar. Verschiedene Arbeiten konnten zeigen, dass die Zugangswege mit einer iatrogenen Schädigung der muskulotendinösen Einheit und konsekutiver Insuffizienz des Musculus subscapularis einhergehen können [57, 118, 131, 145]. In einer deskriptiven explorativen Untersuchung wird zunächst das sog. Belly-off Zeichen als ein neues klinisches Zeichen zur Diagnostik von Läsionen des Musculus subscapularis vorgestellt und in einer weiterführenden prospektiven Studie im Vergleich zu den bisher beschriebenen Subscapularistests validiert. In einer retrospektiven Kohortenstudie wird die klinische Funktion und strukturelle Integrität des Musculus subscapularis bei Patienten nach offener Primär- und Revisionsstabilisierung der Schulter evaluiert. Der potentielle Vorteil der arthroskopischen Stabilisierungsverfahren ist unter anderem in einer verminderten Traumatisierung der muskulotendinösen Einheit zu sehen. Eine retrospektive Studie untersucht daher die strukturelle Integrität und klinische Funktion des Musculus subscapularis nach arthroskopischer im Vergleich zur offenen Schulterstabilisierung.

Neben dem Kapsel-Labrum-Ligament-Komplex und der Rotatorenmanschette kommt den statisch knöchernen Strukturen der Schulter eine wesentliche Stabilisierungsfunktion zu [1, 12, 52, 110]. Die enorme Bewegungsfreiheit des Glenohumeralgelenks ist bedingt durch den Kontakt des großen Kopfes mit einer vergleichsweise kleinen Pfanne. Verkürzungen der glenohumeralen Kontaktfläche reduzieren die Stabilität des Kopfes in der Pfanne gegenüber Translationskräften [58]. Die Bedeutung von glenoidalen oder humeralen Defekten als wesentliche Ursache für eine sog. knöcherne Instabilität wurde über viele Jahre unterschätzt. Gerade die Analyse der Fehlschläge nach arthroskopischen oder offenen Stabilisierungsverfahren hat dazu beigetragen, dass glenoidale Defektsituationen ab einer bestimmten Größe als wesentlicher Risikofaktor für das Scheitern einer klassischen Kapsel-Labrumrekonstruktion identifiziert werden konnten [13, 14, 19, 125, 137, 178]. Anteriore Glenoidrandläsionen lassen sich in Defekte vom Fragment-Typ und Defekte vom Erosions-Typ unterteilen [60]. Während knöcherne Fragmente ohne wesentliche Glenoiderosion in der Regel reponiert und refixiert werden können, muss bei chronischen Pfannenranderosion mit signifikantem Knochenverlust eine autologe Aufbauplastik erfolgen, um die glenoidale Gelenkfläche und damit die Stabilität des Gelenks wiederherzustellen [13, 20, 48, 82, 132, 171, 173, 174]. In einer retrospektiven Kohortenstudie werden die klinischen und radiologischen Ergebnisse nach offener Pfannenrandrekonstruktion mit Fadenankertechnik oder Schraubenosteosynthese bei Defekten vom Fragment-Typ dargelegt. In einer zweiten klinischen Nachuntersuchung werden die Resultate nach offener Pfannenrandaufbauplastik mit autologem trikortikalem Beckenkammspan bei Defekten mit signifikantem Knochenverlust vom Erosions-Typ untersucht. Unter Berücksichtigung der bereits erwähnten Zugangsmorbidität und strukturellen Schädigung des Musculus subscapularis werden erste Ansätze zur arthroskopischen Versorgung dieser Pathologien dargelegt. Abschließend wird in einer experimentellen Arbeit die Methode der virtuellen dreidimensionalen Glenoidplastik evaluiert, mit dem Ziel die präoperative Planung und intraoperative Rekonstruktion bei Glenoidranddefekten mit signifikantem Knochenverlust zu optimieren.

## 2. Konservative Therapie der traumatischen anterioren Schulterluxation

### 2.1 Historie und Prognosefaktoren

Bei konservativem therapeutischem Procedere nach Schultererstluxation erfolgt seit ersten historischen Beschreibungen durch Hippokrates (460 v. Chr.) zunächst eine Immobilisation des Glenohumeralgelenks. Diese Position, die zunächst die geringste Relaxationsneigung aufweist, ist dabei dem Körperstamm angenähert und resultiert in einer Innenrotationsposition des Humeruskopfes von ca. 40-60° gegen das Glenoid [114]. In der sog. „safe-position“ bleibt die resultierende Gelenkstellung von der „at-risk-position“ (Abduktion, Aussenrotation) entfernt [140]. Hierzu werden in der Regel verschiedene Orthesen (Gilchrist-, Desault-Verband, Shoulder-Immobilizer) verwendet, die auch das Ellenbogengelenk in einer 90°-Beugstellung immobilisieren (Abb. 1 und 2). Im Intervall werden physiotherapeutische Behandlungen durchgeführt, deren Ziel eine Rekrutierung und Koordinationsverbesserung der glenohumeral- sowie skapulothorakal stabilisierenden Muskulatur ist. Die Ergebnisse einer Vielzahl publizierter Studien zur konservativen Therapie der primärtraumatischen Schulterinstabilität basieren im Wesentlichen auf dieser initialen Versorgung [68, 72, 75, 96, 108, 117, 133, 138, 140, 142, 144, 169, 181, 187, 201].



**Abb. 1 und 2: Immobilisation einer linken Schulter in Innenrotationsstellung des Armes mittels Gilchristverband in der sog. „safe-position“**

Nach Habermeyer et al. wird das Ergebnis der konservativen Therapie der Schulterinstabilität von intrinsischen und extrinsischen Faktoren beeinflusst [64]. Als führende intrinsische Faktoren bestimmen dabei intra- und periartikuläre Gelenkschäden das Rezidivrisiko. Während ein intakter Limbus nach Luxation einen prognostisch günstigen Faktor darstellt, ist ein kompletter Abriss des anteroinferioren Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes (Bankart- oder Perthes-Läsion) als pathognomonischer Risikofaktor für ein Rezidiv einzustufen [70, 170]. Dieser findet sich in bis zu über 90% der Fälle nach traumatischer Erstluxation [128, 141, 180, 182, 200]. Des Weiteren zeigten Habermeyer et al., dass mit zunehmender Anzahl der Rezidive häufiger Abrisse des inferioren glenohumeralen Ligaments vom Pfannenrand mit zunehmendem interligamentären Gewebeschaden auftreten [63]. Liegt eine begleitende Rotatorenmanschettenruptur vor, so findet sich ein hohes relatives Risiko für eine Reluxation innerhalb der ersten 6 Wochen von 29,8% [139]. Auch knöcherne Defekte können das Rezidivrisiko beeinflussen. Während große Glenoidranddefekte und ausgedehnte Hill-Sachs Defekte negative prädiktive Faktoren für das Ergebnis nach konservativer Therapie darstellen, weist eine begleitende nicht-dislozierte Tuberculum majus Fraktur mit einem Rezidivrisiko von nur 3% eine günstige Prognose auf [30, 121, 144].

Als wesentlicher extrinsischer Risikofaktor für ein Rezidiv wird das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Erstluxation angegeben. So finden sich bei Patienten unter 20 Jahren nach primärtraumatischer Luxation und konservativer Therapie Rezidivraten zwischen 66% und 100%, bei Patienten zwischen 20 und 30 Jahren Rezidivraten von 48-79% [68, 72, 117, 140, 142, 144, 187]. Ältere Patienten weisen deutlich niedrigere Reluxationsraten auf [108, 181]. Darüber hinaus zeigen männliche Patienten ein 2- bis 4-mal höheres Rezidivrisiko [187]. Ebenso wird eine hohe körperliche Aktivität (z.B. Kontakt- oder Überkopfsportarten) zu den extrinsischen Risikofaktoren gerechnet [68, 74, 193]. Simonet und Cofield fanden bei einem Vergleich von Jugendlichen mit und ohne sportliche Aktivität eine Rezidivrate von 82% bei den Sportlern und 30% bei inaktiven Patienten [166]. Welchen Einfluß die Schwere des Traumas, die Immobilisationsdauer und eine überwachte Physiotherapie auf das Ergebnis haben, ist nicht abschließend geklärt [4, 23, 114, 142, 143, 148].



## 2.2 Die Außenrotationsruhigstellung nach Schulterluxation

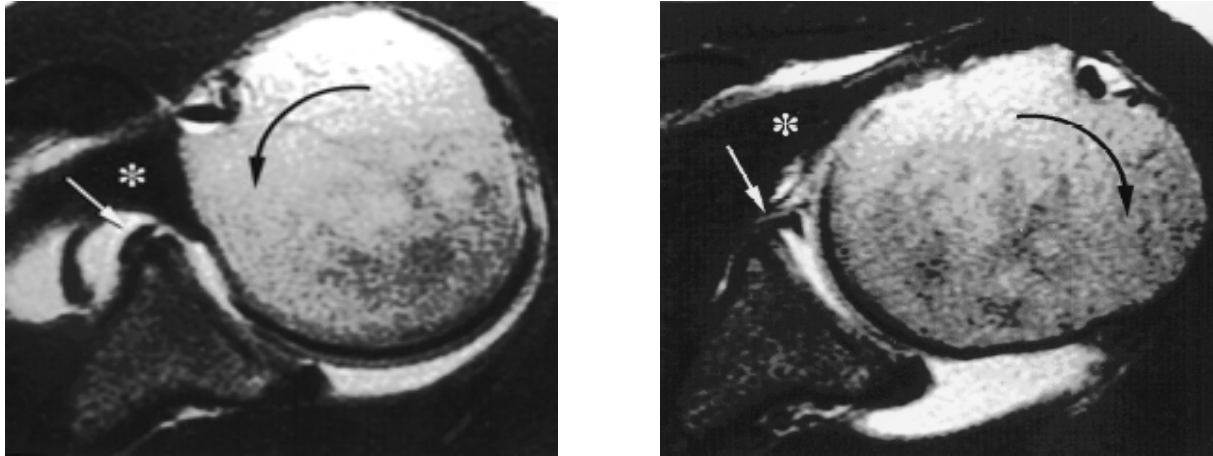
Ziel jeder konservativen oder operativen Therapie einer traumatischen Erstluxation muss es sein, eine Reposition und letztendlich Einheilung des abgelösten Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes in anatomischer Position zu erreichen und somit die Integrität der ventralen passiven Stabilisatoren wiederherzustellen.

Von Itoi et al. wurde dazu ein völlig neues Konzept zur konservativen Therapie der primärtraumatischen Schulterluxation vorgestellt [78]. Die Autoren empfehlen, die Schulter nach Reposition in einer 10° Außenrotationsposition für drei Wochen zu immobilisieren (Abb. 3 und 4).



**Abb. 3 und 4: Immobilisation einer rechten Schulter in 10° Außenrotation in der von Itoi et al. im Jahre 2003 empfohlenen Technik [78]**

Die Empfehlung zur Immobilisation der Schulter in Außenrotation basiert auf Daten kernspintomographischer Untersuchungen, in denen gezeigt werden konnte, dass durch Außenrotation bei adduziertem Arm eine im Vergleich zur Innenrotation anatomische Reposition des abgelösten Labrum glenoidale an den vorderen Pfannenrand erreicht werden konnte (Abb. 5 und 6) [80, 83]. Bei 19 Patienten nach traumatischer Schulterluxation wurde eine signifikant geringere Separation und Dislokation des abgelösten Labrums bei mittleren 35° Außenrotation im Vergleich zu mittleren 29° Innenrotation des Armes nachgewiesen. In Innenrotation betrug die Separation des Labrums 1,9 mm und die Dislokation 2,7 mm. Bei Außenrotation wurde eine Separation von 0,1 mm und eine Dislokation von 0 mm gemessen [83].



**Abb. 5 und 6: Kernspintomographische Untersuchung nach traumatischer Schulterluxation mit Abriß des Labrum glenoidale. Die Innenrotationsposition zeigt eine Dislokation des Labrum glenoidale (weißer Pfeil) vor den vorderen Pfannenrand. In Außenrotation kommt es durch ein Anspannen der ventralen Kapsel und des Musculus subscapularis (weißer Stern) zu einer anatomischen Reposition des Labrum glenoidale an das knöchernen Glenoid [83]**

In der von Itoi et al. kürzlich publizierten prospektiven randomisierten Vergleichsstudie wurden 194 Patienten nach anteroinferiorer Schulterluxation in Innenrotation (94 Patienten) bzw. in 10° Außenrotation (104 Patienten) für 3 Wochen immobilisiert [79]. Aus der Innenrotations-Gruppe konnten 74 Patienten und aus der Außenrotations-Gruppe 85 Patienten nachuntersucht werden. Nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 25,6 Monaten zeigte sich eine signifikant geringere Reluxationsrate von 26% in der Außenrotationsgruppe gegenüber 42% in der Innenrotationsgruppe. Auch in der Gruppe der unter 30-jährigen Patienten zeigten sich signifikante Unterschiede zugunsten der Außenrotationsimmobilisation im Hinblick auf die Reluxationsrate. Die Autoren postulieren, dass es im Rahmen der Außenrotationsruhigstellung zu einer Reposition des abgelösten Labrum glenoidale kommt und dieses in anatomischer Position heilen kann, was letztendlich die statistisch signifikant niedrigere Reluxationsrate bedingt. Gründe für die hohen Rezidivraten im Rahmen der herkömmlichen Immobilisation sind womöglich in der insuffizienten anatomischen Reposition und fehlerhaften Einheilung des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes zu suchen [79].

### 2.2.1 Kernspintomographische Untersuchungen

Zur Einheilung des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes und der dafür notwendigen Dauer gibt es in der Literatur bisher keine Daten. In einer kernspintomographisch kontrollierten Untersuchung an Patienten nach primärtraumatischer Schulterluxation und nachgewiesener anteroinferiorer Kapsel-Labrum-Läsion werden Position, Reposition und Mobilität des Labrum glenoidale vor und nach Immobilisation in 30° Außenrotation in Abhängigkeit von der Immobilisationsdauer (3 vs 5 Wochen) untersucht.

***Scheibel M, Kuke A, Nikulka C, Magosch P, Ziesler O, Schroeder RJ: How long should acute anterior dislocations of the shoulder be immobilized in external rotation? Am J Sports Med (akzeptiert)***

### 2.2.2 Erste klinische Ergebnisse

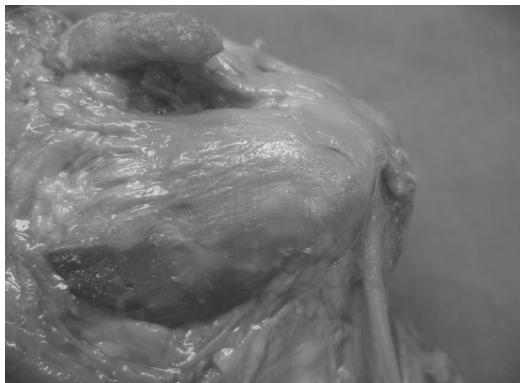
In einer weiterführenden Untersuchung werden die ersten klinischen Ergebnisse im Hinblick auf Funktion und Reluxationsrate der Schulter einer prospektiven randomisierten Untersuchung evaluiert, bei der Patienten nach traumatischer Erstluxation für 3 bzw. 5 Wochen in 30° Außenrotation immobilisiert wurden.

***Scheibel M, Kuke A, Nikulka C, Koch B, Haas NP: The influence of duration of immobilization in external rotation after traumatic anterior shoulder dislocation. Book of abstracts of the 21<sup>st</sup> Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (SECEC-ESSSE). Brugge, Belgium, 167, 2008.***

### **3. Bedeutung des Musculus subscapularis bei Schulterinstabilitäten**

#### **3.1 Anatomie und Funktion des Musculus subscapularis**

Der Musculus subscapularis entspringt an der tiefen, thorakalen Fläche der Scapula und inseriert mit einem kranialen sehnigen (ca. 60%) und einem kaudalen muskulären (ca. 40%) Anteil am Tuberculum minus [33, 71] (Abb. 7). Die Arteria und Vena circumflexa humeri anterior ziehen nach lateral ansteigend und unterteilen den sehnigen und muskulären Anteil. Am Unterrand des Musculus subscapularis verlaufen der Nervus axillaris und die posterioren Circumflexgefäße. Die nervale Versorgung erfolgt über die Nervi subscapulares (obere, mittlere und untere Äste), die in der Mehrzahl der Fälle vom Fasciculus posterior des Plexus brachialis, oder in selteneren Fällen direkt vom Nervus thoracodorsalis oder dem Nervus axillaris entspringen und den Muskel von ventral erreichen [29, 56, 88, 202] (Abb. 8). Yung et al. beobachteten, dass die mittleren Nervenäste stets in enger Beziehung zu den oberen Nerven liegen, während die unteren Äste den Nervus axillaris begleiten [202].



**Abb. 7 und 8: Muskulotendinöse Insertion des Musculus subscapularis am Tuberculum minus und Innervation über die Nervi subscapulares superiores, medii et inferiores**

Der Musculus subscapularis ist der kräftigste Muskel der Rotatorenmanschette und essentiell für eine physiologische Schulterfunktion. Er fungiert als wichtigster Innenrotator, Humeruskopfdepressor, aktiver ventraler Stabilisator und in Abhängigkeit von der Position des Oberarmkopfes als Schulteradduktor oder -abduktor [27, 37, 97, 100, 107, 111, 115, 176, 186]. Des Weiteren stellt der Musculus subscapularis den ventralen Anteil des transversalen Kräftepaars dar und balanciert daher die Außenrotatoren der Schulter [18].

Basierend auf biomechanischen und elektromyographischen Studien betrachten verschiedene Autoren den oberen und unteren Anteil des Musculus subscapularis als zwei separate Einheiten mit unabhängiger Innervation und Funktion [86, 111, 120, 167, 184]. Liu et al. wiesen darauf hin, dass der obere Anteil eine wichtige Rolle im Rahmen der glenohumeralen Abduktion spielt, während der kaudale Anteil für die aktive Stabilisierung des Schultergelenks verantwortlich sein soll [111].

### 3.2 Klinische Diagnostik von Subscapularisläsionen

Inspektorisch läßt sich bei kompletter Subscapularisruptur und intakten Außenrotatoren häufig ein Abweichen der betroffenen Extremität in Außenrotation beobachten. Eine vermehrte passive oder aktive Außenrotation oder eine aktiv eingeschränkte Innenrotation im Vergleich zur Gegenseite weisen ebenso auf eine höhergradige Subscapularisläsion hin [17, 151, 152]. Zur Überprüfung der Integrität des Musculus subscapularis wurden der Lift-off Test, das Innenrotations (IRO)-Lag Zeichen und der Belly-press Test bzw. das Napoleon Zeichen beschrieben [46, 47, 69, 163].

Beim Lift-off Test wird der Arm in maximale Innenrotation auf den Rücken gebracht und der Patient aufgefordert, die Hand vom Körper abzuheben (Abb. 9). Ist dies nicht möglich, muss von einer höhergradigen Läsion der Subscapularisehne ausgegangen werden [47]. Gelingt es dem Patienten, die Hand vom Körper abzuheben, kann der Handrücken-Rücken-Abstand gemessen und mit der gesunden Seite verglichen werden [118, 131] (Abb. 10).

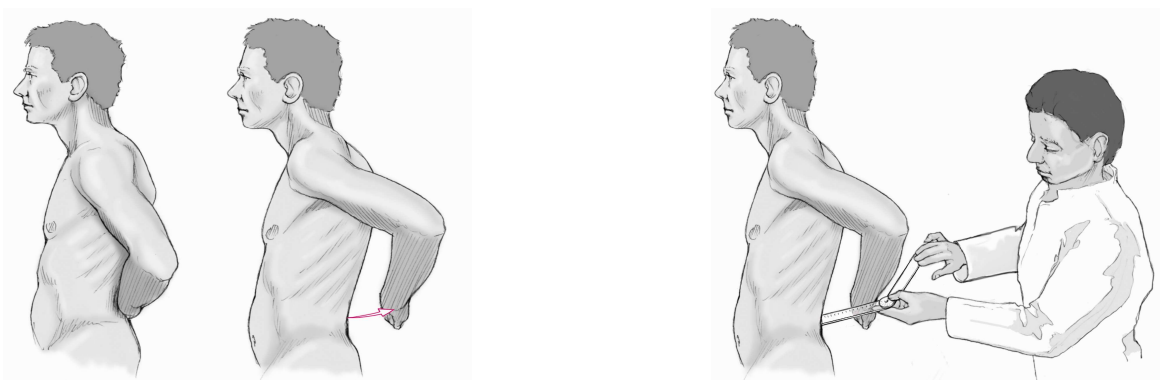
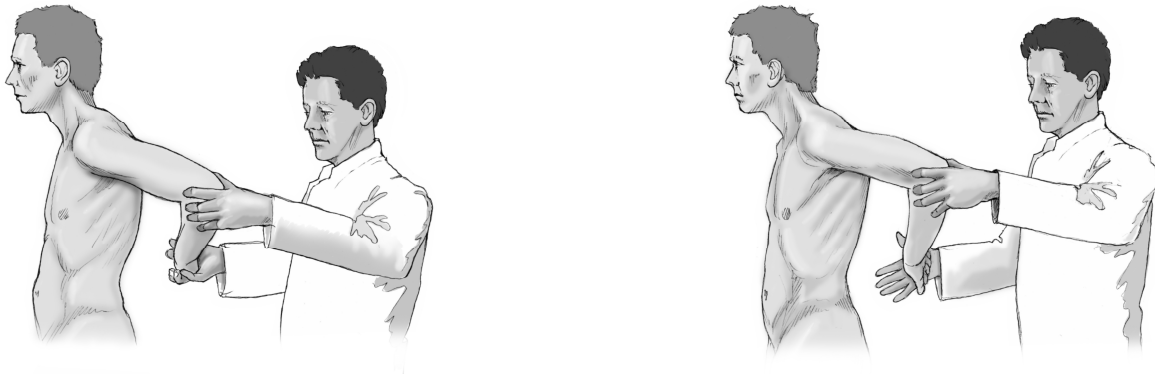


Abb. 9 und 10: Lift-off Test und Bestimmung des Handrücken-Rücken Abstandes [47, 118, 131, 153]

Beim IRO-Lag Zeichen wird der Arm vom Untersucher passiv in Extension und submaximale Innenrotation gebracht und der Patient aufgefordert, diese Position zu halten (Abb. 11 und 12) [69]. Ein Zurückweichen der Hand an den Rücken wird als positiv gewertet. Nach Hertel et al. lassen sich damit insbesondere kraniale Sehnenläsionen klinisch erfassen [69].



**Abb. 11 und 12: Innenrotations-Lag Zeichen [69, 153]**

Der Belly-press Test wurde anfänglich dafür entwickelt, die Integrität des Musculus subscapularis auch bei solchen Patienten klinisch evaluieren zu können, bei denen eine schmerzhaft eingeschränkte Innenrotation vorliegt und deshalb der Lift-off Test nicht durchführbar war [46]. Der Patient drückt den im Ellenbogengelenk gebeugten Unterarm bei geradem Handgelenk mit ganzer Kraft gegen den Bauch und versucht dabei den Ellenbogen vorne zu halten. Gelingt dies nicht, kommt es zu einer Flexion im Handgelenk und die Schulter wird angehoben. Im eigenen Vorgehen wird der Test leicht modifiziert durchgeführt, indem der Patient aufgefordert wird, aus einer Adduktionsposition des Armes eine Innenrotation durchzuführen und dabei eine Extension im Handgelenk zu erreichen [159] (Abb. 13). Ist dies nicht möglich, wird die erreichte Flexionsstellung („belly-press angle“ nach Kim et al. mit einem Goniometer bestimmt und das Ergebnis entsprechend der von Burkhart u. Tehrany für das Napoleon-Zeichen beschriebenen Einteilung graduiert (Abb. 14) [22, 92, 163]. Bei einer Flexionsstellung im Handgelenk von 90° muss von einer kompletten Ruptur der Subscapularissehne ausgegangen werden. Findet sich eine Flexionsstellung von 30–60°, liegt häufig eine Läsion der oberen zwei Drittel der Sehne vor. Liegt ein negatives Testergebnis vor, so kann allerdings eine Läsion nicht völlig ausgeschlossen werden [22].



**Abb. 13 und 14: Modifizierter Belly-press Test und Bestimmung des „belly-press angle“ [92, 153, 159]**

### 3.2.1 Das Belly-off Zeichen

Als weiterführendes klinisches Zeichen zur Evaluation von Dysfunktionen der muskulotendinösen Einheit des Subscapularis wurde das sog. Belly-off Zeichen entwickelt. In einer deskriptiv explorativen Untersuchung wird das Belly-off Zeichen vorgestellt und dessen Wertigkeit in der Diagnostik von isolierten oder kombinierten Läsionen der muskulotendinösen Einheit des Subscapularis evaluiert.

***Scheibel M, Magosch P, Pritsch M, Lichtenberg S, Habermeyer P: The belly-off sign: a new clinical diagnostic sign for subscapularis lesions. Arthroscopy 21: 1229-1235, 2005***



### 3.2.2 Klinische Validierung der Subscapularistests

In einer arthroskopisch kontrollierten Folgeuntersuchung werden die gegenwärtig in der Literatur publizierten klinischen Tests und diagnostischen Zeichen in der Diagnostik von Subscapularisläsionen prospektiv validiert.

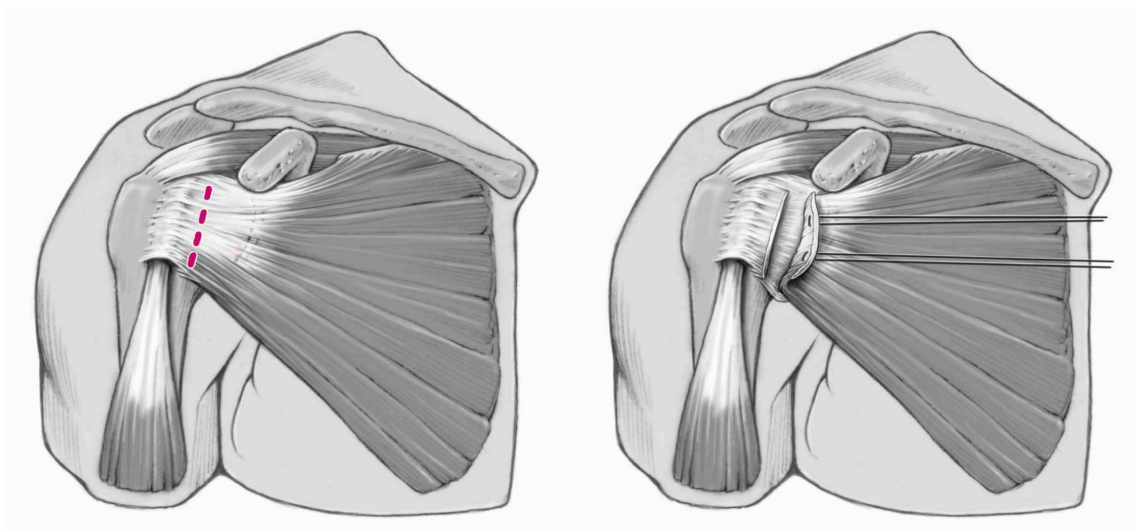
***Scheibel M, Greiner S, Kääh MJ, Haas NP: Diagnostic values of physical tests for subscapularis lesions. Book of abstracts of the 20<sup>th</sup> Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (SECEC-ESSSE). Athens, Greece, 149, 2006***

### 3.3 Subscapularisdysfunktionen nach vorderer Schulterstabilisierung

#### 3.3.1 Operative Zugangswege bei offener Stabilisierung

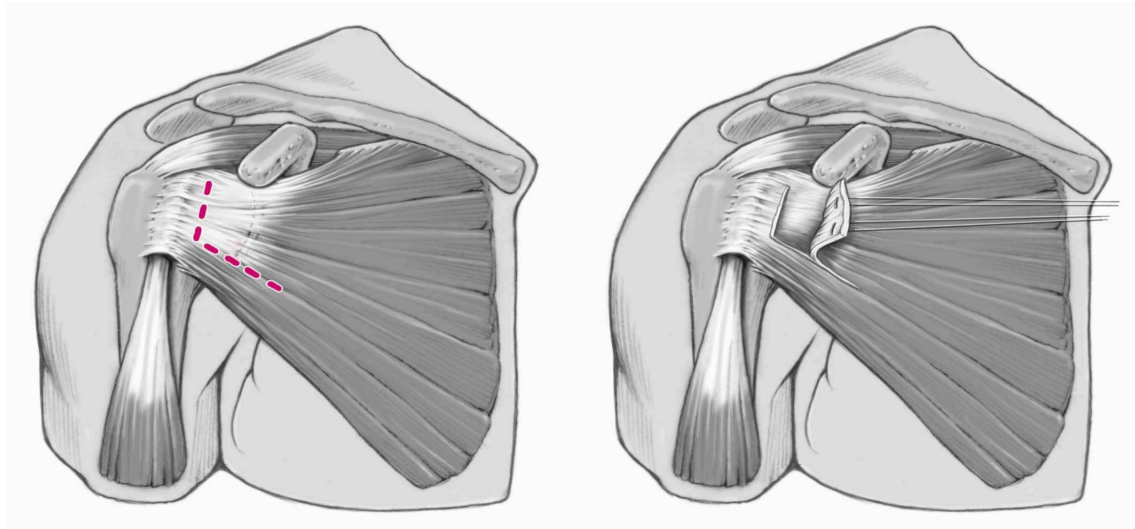
Ventrale Zugangswege zum Schultergelenk werden routinemäßig im Rahmen von Rotatorenmanschettenrekonstruktionen, Arthrolysen, Frakturversorgungen, Endoprothesenimplantationen und offenen ventralen Stabilisierungsverfahren verwendet [67]. Mit der Weiterentwicklung der arthroskopischen Techniken, die teilweise äquivalente Ergebnisse zu den offenen Verfahren hinsichtlich Relaxationsraten liefern, hat sich die Zahl der offenen Stabilisierungseingriffe deutlich reduziert [16, 34, 87, 91, 183]. Nach Millett et al. besteht die Indikation zur offenen Schulterstabilisierung jedoch weiterhin bei Vorliegen großer humeraler oder glenoidaler Defektsituationen, arthroskopisch nicht oder nur schwer adressierbarer Weichteildefekte (z.B. HAGL-Läsion) oder auch bei fehlender arthroskopischer Erfahrung des Operateurs [123].

Der Zugang zum Glenohumeralgelenk wird über verschiedene Ablösungs- und/oder Inzisionstechniken der Subscapularissehne erreicht. Die komplette Tenotomie mit Ablösung der muskulotendinösen Insertion 0,5-1 cm medial des Tuberculum minus stellt einen Standardzugangsweg dar und erlaubt eine gute Gelenkexposition mit Mobilisation der Sehne, Separation der darunterliegenden Gelenkkapsel gefolgt von einer anatomischen Rekonstruktion (Abb. 15 und 16) [141, 153].



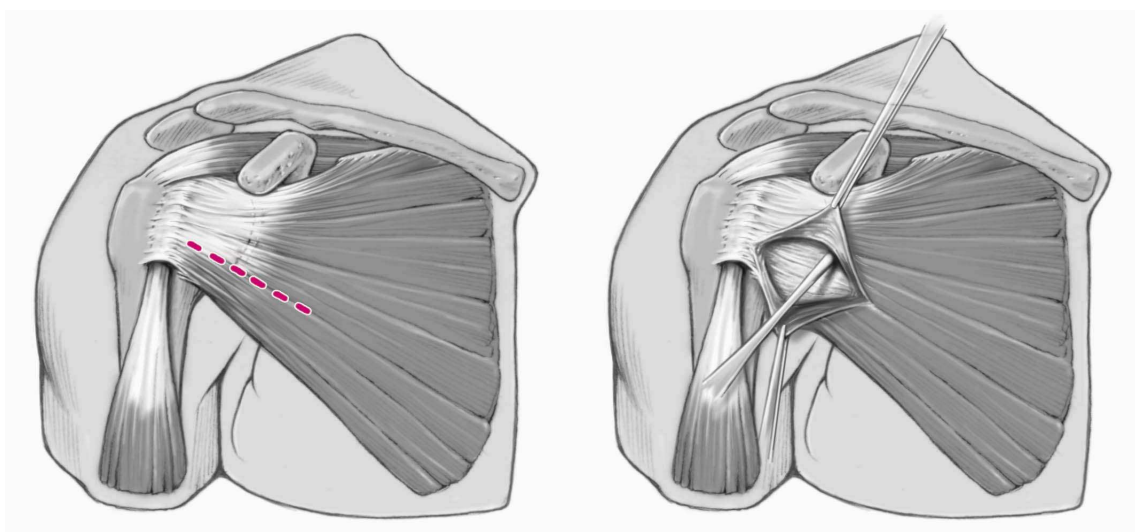
**Abb.15 und 16: Komplette Subscapularistenotomie mit Ablösung der Sehne ca. 0,5-1 cm medial der Insertion am Tuberculum minus [141, 153]**

Alternativ zur kompletten Tenotomie, wird die umgekehrt L-förmige Ablösung der Subscapularissehne routinemäßig angewendet (Abb. 17 und 18). Dieser Zugang schont die anterioren Circumflexgefäße sowie die kaudale muskuläre Insertion.



**Abb.17 und 18: Umgekehrt L-förmige Tenotomie der Subscapularissehne mit Erhalt der muskulären Insertion [153]**

Jobe et al. propagieren den Subscapularis-Split Zugang zur offenen Versorgung von Schulterinstabilitäten [84]. Dieser Zugang spaltet die Subscapularissehne im Faserverlauf, wodurch Vernarbungen mit konsekutiver Außenrotationseinschränkung vermieden werden sollen (Abb. 19 und 20).



**Abb. 19 und 20: Subscapularis-Split Zugang mit Spaltung der Sehne im Faserverlauf [84,**

### 3.3.2 Subscapularisinsuffizienzen nach offener Primär- und Revisionsstabilisierung

Verschiedene klinische Studien weisen darauf hin, dass o.g. Zugangswege die strukturelle Integrität und Funktion der muskulotendinösen Einheit des Subscapularis in unterschiedlichem Maße langfristig beeinträchtigen und die klinischen Ergebnisse negativ beeinflussen können [57, 118, 131, 145]. Neben tendinösen Insuffizienzen, die im Wesentlichen auf Nahtinsuffizienzen in der frühen postoperativen Phase zurückzuführen sind, wurden strukturelle Veränderungen des Musculus subscapularis im Sinne einer fettigen Degeneration des Muskels nach offener Primärstabilisierung beschrieben. Keine Daten existieren bisher, welche funktionellen und strukturellen Auswirkungen eine offene Revisionsstabilisierung nach gescheiterter offener Primärstabilisierung hat. In einer retrospektiven Kohortenstudie wird die klinische Funktion und strukturelle Integrität des Musculus subscapularis bei Patienten nach offener Primär- und Revisionsstabilisierung der Schulter unter Verwendung einer umgekehrt L-förmigen Tenotomie evaluiert und beide Patientenkollektive im Hinblick auf die klinischen und radiologischen Ergebnisse verglichen.

***Scheibel M, Tsynman A, Magosch P, Schroeder RJ, Habermeyer P: Postoperative subscapularis muscle insufficiency after primary and revision open shoulder stabilization. Am J Sports Med 34: 1586-1593, 2006***

### 3.3.3 Strukturelle Integrität und Funktion des Musculus subscapularis nach offener und arthroskopischer Stabilisierung

Der potentielle Vorteil der arthroskopischen Stabilisierungsverfahren ist unter anderem in einer verminderten Traumatisierung des Musculus subscapularis zu sehen. Eine retrospektive Folgestudie untersucht daher die strukturelle Integrität und klinische Funktion des Musculus subscapularis nach arthroskopischer und offener Schulterstabilisierung.

***Scheibel M, Nikulka C, Dick A, Schroeder RJ, Haas NP: Structural integrity and clinical function of the subscapularis musculotendinous unit after arthroscopic or open shoulder stabilization. Am J Sports Med 35: 1153-61, 2007***

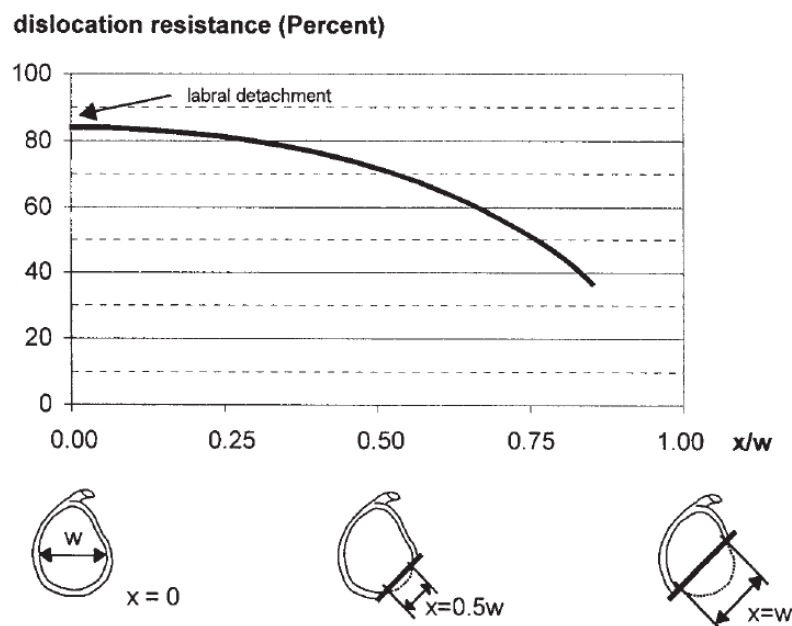
## **4. Operative Therapiestrategien bei anterioren Glenoidranddefekten**

### **4.1 Pathoanatomische und biomechanische Überlegungen**

Die Bedeutung von glenoidalen Defektsituationen als wesentliche Ursache für eine sog. knöcherne Instabilität wurde über viele Jahre unterschätzt. Erst durch die Analyse der Fehlschläge nach klassischer vorderer Schulterstabilisierung konnte die Bedeutung der Glenoidranddefekte als Risikofaktor für rezidivierende Schulterinstabilität näher herausgearbeitet werden [13, 14, 19, 43, 125, 137, 178]. Computertomographisch werden anteriore Glenoidranddefekte nach Schultererstluxation in bis zu 41% und bei rezidivierender Schulterinstabilität in bis zu 90% nachgewiesen [60, 172]. Sugaya et al. unterscheiden zwischen einem Fragment-Typ und einem Erosions-Typ [60]. Während knöcherne Fragmente ohne wesentliche glenoidale Erosion in der Regel reponiert und refixiert werden können, muss bei chronischen Pfannenranderosionen mit signifikantem Knochenverlust eine knöcherne Pfannenaufbauplastik erfolgen, um die glenoidale Gelenkfläche und damit die Stabilität des Gelenks wiederherzustellen [13, 20, 44, 48, 82, 124, 132, 171, 173]. Verkürzungen der glenoidalen Gelenkfläche erhöhen nicht nur die Instabilität des Gelenks, sondern führen zu einer Veränderung der gesamten Biomechanik. Greis et al. konnten zeigen, dass sich bei einem Verlust von 30% der Glenoidoberfläche die Kontaktfläche um 41% vermindert und gleichzeitig der Anpressdruck auf die restliche Glenoidfläche um 100% erhöht [58].

Während aus biomechanischer Sicht bisher wenig über die Problematik der Läsionen vom Fragment-Typ bekannt ist, haben verschiedene Grundlagenarbeiten wie auch klinische Studien versucht, einen instabilitätsrelevanten glenoidalen Knochenverlust zu quantifizieren und therapeutische Empfehlungen aufzustellen. Itoi et al. zeigten in einer experimentellen Untersuchung, dass ein Erosionsdefekt von >21% der Glenoidlänge die Stabilität der Schulter signifikant reduziert [82]. Ebenso fand sich eine signifikante Außenrotationseinschränkung nach klassischer Bankart-Rekonstruktion. In einer weiterführenden Arbeit zeigte sich auf der Basis der Computertomographie, dass ein anteroinferiorer Defekt von 21% der Glenoidlänge einem Verlust von 50% der Glenoidbreite im kaudalen Viertel des Glenoids entspricht [81]. Große Glenoidranddefekte führen zum Bild einer auf dem Kopf stehenden Birne („inverted-pear glenoid“), bei welchem der Knochenverlust den normalerweise breiteren inferioren Teil des Glenoids schmaler als den superioren erscheinen lässt [21, 113]. In Extremfällen resultiert daraus auch ein sog. „banana glenoid“ [20].

Burkhart und deBeer fanden nach arthroskopischem Bankart-Repair und vorliegendem „inverted-pear glenoid“ eine Rezidivrate von 67% im Vergleich zu 4% bei normaler Glenoidkonfiguration [19]. Diese anfangs deskriptive Bewertung eines signifikanten Glenoiddefektes wurde kürzlich mit dem sog. Glenoidindex validiert [31]. Dieser basiert auf dem intraindividuellen Vergleich mit der gesunden Gegenseite und ist definiert als das Verhältnis von maximalem inferioren Durchmesser der Defektseite zu maximalem inferioren Durchmesser des gesunden Glenoids. Bei einem Glenoidindex von  $>0,75$  reicht ein klassischer Bankart-Repair aus. Bei einem Index von  $<0,75$ , der einem Verlust der inferioren Glenoidbreite von 25% entspricht, entsteht ein „inverted-pear glenoid“ und der knöchernerne Aufbau wird empfohlen. Gerber und Nyfeller quantifizierten einen Pfannenranddefekt durch Messung der Länge des Defektes [48]. In einer biomechanischen Studie zeigte sich, dass bei einer Defektlänge, die größer ist als die Hälfte des maximalen anteroposterioren Durchmessers, der Dislokationswiderstand signifikant abnimmt und die Indikation zum Knochenaufbau gegeben ist (Abb.18).



**Abb. 18: Bestimmung eines signifikanten Glenoiddefekts in der Technik nach Gerber und Nyfeller [48]. Ist die Länge des Defekts ( $x$ ) größer als die Hälfte des maximalen anteroposterioren Durchmessers ( $w$ ) sinkt der Dislokationswiderstand auf unter 70% einer normalen Schulter**

## 4.2 Glenoiddefekte vom Fragment-Typ

Akute Glenoiddefekte vom Fragment-Typ treten als knöchernen Bankart-Läsionen oder solide bzw. mehrfragmentäre Glenoidrandfrakturen auf. Sie können durch eine Luxation oder ein direktes Trauma ohne Luxation bedingt sein [13, 24, 30, 116, 132]. Die frühzeitige operative Versorgung von akuten Glenoidranddefekten vom Fragment-Typ wurde mit dem Ziel propagiert, die glenoidale Konkavität wiederherzustellen, eine rezidivierende Instabilität zu verhindern und das Risiko der Entwicklung einer Sekundärarthrose zu reduzieren [5, 7, 25, 36, 51, 53, 54, 65, 89, 102, 119, 195]. Nach Goss ist eine operative Versorgung von Glenoidrandfrakturen dann indiziert, wenn eine persistierende Subluxation oder Luxation des Oberarmkopfes aus der Fraktur resultiert [53]. Die offene Fragmentrefixation wurde dabei über viele Jahre als das Verfahren der Wahl zur Therapie dieser Läsionen betrachtet. Die Wahl des Implantats ist in der Regel abhängig von der Größe und Konsistenz des Fragments. Während große Fragmente einer osteosynthetischen Versorgung mit Schrauben gut zugänglich sind, bieten Fadenankersysteme die Möglichkeit auch kleinere Fragmente mit dem daran anhaftenden Kapsel-Labrum-Ligament-Komplex zu refixieren oder multifragmentäre Defektsituationen zu rekonstruieren.

### 4.2.1 Offene Reposition und Rekonstruktion in Fadenankertechnik oder Schraubenosteosynthese

In einer retrospektiven Kohortenstudie werden die Resultate nach offener Reposition und Pfannenrandrekonstruktion in Fadenankertechnik oder Schraubenosteosynthese bei Defekten vom Fragment-Typ evaluiert. Ebenso werden die Patientenkollektive im Hinblick auf ihr klinisches und radiologisches Ergebnis untereinander verglichen und Komplikationen beider Techniken herausgearbeitet.

***Scheibel M, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P: Open reconstruction of anterior glenoid rim fractures. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 12: 568-573, 2004***



#### 4.2.2 Arthroskopische Reposition und Rekonstruktion in Fadenankertechnik

Mit der Weiterentwicklung der arthroskopischen Verfahren wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Techniken zur minimal-invasiven Versorgung von soliden Glenoidrandfrakturen beschrieben. Während von einigen Autoren die osteosynthetische Versorgung mit kanülierten Schrauben bevorzugt wird, berichten Sugaya et al. über die erfolgreiche Rekonstruktion unter Verwendung von Fadenankersystemen [11, 25, 171, 177]. Dabei werden die Fadenanker kranial und kaudal des knöchernen Fragments in das intakte Glenoid eingebracht, der Kapsel-Labrum-Ligament-Komplex durchstoßen und über Ligamentotaxis die Fragmente reponiert. Der vorliegende Fallbericht beschreibt die arthroskopische Reposition und Rekonstruktion einer komplexen Mehrfragmentfraktur des Glenoids in einer nach Sugaya modifizierten Technik mit Fadenankern [171].

***Scheibel M, Schöttle P, Nikulka C, Haas NP: Arthroscopic reconstruction of a complex glenoid rim fracture using suture anchors. Eur J Orthop Surg Traumatol 18:33–38, 2008***

### **4.3 Glenoiddefekte vom Erosions-Typ**

Für die operative Versorgung von signifikanten glenoidalen Substanzdefekten wird gegenwärtig der autologe Knochenaufbau entweder mit extra- oder intraartikulär platziertem Beckenkammspan oder mit einem Korakoidtransfer in der Technik nach Latarjet empfohlen [3, 6, 32, 43, 104, 105, 106, 112, 129, 190]. Grundsätzlich handelt es sich bei dem Korakoidtransfer um ein extraanatomisches Verfahren, welches jedoch auf Grund des sog. „triple blocking effects“ unter biomechanischen Aspekten Stabilitätsvorteile gegenüber der Beckenkammspanplastik haben soll [105, 192]. Die Rekonstruktion mit autologem trikortikalem Beckenkammspan stellt hingegen ein anatomisches Verfahren zum Wiederaufbau der glenoidalen defizitären Knochensituation dar. Die gegenwärtig propagierten Beckenspantechniken basieren auf den von Eden 1918 und Hybinette 1932 beschriebenen Verfahren, wobei anatomische Variationen dieser Techniken heutzutage zur Anwendung kommen [6, 40, 62, 77, 190]. Experimentell konnte bestätigt werden, dass durch ein nach Form und Höhe angepasstes Transplantat die Biomechanik der Pfanne wiederhergestellt werden kann [126].

#### 4.3.1 Offene Rekonstruktion chronischer Pfannenrandefekte mit autologer trikortikaler Beckenkammspanplastik

In einer retrospektiven Nachuntersuchung werden die klinischen und radiologischen Resultate nach offener Pfannenrandrekonstruktion mit autologer trikortikaler Beckenkammspanplastik bei Defekten mit signifikantem Knochenverlust vom Erosions-Typ untersucht. In Hinblick auf die bereits mehrfach erwähnte Zugangsmorbidität im Rahmen der offenen Verfahren wurde zudem die postoperative klinische und strukturelle Integrität des Musculus subscapularis nach kompletter Tenotomie evaluiert.

***Scheibel M, Nikulka C, Dick A, Schroeder RJ, Gerber Popp A, Haas NP: Autogenous bone grafting for chronic anteroinferior glenoid defects via a complete subscapularis tenotomy approach. Arch Orthop Trauma Surg 128: 1317-1325, 2008***

#### 4.3.2 Arthroskopische Rekonstruktionstechnik

Die offenen Verfahren mit anatomischer autologer Beckenkammspanplastik zur Rekonstruktion des Glenoids zeigen reproduzierbare klinische und radiologische Ergebnisse in den bisher publizierten Arbeiten [62, 160, 190]. Ziel war es daher ein arthroskopisches Verfahren zu entwickeln, um die Vorteile der knöchernen Rekonstruktion mit den potentiellen Vorteilen der minimal-invasiven Techniken zu kombinieren.

***Scheibel M, Kraus N, Diederichs G, Haas NP: Arthroscopic reconstruction of chronic anteroinferior glenoid defect using an autologous tricortical iliac crest bone grafting technique. Arch Orthop Trauma Surg 128, 1295-1300, 2008.***

#### **4.4 Virtuelle dreidimensionale Glenoidplastik**

Mit der Einführung der arthroskopischen Glenoidrandrekonstruktion hat sich das Problem der Dimensionierung des Knochenspans ergeben. Die konkrete Herausforderung besteht beim minimal-invasiven Vorgehen darin, die Größe des fehlenden Knochenareals intraoperativ korrekt zu quantifizieren und anschließend anatomisch zu rekonstruieren. Mittels Mehrzeilen-Spiral-Computertomographie und multiplanaren Rekonstruktionen können Glenoidranddefekte effektiver als in konventionellen Röntgenaufnahmen dargestellt werden [61, 168]. Da sich die glenoidalen Gelenkflächen beider Schultern intraindividuell morphologisch kaum voneinander unterscheiden, kann eine gesunde Gegenseite als Referenz herangezogen werden [59, 172]. Zur dreidimensionalen Rekonstruktion des Knochendefektes anhand der gesunden Gegenseite kann nach Aquisition eines dünn-schichtigen computertomographischen Volumendatensatzes beider Schultern das Glenoid mit dem Defektareal virtuell in das kontralaterale Glenoid überführt werden. Resultat wäre sowohl eine präzise dreidimensionale Größenangabe des fehlenden Knochens als auch die virtuelle Rekonstruktion eines idealen Knochenspans, der als Vorlage zur anatomischen Rekonstruktion verwendet werden kann. In einer experimentellen Kadaverstudie wird eine Methode vorgestellt, wie bei Glenoidranddefekten die Größe des fehlenden Fragments quantifiziert und ein dreidimensionales Modell des idealen Knochenspans entworfen werden kann.

***Diederichs G, Seim H, Meyer H, Issever AS, Link TM, Schroeder RJ, Scheibel M: CT-based patient-specific modeling of glenoid rim defects: a feasibility study. AJR Am J Roentgenol 191: 1406-1411, 2008***

## 5. Diskussion

Grundlegendes Ziel jeder Therapie von Schulterinstabilitäten muss es sein, die Integrität der dynamischen bzw. statischen Stabilisatoren der Schulter zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Die konservativen und operativen Behandlungsverfahren haben dabei in den vergangenen Jahren eine innovative Entwicklung durchlebt.

Mit der Immobilisation der Schulter in Außenrotation nach traumatischer Erstluxation soll eine Reposition und letztendlich Einheilung des abgelösten Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes in anatomischer Position erreicht werden. Während die arthroskopischen und offenen operativen Stabilisierungstechniken dies ermöglichen, konnte die bisher praktizierte Innenrotationsruhigstellung im Anschluss an eine primärtraumatische Schulterluxation dies in der Mehrzahl der Fälle nicht gewährleisten, was sich vermutlich in den hohen Rezidivraten dieser Therapieform widerspiegelt [79]. Die Außenrotationsimmobilisation bietet entsprechend der jetzigen Datenlage eine Möglichkeit, die Ergebnisse nach konservativer Therapie primärtraumatischer Schulterluxationen zu verbessern. Vergleicht man die gegenwärtig vorliegenden Resultate aus der Studie von Itoi et al. und die ersten mittelfristigen Ergebnisse aus den eigenen klinischen Untersuchungen mit denen in der Literatur publizierten Reluxationsraten nach herkömmlicher konservativer Behandlung so zeigt sich, dass mit der Immobilisation in Außenrotation eine Reduktion der Rezidivrate erreicht werden kann [45, 68, 72, 75, 79, 96, 101, 108, 117, 133, 138, 140, 142, 144, 155, 169, 181, 187, 201].

Die Außenrotationsimmobilisation ermöglicht es jedoch bisher nicht, die Rezidivraten auf das Niveau der Ergebnisse nach arthroskopischer oder offener Stabilisierung zu senken [2, 16, 26, 41, 50, 55, 85, 90, 94, 134, 147, 149, 193]. Gründe für das Scheitern dieser Therapieform sind bislang ungeklärt. Von verschiedenen Autoren wurde vermutet, dass neben immobilisationsspezifischen Faktoren wie der Immobilisationsdauer oder –position pathoanatomische Einflüsse Auswirkungen auf die Ergebnisse haben könnten [66, 79, 109, 122, 164, 165, 175, 197, 198]. Die gewonnenen Daten aus eigenen kernspintomographischen Untersuchungen sowie die ersten klinischen Ergebnisse favorisieren gegenwärtig keine längere Immobilisationsdauer im Vergleich zu den von Itoi et al. propagierten drei Wochen [79].

Weder in den kernspintomographischen Untersuchungen konnte eine signifikante Stellungsverbesserung des Labrum glenoidale nach fünfwöchiger Immobilisation gefunden werden, noch zeigen die ersten klinischen Ergebnisse Unterschiede im Hinblick auf die Reluxationsrate und das funktionelle Resultat [155, 156]. Erwähnenswert ist allerdings auch, dass eine Verlängerung der Immobilisation keine negativen Auswirkungen auf das klinische Resultat und insbesondere auf den Bewegungsumfang der Patienten hatte. Womöglich erlaubt auch die gegenwärtig propagierte Immobilisationsposition zwischen 10 und 30° Außenrotation nicht in allen Fällen eine Wiederherstellung der strukturellen Integrität der ventralen passiven Stabilisatoren. Miller et al. konnten in einer Kadaverstudie zeigen, dass die Innenrotationsposition mit keinem messbaren Anpressdruck abgelöster Labrumanteile gegen des Glenoid einhergeht [122]. In Neutral- und zunehmender Außenrotation hingegen kommt es zu einer signifikanten Zunahme des Anpressdrucks zwischen Labrum und Glenoid mit einem Maximum bei 45° Außenrotation. Hart und Kelly fanden bei einer arthroskopischen Untersuchung, dass die beste Reposition des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes bei 30° Abduktion und 60° Außenrotation erreicht werden kann [66].

Von Wintzell et al. wurde auf die Rolle des Hämarthros nach Erstluxation hingewiesen [197, 198]. Die Autoren konnten zeigen, dass eine arthroskopische Lavage und Ausräumung des Gelenkergusses im Vergleich zur herkömmlichen konservativen Therapie mit signifikant niedrigeren Reluxationsraten einhergeht. Auch Itoi et al. vermuten, dass ein ausgeprägter Hämarthros ein Repositionshindernis für den Kapsel-Labrum-Ligament-Komplex darstellt [83]. Seybold et al. untersuchten inwieweit sich unterschiedliche Labrumläsionen durch die Außenrotationsposition reponieren lassen [165]. Zudem wurde in dieser Studie versucht, die plastische Deformierung der ventralen Kapsel in vier Grade einzuteilen. Die Außenrotationsposition ermöglicht eine signifikante Stellungsverbesserung des Kapsel-Labrum-Ligament-Komplexes unabhängig vom Typ der Labrumläsion. Bei Perthes-Läsionen mit einem geringen Grad an plastischer Deformierung stellt sich die Außenrotationsposition am effektivsten dar.

Weiterführende kernspintomographische und klinische Untersuchungen müssen in Zukunft dazu beitragen, die optimale Immobilisationsposition unter Berücksichtigung pathoanatomischer Veränderungen zu evaluieren.

Der Musculus subscapularis hat in seiner Funktion als wichtigster Innenrotator und dynamischer ventraler Stabilisator der Schulter in den vergangenen Jahren zunehmend an Interesse gewonnen. Verschiedene in der Literatur beschriebene klinische Tests und diagnostische Zeichen erlauben eine relativ selektive Beurteilung der musklotendinösen Einheit. Neben dem Lift-off Test, dem IRO-Lag Zeichen, dem Belly-press Test bzw. Napoleon Zeichen hat sich als weiterführendes Zeichen das Belly-off Zeichen in der klinischen Diagnostik von Läsionen des Musculus subscapularis bewährt [158]. In der eigenen prospektiven Validierung der Subscapularistests zeigten das Belly-off Zeichen und der modifizierte Belly-press Test die höchsten Sensitivitäten. Das Belly-off Zeichen und der Lift-off-Test wiesen zudem die höchsten Spezifitäten auf. Durch die kombinierte Anwendung aller verfügbaren diagnostischen Tests ließen sich Aussagen zur Größe der Läsion machen. Fünfzehn Prozent aller Läsionen, insbesondere kraniale Partiailläsionen, der Subscapularissehne konnten jedoch auch durch die kombinierte Anwendung aller Tests nicht präoperativ diagnostiziert werden [150]. Es bleibt abzuwarten, ob mit dem kürzlich von Barth et al. publizierten Bear-Hug Test eventuell eine noch präzisere Diagnostik von Läsionen des Musculus subscapularis möglich wird [10, 28]. In einer ersten Untersuchung erwies er sich sensitiver als der Lift-off Test, der Belly-press Test und das Napoleon Zeichen. Eine schmerz- und oder mechanischbedingte eingeschränkte Innenrotation limitiert die Aussagekraft der Subscapularistests. Während die Tests hinter dem Körper nicht durchgeführt werden können, da die Ausgangsposition nicht erreicht wird, ergeben sich bei den Tests vor dem Körper falsch-positive Ergebnisse bedingt durch posteroinferiore Weichteilverkürzungen.

Die operative Versorgung von Schulterinstabilitäten hat sich über Jahrzehnte zu einem etablierten Verfahren entwickelt. Mit Hilfe der offenen Stabilisierungsverfahren, die lange als der sog. Goldstandard angesehen wurden, können die Reluxationsraten bei rezidivierenden anteroinferioren Schulterinstabilitäten auf unter 10% gesenkt werden [15, 34, 50, 85, 91, 99, 134]. Obwohl die Zahl der offenen Stabilisierungen auf Grund der Weiterentwicklung der arthroskopischen Techniken und deren vergleichbaren Ergebnisse deutlich rückläufig ist, besitzen die offenen Techniken bis heute weiterhin ihr festes Indikationsspektrum [123]. Das Ziel, die statischen Stabilisatoren der Schulter wiederherzustellen, wird über eine iatrogene Verletzung der Integrität der dynamischen Stabilisatoren insbesondere des Musculus subscapularis erreicht.

Klinische Dysfunktionen des Musculus subscapularis können sich infolge verschiedener Ursachen ereignen, einschließlich dem Versagen der Sehnenrekonstruktion (tendinöse Insuffizienz) und/oder muskulärer Veränderungen wie Atrophie und fettiger Infiltration (muskuläre Insuffizienz) [57, 118, 131, 145, 185]. Tendinöse Insuffizienzen, wie sie von Greis et al. infolge traumatischer Ereignisse nach offener Schulterstabilisierung beschrieben wurden, scheinen eher selten zu sein und wurden im eigenen Krankengut nicht beobachtet [57, 159, 162]. Zurückführen lässt sich dies sicherlich auf eine anatomische und primärstabile Refixationstechnik sowie ein angepasstes Nachbehandlungsschema, was ebenso dazu beiträgt, die Zugangsmorbidität so gering wie möglich zu halten [194]. Tendinöse Insuffizienzen können jedoch mit rezidivierender Instabilität und akutem Funktionsverlust einhergehen. Eine umgehende Revision mit Rekonstruktion der Sehne wird empfohlen, um eine adäquate Stabilität und Funktion zu erreichen [57]. Eine verspätete Rekonstruktion gelingt häufig nur selten. Bei irreparablen Läsionen kann eine Muskelerersatzlappenplastik (z.B. Pectoralis major-Transfer) erforderlich sein [42, 43, 123, 189].

Im Gegensatz zu akuten postoperativen Nahtdehiszenzen stellen chronische Subscapularisinsuffizienzen bedingt durch intrinsische Muskelveränderungen ein bisher nur wenig beachtetes Problem dar. Picard et al. evaluierten erstmalig in einer retrospektiven Studie die Auswirkungen der umgekehrt L-förmigen Tenotomie der Subscapularissehne nach Korakoidtransfer und fanden bei ca. 40% der Patienten ein 50%iger Kraftverlust und eine signifikante Verfettung des Musculus subscapularis [131]. Sachs et al. korrelierten die Ergebnisse des Lift-off Tests bei Patienten nach offenem Bankart-Repair über eine umgekehrt L-förmige Tenotomie mit der Gesamtfunktion der Schulter [145]. Während sich in den objektiven Scores keine Unterschiede in beiden Gruppen zeigten, fanden sich eine signifikant höhere Patientenzufriedenheit und signifikant bessere Ergebnisse in den subjektiven Schulterscores bei Patienten mit einem negativen Lift-off Test [93, 145]. Eine Korrelation zu strukturellen Veränderungen des Musculus subscapularis konnte jedoch auf Grund der nur im Einzelfall durchgeführten Bildgebung nicht evaluiert werden. Eigene Untersuchungen bestätigen die Ergebnisse der o.g. Studien im Hinblick auf die strukturelle Schädigung und das Funktionsdefizit des Musculus subscapularis nach offener Primärstabilisierung. Obgleich keine tendinösen Insuffizienzen gefunden wurden, zeigte sich bei Patienten nach zweimaliger offener



Stabilisierung zudem eine signifikant reduzierte Muskelfunktion [162]. Klinisch fanden sich in 53,8% nach Primärstabilisierung und in 91,6% nach offener Revisionsstabilisierung Zeichen einer Dysfunktion der muskulotendinösen Einheit des Subscapularis. Kernspintomographisch wurde zudem eine vermehrte Verfettung und Atrophie insbesondere des oberen Muskelanteils beobachtet [162]. Signifikante Unterschiede im Constant-Score und Rowe-Score zwischen den Gruppen fanden sich jedoch nicht [35, 142]. Auch in dem weiterführenden Vergleich zwischen arthroskopischer Stabilisierung unter Vermeidung transmuskulärer Portale und der offenen Stabilisierung unter Verwendung einer kompletten Tenotomie zeigte sich eine signifikant schlechtere Funktion und vermehrte Atrophie des Muskels in der offen stabilisierten Gruppe. Die untersuchten klinischen Funktionscores (Constant-Score, Rowe-Score, Walch-Duplay Score, Western Ontario Shoulder Instability Index und Melbourne Instability Shoulder Score) zeigten Unterschiede zugunsten der arthroskopisch stabilisierten Patienten jedoch ohne statistische Signifikanz [35, 93, 142, 188, 191]. Diese Beobachtungen in Zusammenschau mit den gegenwärtig zum Thema publizierten Arbeiten lassen schlußfolgern, dass die klinischen Auswirkungen abhängig vom Grad der Schädigung der muskulotendinösen Einheit sind.

Die Genese der muskulären Veränderungen bei intakten Sehnenverhältnissen ist unklar. Verschiedene Arbeiten weisen auf die Möglichkeit der Denervierung während des chirurgischen Zugangs mit Release und Mobilisation der muskulotendinösen Einheit hin [29, 56, 88, 202]. Yung et al. empfehlen die Darstellung des Nervus axillaris am Unterrand des Musculus subscapularis und den Schutz der unteren Nervenäste [202]. Checcia et al. evaluierten die topographischen Beziehungen der Nervi subscapulares zum ventralen Glenoidrand entsprechend der Position des Arms und konnten zeigen, dass die oberen Nervenäste gerade in Außenrotation innerhalb einer Distanz von einem Zentimeter medial des vorderen Glenoidrands verlaufen [29]. Eine ausgedehnte Mobilisation erhöht daher das Risiko einer iatrogenen Denervierung des Muskels. Erste elektrophysiologische Studien fanden jedoch keinen Anhalt für eine Denervierung des Muskels trotz nachgewiesener fettiger Degeneration [49]. Die Ätiologie bleibt daher weiter ungeklärt. In jedem Fall sollte jedoch die Ablösung und Mobilisation des Musculus subscapularis unter Beachtung der neuralen Innervation durchgeführt werden. Anatomische und primärstabile Refixationstechniken sowie eine restriktive Nachbehandlung tragen dazu bei, die Zugangsmorbidität so gering wie möglich zu halten.

Die Therapie von anterioren Glenoidranddefekten wird vom klinischen Erscheinungsbild, Typ der Läsion, Größe und Dislokation der Fragmente, relevanten Begleitpathologien sowie dem Alter und Funktionsanspruch des Patienten beeinflusst. Die Unterscheidung in Glenoidranddefekte vom Fragment- bzw. Erosions-Typ hat praktische Konsequenz. Über viele Jahre galt die offene Rekonstruktion als der Gold-Standard in der Versorgung von Glenoidranddefekten. In der eigenen Untersuchung nach offener Rekonstruktion von Defekten vom Fragment-Typ <25% der Glenoidoberfläche in Fadenankertechnik zeigten sich in der Mehrzahl der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse im Constant-Score und Rowe-Score [157]. Radiologisch konnte allerdings nur in drei Fällen eine exakte anatomische Rekonstruktion des Glenoids erzielt werden. Die guten und sehr guten klinischen Ergebnisse nach offener Fadenankerfixation stehen den eher ungünstigen radiologischen Ergebnissen gegenüber und lassen sich womöglich durch die gleichzeitig im Rahmen der Fragmentrefixation durchgeführte Kapsel-Labrum-Rekonstruktion erklären. Ebenso fanden sich bei den Patienten mit großen Glenoidfrakturen >25% der Gelenkfläche nach offener Reposition und Osteosynthese mit kanülierten Schrauben gute und sehr gute Ergebnisse in den Funktionsscores. Das knöcherne Fragment war in neun von zehn Fällen in anatomischer Stellung konsolidiert. Allerdings wurden bei vier Patienten revisionsbedürftige Komplikationen (Schraubenimpingement bzw. -lockerung) beobachtet, die allerdings keinen Einfluß auf das Endergebnis hatten. Die guten und sehr guten klinischen und radiologischen Resultate dieser Technik stehen somit den Frühkomplikationen dieser Technik gegenüber. Gohlke et al. berichteten ebenso von 28 Patienten mit großen Glenoidfrakturen, die in offener Technik mit kanülierten Titanschrauben versorgt wurden. In 13 Fällen lag eine isolierte Glenoidfraktur vor, während in 15 Fällen Begleitverletzungen (Rotatorenmanschettenrupturen und Tuberculum majus Frakturen) beobachtet wurden [51]. Die Autoren konnten die guten und sehr guten klinischen und radiologischen Ergebnisse nach offener Schraubenosteosynthese bestätigen. Patienten mit relevanten Begleitverletzung zeigten signifikant schlechtere Resultate in den funktionellen Scores. Im Gegensatz zur eigenen Untersuchung wurden in dieser Studie Leibinger-Titanschrauben verwendet und die Schraubenköpfe mit einem Mindestabstand von 3 mm zur Gelenklinie platziert. Schraubenlockerungen oder implantatbedingte Komplikationen wurden dabei nicht beobachtet.

Große Pfannenrandfrakturen werden zunehmend arthroskopisch adressiert. Von Cameron wurde erstmalig die arthroskopische Reposition und Schraubenosteosynthese einer Glenoidfraktur publiziert [25]. Tauber et al. berichteten kürzlich über zehn Patienten, die eine traumatische Schulterluxation mit einem knöchernen Fragment mit einer mittleren Größe von 26,5% der Glenoidlänge erlitten und mit arthroskopischer Reposition und Schraubenosteosynthese versorgt wurden [177]. Nach einem Nachuntersuchungszeitraum von 24 Monaten erreichten sieben Patienten ein exzellentes und zwei ein gutes Ergebnis. In einem Fall wurde ein schlechtes Resultat erzielt. Computertomographisch konnte eine Einheilung des Fragments in allen Fällen nachgewiesen werden. Ein Patient musste auf Grund eines Schraubenimpingements revidiert werden. Die Verwendung von Fadenankersystemen zur Rekonstruktion von großen Glenoidrandfrakturen wurde als Alternative zur Schraubenosteosynthese vorgestellt. Die von Sugaya et al. beschriebene Technik ermöglicht über das Prinzip der Labrumligamentotaxis eine Reposition und Stabilisation des Fragments. Eine postoperative Ruhigstellung erscheint jedoch erforderlich, um die initial geringere Primärstabilität im Vergleich zur Schraubenosteosynthese auszugleichen. Bei intaktem Labrum und axillärem Zwischenfragment, welches in den Defekt eingepasst werden kann, stellt die Technik ein geeignetes Verfahren dar [161].

Glenoidranddefekte vom Erosions-Typ bedürfen einer differenzierten Behandlungsweise. In Anlehnung an die gegenwärtige Literatur erfolgt eine knöcherne Augmentation bei Defekten >25% der Gelenkfläche. Die Effektivität der anatomischen Pfannenrandrekonstruktion mit trikortikalem Beckenkammspan und Fixation mit kanülierten Schrauben zur Behandlung von signifikanten Erosionsdefekten wurde kürzlich von Warner et al. belegt [190]. Eigene Ergebnisse bestätigen die guten Resultate dieses Verfahrens als Primär- bzw. Revisionseingriff ohne Zeichen einer Rezidivinstabilität im untersuchten Kollektiv [160]. Computertomographisch zeigte sich in beiden Arbeiten eine Einheilung des Autografts in allen Fällen ohne Implantatkomplikationen. In der eigenen Studie fand sich bei zwei Patienten eine Grad I und in einem Fall eine Grad II Omarthrose nach Samilson und Prieto ohne Einfluß auf das klinische Resultat [146]. Die Zugangsmorbidität des offenen Verfahrens im Hinblick auf strukturelle Veränderungen der muskulotendinösen Einheit des Subscapularis konnte auch in dieser Studie bestätigt werden. Langzeitergebnisse hierzu bleiben abzuwarten.

Durch die Weiterentwicklung der minimal-invasiven Techniken ist es gegenwärtig auch möglich, die autologe Beckenspanplastik arthroskopisch durchzuführen und somit die Zugangsmorbidität zu minimieren. Als weitere potentielle Vorteile des arthroskopischen Vorgehens sind das reduzierte Infektrisiko, ein geringerer Blutverlust, weniger postoperative Schmerzen und ein besseres kosmetisches Resultat zu erwähnen. Während von Taverna et al. kürzlich eine Technik vorgestellt wurde, die auf einer Fixation mit Metallimplantaten beruht, werden im eigenen Vorgehen bioresorbierbare Kompressionsschrauben verwendet [154, 179]. Mittelfristige klinische und radiologische Ergebnisse stehen dazu jedoch noch aus.

Mit der Einführung der arthroskopischen Glenoidrandrekonstruktion hat sich das Problem der Dimensionierung des Knochenspans ergeben. Die konkrete Herausforderung besteht beim minimal-invasiven Vorgehen darin, die Größe des fehlenden Knochenareals intraoperativ korrekt zu quantifizieren und anschließend anatomisch zu rekonstruieren. Die diagnostische Arthroskopie soll es ebenso ermöglichen, einen Glenoidranddefekt zu quantifizieren. Grundlage dieser Methoden ist die Annahme, dass der inferiore Teil des Glenoids einen Kreis bildet, mit dem sog. „bare spot“, dem Punkt des dünnsten Knorpels in seinem Zentrum [21, 76]. Somit kann durch Vergleich des posterioren Radius mit dem anterioren Radius ein Glenoidranddefekt ermittelt werden. Schwierig ist das tatsächliche Ausmaß des knöchernen Defektes zu bestimmen, da der Skapulahals weichteilig umgeben ist und dies eine Visualisierung erschwert [172]. Außerdem herrscht in der Literatur kein Konsens darüber, ob der „bare spot“ tatsächlich in der Mitte des inferioren Glenoidzirkels liegt [21, 71, 95, 135]. Kralinger et al. schlossen aus der variierenden Lage des „bare spot“, dass die präoperative bilaterale Computertomographie besser zur exakten Quantifizierung von Knochendefekten geeignet sei [95]. Somit lässt die Arthroskopie bei vorliegendem „bare spot“ eine orientierende Aussage über das Vorhandensein und die Größe eines Knochendefektes zu, erlaubt allerdings keine dreidimensionale Abschätzung. Die virtuelle dreidimensionale Glenoidplastik kann diese Nachteile ausgleichen [38]. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass mittels Fusion des defekten Glenoids mit der intakten Gegenseite die ursprüngliche Morphologie im virtuellen Modell wiederhergestellt werden kann. Diese Bilddaten können dem Operateur als Vorlage dienen, um ein passgenaues Knochentransplantat zu formen. Außerdem kann mit dem bilateralen Größenvergleich die Menge des Knochenverlustes quantifiziert werden.

In Bezug auf den intraindividuellen Seitenvergleich der Glenoidmorphologie beim Gesunden korrelieren die vorliegenden Daten sehr gut mit den Ergebnissen von Griffith et al. [59]. Kritisch ist wie bei anderen Studien zur Defektquantifizierung die Untersucherabhängigkeit der Bildauswertung anzuführen, da die Methodik noch nicht vollständig automatisiert ist. Ein weiterer Faktor ist die zeitaufwendige Bildauswertung. Genauigkeit und Zeitverlust können durch Installation von entsprechenden Algorithmen auf gängigen Bildbetrachtungsarbeitsplätzen optimiert werden. Außerdem muß beachtet werden, daß das Verfahren immer den Vergleich mit der Gegenseite beinhaltet und somit Computertomographien beider Schultern erforderlich sind. Da das Patientengut in erster Linie aus jungen Menschen besteht, ist außerdem die Strahlenbelastung ein relevantes Problem. Wie schon von Griffith et al. angemerkt wurde, kann diese Technik nicht bei bilateralen Luxationen verwendet werden [59]. Weiterführende Studien müssen in Zukunft zeigen, ob sich die dreidimensionale Glenoidplastik mit ihren genannten Vorteilen im klinischen Alltag bewährt.

## 6. Zusammenfassung

Die konservative Therapie der primärtraumatischen anteroinferioren Schultererstluxation hat mit der Einführung der Außenrotationsimmobilisation einen neuen Aufwind erlebt. Mit einer dreiwöchigen Immobilisation in 10-30° Außenrotation können die Rezidivraten entsprechend aktueller Arbeiten im Vergleich zur herkömmlichen Immobilisation in Innenrotation gesenkt werden. Eine längere Immobilisation für insgesamt fünf Wochen scheint keine wesentlichen Vorteile zu erbringen, was eigene kernspintomographische Daten und erste klinische Ergebnisse zeigen. Einschränkend bleibt zu erwähnen, daß jedoch die optimale Position der Immobilisation noch nicht abschließend geklärt ist.

Anteriore Zugangswege zum Schultergelenk im Rahmen von offenen Stabilisierungsverfahren mit einmaliger oder wiederholter Ablösung der Subscapularissehne bergen das Risiko einer iatrogenen Schädigung der muskulotendinösen Einheit. Irreversible Veränderungen des Musculus subscapularis wie die fettige Infiltration mit oder ohne Versagen der Sehnenrekonstruktion können zu einem permanenten partiellen oder totalen Verlust der Muskelfunktion führen. Das Belly-off Zeichen ermöglicht eine exakte Diagnose dieser Problematik. Die klinischen Auswirkungen scheinen vom Ausmaß der Schädigung der muskulotendinösen Einheit abhängig zu sein. Arthroskopische Techniken können die Subscapularismorbidität senken.

Anteriore Glenoidranddefekte erfordern entsprechend ihres pathoanatomischen Korrelats und ihrer biomechanischen Relevanz unterschiedliche therapeutische Vorgehensweisen. Mit der offenen Rekonstruktion von anterioren Pfannenranddefekten vom Fragment-Typ (knöchernen Bankart-Läsionen oder Pfannenrandfrakturen) in Fadenankertechnik oder mittels Schraubenosteosynthese können gute klinische Ergebnisse erzielt werden. Auch die Pfannenrandrekonstruktion mit autologer trikortikaler Beckenkammspanplastik bei signifikanten Erosionsdefekten liefert reproduzierbare klinische und radiologische Resultate. Im Hinblick auf die mehrfach diskutierte Subscapularismorbidität und den bekannten Vorteilen der minimal-invasiven Techniken stellen erste arthroskopische Ansätze eine vielversprechende Alternative dar. Mit der virtuellen Glenoidplastik kann ein präzises dreidimensionales Modell kreiert werden, wodurch eine exaktere präoperative Planung und ggf. auch intraoperative Rekonstruktion von Glenoidranddefekten mit signifikantem Substanzverlust erreicht werden kann.

Zusammenfassend zeigen sich in der Therapie von anteroinferioren Schulterinstabilitäten neue vielversprechende Ansätze, um die Integrität der statischen Stabilisatoren durch ein konservatives Vorgehen wiederherzustellen. Im Rahmen der operativen Versorgung geht der Trend eindeutig in Richtung minimal-invasiver Rekonstruktionstechniken mit dem Ziel, die Integrität der dynamischen Stabilisatoren aufrecht zu erhalten und die Zugangsmorbidität für die Patienten zu minimieren.

## 7. Literatur

1. Abboud JA, Soslowky LJ: Interplay of the static and dynamic restraints in glenohumeral instability. *Clin Orthop Relat Res* 400: 48-57, 2002
2. Arciero RA, Wheeler JH, Ryan JB, McBride JT: Arthroscopic Bankart repair versus nonoperative treatment for acute, initial anterior shoulder dislocations. *Am J Sports Med* 22: 589-594, 1994
3. Allain J, Goutallier D, Glorion C: Long-term results of the Latarjet procedure for the treatment of anterior instability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 80: 841-852, 1998
4. Aronen JG, Regan K: Decreasing the incidence of recurrence of first-time anterior shoulder dislocations with rehabilitation. *Am J Sports Med* 12: 283-291, 1984
5. Aston JW, Gregory CF: Dislocation of the shoulder with significant fracture of the glenoid. *J Bone Joint Surg Am* 55: 1531-1533, 1973
6. Auffarth A, Schauer J, Matis N, Kofler B, Hitzl W, Resch H: The J-bone graft for anatomical glenoid reconstruction in recurrent posttraumatic anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med* 36: 638-647, 2008
7. Aulicino PL, Reinert C, Kornberg M, Williamson S: Displaced intra-articular glenoid fractures treated by open reduction and internal fixation. *J Trauma* 26: 1137-1141, 1986
8. Bankart ASB: Recurrent or habitual dislocation of the shoulder joint. *BMJ* 2: 1132-1133, 1923
9. Bankart ASB: The pathology and treatment of recurrent dislocation of the shoulder joint. *Br J Surg* 26: 23-29, 1938
10. Barth JR, Burkhart SS, DeBeer JF: The bear-hug test: a new and sensitive test for diagnosing a subscapularis tear. *Arthroscopy* 22: 1076-1084, 2006
11. Bauer T, Abadie O, Hardy P: Arthroscopic treatment of glenoid fractures. *Arthroscopy* 22: 569.e1-569.e6, 2006
12. Bigliani LU, Kelkar R, Flatow EL, Pollock RG, Mow VC: Glenohumeral stability. Biomechanical properties of passive and active stabilizers. *Clin Orthop Relat Res* 330: 13-30, 1996
13. Bigliani LU, Newton PM, Steinmann SP, Connor PM, McIlveen SJ: Glenoid rim lesions associated with recurrent anterior dislocation of the shoulder. *Am J Sports Med* 26: 41-45, 1998



14. Boileau P, Villalba M, Hery JY, Balg F, Ahrens P, Neyton L: Risk factors for recurrence of shoulder instability after arthroscopic Bankart repair. *J Bone Joint Surg Am* 88: 1755-1763, 2006
15. Bottoni CR, Smith EL, Berkowitz MJ, Towle RB, Moore JH: Arthroscopic versus open shoulder stabilization for recurrent anterior instability: a prospective randomized clinical trial. *Am J Sports Med* 34:1730-1737, 2006
16. Bottoni CR, Wilckens JH, De Berardino TM, D`Alleyrand JG, Rooney RC, Harpstrite JK, Arciero RA: A prospective randomized evaluation of arthroscopic stabilization versus nonoperative treatment in patients with acute, traumatic, first-time shoulder dislocations. *Am J Sports Med* 30: 576-580, 2002
17. Brunner UH: Klinische Untersuchung der Schulter. In: Habermeyer P (Hrsg) *Schulterchirurgie* 3. Aufl. Urban & Fischer, München: 45–69, 2002
18. Burkhart SS: Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res* 267: 45-56, 1991
19. Burkhart SS, De Beer JF: Traumatic glenohumeral bone defects and Bankart repairs: significance of their relationship to failure of arthroscopic the inverted-pear glenoid and the humeral engaging Hill–Sachs lesion. *Arthroscopy* 16: 677–694, 2002
20. Burkhart SS, De Beer JF, Barth JR, Cresswell T, Roberts C, Richards DP: Results of modified Latarjet reconstruction in patients with anteroinferior instability and significant bone loss. *Arthroscopy* 23: 1033-1041, 2007
21. Burkhart SS, De Beer JF, Tehrany AM, Parten PM: Quantifying glenoid bone loss arthroscopically in shoulder instability. *Arthroscopy* 5: 488-491, 2002
22. Burkhart SS, Tehrany AM: Arthroscopic subscapularis tendon repair: technique and preliminary results. *Arthroscopy* 17: 454-463, 2002
23. Burkhead WZ jr, Rockwood CA jr: Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. *J Bone Joint Surg Am* 74: 890-896, 1992
24. Bushnell BD, Creighton RA, Herring MM: Bony instability of the shoulder. *Arthroscopy* 24: 1061-1073, 2008
25. Cameron SE: Arthroscopic reduction and internal fixation of an anterior glenoid fracture. Case report. *Arthroscopy* 14: 743-746, 1998
26. Carreira DS, Mazzocca AD, Oryhon J, Brown FM, Hayden JK, Romeo AA: A prospective outcome evaluation of arthroscopic Bankart repairs. Minimum 2 - year follow-up. *Am J Sports Med* 34: 771-777, 2006
27. Chang YW, Hughes RE, Su FC, Itoi E, An KN: Prediction of muscle force involved in shoulder internal rotation. *J Shoulder Elbow Surg* 9: 188-195, 2000

28. Chao S, Thomas S, Yucha D, Kelly JD 4<sup>th</sup>, Driban J, Swanik K: An electromyographic assessment of the "bear hug": an examination for the evaluation of the subscapularis muscle. *Arthroscopy* 24: 1265-1270, 2008
29. Checchia SL, Doneaux P, Martins MG, Meireles FS: Subscapularis muscle innervation: the effect of arm position. *J Shoulder Elbow Surg* 5: 214-218, 1996
30. Chen AL, Hunt SA, Hawkins RJ, Zuckerman JD: Management of bone loss associated with recurrent anterior glenohumeral instability. *Am J Sports Med* 33: 912-925, 2005
31. Chuang TY, Adams CR, Burkhart SS: Use of preoperative three-dimensional computed tomography to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *Arthroscopy* 24: 376-82, 2008
32. Churchill RS, Moskal MJ, Lippitt SB, Matsen FA III: Extracapsular anatomically contoured anterior glenoid bone grafting for complex glenohumeral instability. *Techn Shoulder Elbow Surg* 2: 210-18, 2001
33. Cleeman E, Brunelli M, Gothelf T, Hayes P, Flatow EL: Release of subscapularis contracture: an anatomic and clinical study. *J Shoulder and Elbow Surg* 12: 231-36, 2003
34. Cole BJ, L'Insalata J, Irrgang J, Warner JJ: Comparison of arthroscopic and open anterior shoulder stabilization: a two to six-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 82: 1108-1114, 2000
35. Constant CR, Murley AH: A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 214: 160-164, 1987
36. DePalma AF: Fractures and fracture-dislocations of the shoulder girdle. In: Jacob RP, Kristiansen T, Mayo K, Ganz R, Mueller ME (eds.): *Surgery of the shoulder*, 3rd ed. Lippincott, Philadelphia: 366-367, 1983
37. DePalma AF, Cooke AJ, Prabhakar M: The role of the subscapularis in recurrent anterior dislocations of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 54: 35-49, 1967
38. Diederichs G, Seim H, Meyer H, Issever AS, Link TM, Schroeder RJ, Scheibel M: CT-based patient-specific modeling of glenoid rim defects: a feasibility study. *AJR Am J Roentgenol* 191: 1406-1411, 2008
39. Dodson CC, Cordasco FA: Anterior glenohumeral joint dislocations. *Orthop Clin North Am* 39: 507-518, 2008
40. Eden R: Zur Operation der habituellen Schulterluxation unter Mitteilung eines neuen Verfahrens bei Abriß am inneren Pfannenrande. *Dtsch Ztschr Chir* 144: 269-280, 1918

41. Edmonds G, Kirkley A, Birmingham TB, Fowler PJ: The effect of early arthroscopic stabilization compared to nonsurgical treatment on proprioception after primary traumatic anterior dislocation of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11: 116-121, 2003
42. Elhassan B, Ozbaydar M, Massimini D, Diller D, Higgins L, Warner JJ: Transfer of pectoralis major for the treatment of irreparable tears of subscapularis: does it work? *J Bone Joint Surg Br* 90: 1059-1065, 2008
43. Flatow EL, Warner JJP: Instability of the shoulder: complex problems and failed repairs. *J Bone Joint Surg Am* 80: 122-140, 1998
44. Fujii Y, Yoneda M, Wakitani S, Hayashida K: Histologic analysis of bony Bankart lesions in recurrent anterior instability of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 15: 218-223, 2006
45. Funk L, Smith M: Best evidence topic report. How to immobilise after shoulder dislocation? *Emerg Med J* 22: 814-815, 2005
46. Gerber C, Hersche O, Farron A: Isolated rupture of the subscapularis tendon. Results of operative repair. *J Bone Joint Surg Am* 78: 1015-1023, 1996
47. Gerber C, Krushell RJ: Isolated tears of the subscapularis muscle. Clinical features in sixteen cases. *J Bone Joint Surg Br* 73: 389-394, 1991
48. Gerber C, Nyffeler RW: Classification of glenohumeral joint instability. *Clin Orthop Relat Res* 400: 65-76, 2002
49. Gerber C, Zumstein M, Frey E, Kliesch U, Jost B. Intraoperative electromyographic analysis of subscapular muscle during total shoulder arthroplasty: a prospective study. Paper presented at the 3<sup>rd</sup> Closed meeting of the European Society for Surgery of the Shoulder and Elbow, Frankfurt, Germany, 2007
50. Gill TJ, Micheli LJ, Gebhard F, Binder C: Bankart repair for anterior instability of the shoulder: long term outcome. *J Bone Joint Surg Am* 79: 850-857, 1997
51. Gohlke F, Fix C, Baumann B, Böhm D: Clinical results after surgical repair of glenoid rim fractures using cannulated titanium screws. Book of abstracts of the 17th Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow, Heidelberg, Germany, 263, 2003
52. Gohlke F, Janßen E: Instabilität des Glenohumeralgelenks. In: Gohlke F, Hedtmann A (Hrsg) *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie; Schulter*. Thieme, Stuttgart, 2002
53. Goss TP: Fractures of the glenoid cavity. *J Bone Joint Surg Am* 74: 299-305, 1992
54. Goss TP: Scapular fractures and dislocations: Diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 3: 22-33, 1995

55. Green MR, Christensen KP: Arthroscopic Bankart procedure: two-to five-year followup with clinical correlation to severity of glenoid labral lesion. *Am J Sports Med* 23: 276-281, 1995
56. Greiner S, Gerber P, Popp A: The subscapularis nerves are anatomical constraints to circumferential release of the subscapularis muscle. Paper presented at the 18<sup>th</sup> Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and Elbow, Rome, Italy, 2005
57. Greis PE, Dean M, Hawkins RJ: Subscapularis tendon disruption after Bankart reconstruction for anterior instability. *J Shoulder Elbow Surg* 5: 219-222, 1996
58. Greis PE, Scuderi MG, Mohr A, Bachus KN, Burks RT: Glenohumeral articular contact areas and pressures following labral and osseous injury to the anteroinferior quadrant of the glenoid. *J Shoulder Elbow Surg* 11: 442-451, 2002
59. Griffith JF, Antonio GE, Tong CW, Ming CK: Anterior shoulder dislocation: quantification of glenoid bone loss with CT. *AJR Am J Roentgenol* 180:1423-1430, 2003
60. Griffith JF, Antonio GE, Yung PSH, Wong EMC, Yu AB, Ahuja AT, Chan KM: Prevalence, pattern and spectrum of glenoid bone loss in anterior shoulder dislocation: CT analysis of 218 patients. *AJR Am J Roentgenol* 190: 1247-1254, 2008
61. Griffith JF, Yung PS, Antonio GE, Tsang PH, Ahuja AT, Chan KM: CT compared with arthroscopy in quantifying glenoid bone loss. *AJR Am J Roentgenol* 189:1490-1493, 2007
62. Haaker RG, Eickhoff U, Klammer HL: Intraarticular autogenous bone grafting in recurrent shoulder dislocations. *Mil Med* 158: 164-169, 1993
63. Habermeyer P, Gleyze P, Rickert M: Evolution of lesions of the labrum-ligament complex in posttraumatic anterior shoulder instability: a prospective study. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 66-74, 1999
64. Habermeyer P, Jung D, Ebert T: Behandlungsstrategie bei der traumatischen vorderen Erstluxation der Schulter. *Unfallchirurg* 101: 328-341, 1998
65. Hardegger FH, Simpson LA, Weber BG: The operative treatment of scapular fractures. *J Bone Joint Surg Br* 66:725-731, 1984
66. Hart WJ, Kelly CP: Arthroscopic observation of the capsulolabral reduction after shoulder dislocation. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 134-137, 2005
67. Harryman II DT: Common surgical approaches to the shoulder. *Instr Course Lect* 41: 3-11, 1992
68. Henry JH, Genung JA: Natural history of glenohumeral dislocation-revisited. *Am J Sports Med* 10: 135-137, 1982

69. Hertel R, Ballmer FT, Lambert SM, Gerber C: Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *J Shoulder Elbow Surg* 5: 307-313, 1996
70. Hertz H, Kwasny O, Wöhry G: Therapeutisches Vorgehen bei erstmaliger traumatischer Schulterluxation. *Unfallchirurg* 17: 76-79, 1991
71. Hinton MA, Parker AW, Drez D, Altcheck D: An anatomic study of the subscapularis tendon and myotendinous junction. *J Shoulder Elbow Surg* 3: 224-29, 1994
72. Hoelen MA, Burgers AM, Rozing PM: Prognosis of primary anterior shoulder dislocation in young adults. *Arch Orthop Trauma Surg* 110: 51-54, 1990
73. Hovelius L: Incidence of shoulder dislocation in Sweden. *Clin Orthop Relat Res* 166: 127-131, 1982
74. Hovelius L: Shoulder dislocation in Swedish ice hockey players. *Am J Sports Med* 6: 373-377, 1978
75. Hovelius L, Olofsson A, Sandström B, Augustini BG, Krantz L, Fredin H, Tillander B, Skoglund U, Salomonsson B, Nowak J, Sennerby U: Nonoperative treatment of primary anterior shoulder dislocation in patients forty years of age and younger. *J Bone Joint Surg Am* 90: 945-952, 2008
76. Huysmans PE, Haen PS, Kidd M, Dhert WJ, Willems J: The shape of the inferior part of the glenoid: a cadaveric study. *J Shoulder Elbow Surg* 15: 759-763, 2006
77. Hybinette S: De la transplantation d'un fragment osseux pour remedier aux luxations recidivantes de L'Epaule : constatations et resultats operatoires. *Acta Chir Scand* 71: 411-455, 1932
78. Itoi E, Hatakeyama Y, Kido T, Sato T, Minagawa H, Wakabayashi I., Kobayashi M: A new method of immobilization after traumatic anterior dislocation of the shoulder: A preliminary study. *J Shoulder and Elbow Surg* 12: 413-415, 2003
79. Itoi E, Hatakeyama Y, Sato T, Kido T, Minagawa H, Yamamoto N, Wakabayashi I, Nozaka K: Immobilization in external rotation after shoulder dislocation reduces the risk of recurrence. A randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 89: 2124-2131, 2007
80. Itoi E, Hatakeyama Y, Urayama M, Pradhan RL, Kido T, Sato K: Position of immobilization after dislocation of the shoulder. A cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 81: 385-390, 1999
81. Itoi E, Lee SB, Amrami KK, Wenger DE, An KN: Quantitative assessment of classis anteroinferior bony bankart lesions by radiography and computed tomography. *Am J Sports Med* 31: 112-118, 2003

82. Itoi E, Lee SB, Berglund LJ, Berge LL, An KN: The effect of a glenoid defect on anteroinferior stability of the shoulder after Bankart repair: a cadaveric study. *J Bone Joint Surg Am* 82: 35-46, 2000
83. Itoi E, Sashi R, Minagawa H., Shimizu T, Wakabayashi I, Sato K: Position of immobilization after dislocation of the glenohumeral joint. A study with use of magnetic resonance imaging. *J Bone Joint Surg Am* 83: 661-667, 2001
84. Jobe FW, Giangarra CE, Kvitne RS, Glousman RE: Anterior capsulolabral reconstruction of the shoulder in overhead sports. *Am J Sports Med* 19: 428-434, 1991
85. Jolles BM, Pelet S, Farron A: Traumatic recurrent anterior dislocation of the shoulder: two- to four-year follow-up of an anatomic open procedure. *J Shoulder Elbow Surg* 13: 30-34, 2004
86. Kadaba MP, Cole A, Wootten ME, McCann PD, Reid M, Mulford G, April EW, Bigliani LU: Intramuscular wire electromyography of the subscapularis. *J Orthop Res* 10: 394-397, 1992
87. Karlsson J, Magnusson L, Ejerhed L, Hultenheim I, Lundin O, Kartus J: Comparison of open and arthroscopic stabilization for recurrent shoulder dislocation in patients with a Bankart lesion. *Am J Sports Med* 29: 538-542, 2001
88. Kasper JC, Itamura JM, Tibone JE, Levin SL, Stevanovic MV: Human cadaveric study of subscapularis muscle innervation and guidelines to prevent denervation. *J Shoulder Elbow Surg* 17: 659-662, 2008
89. Kavanagh BF, Bradway JK, Cofield RH: Open reduction and internal fixation of displaced intra-articular fractures of the glenoid fossa. *J Bone Joint Surg Am* 75: 479-484, 1993
90. Kim SH, Ha KI, Cho YB, Ryu BD, Oh I: Arthroscopic anterior stabilization of the shoulder: two to six-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 85: 1511-1518, 2003
91. Kim SH, Ha KI, Kim SH: Bankart repair in traumatic anterior shoulder instability: open versus arthroscopic technique. *Arthroscopy* 18: 755-763, 2002
92. Kim SH, Oh I, Park J-S, Shin S-K, Jeong WK: Intra-articular repair of an isolated partial articular-surface tear of the subscapularis tendon. *Am J Sports Med* 33: 1825-1830, 2005
93. Kirkley A, Griffin S, McLintock H, NG L: The development and evaluation of a disease-specific quality of life measurement tool for shoulder instability. The Western Ontario Shoulder Instability Index. *Am J Sports Med* 26: 764-772, 1998
94. Kirkley A, Griffin S, Richards C, Miniaci A, Mohtadi N: Prospective randomized clinical trial comparing the effectiveness of immediate arthroscopic stabilization versus immobilization and rehabilitation in first traumatic anterior dislocations of the shoulder. *Arthroscopy* 15: 507-514, 1999

95. Kralinger F, Aigner F, Longato S, Rieger M, Wambacher M: Is the bare spot a consistent landmark for shoulder arthroscopy? A study of 20 embalmed glenoids with 3-dimensional computed tomographic reconstruction. *Arthroscopy* 22: 428-432, 2006
96. Kralinger FS, Golser K, Wischatta R, Wambacher M, Sperner G: Predicting recurrence after primary anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med* 30: 116-120, 2002
97. Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA: Muscle activity and coordination in the normal shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 257: 76-85, 1990
98. Kroner K, Lindt T, Jensen J: The epidemiology of shoulder dislocations. *Arch Orthop Trauma Surg* 108: 288-290, 1989
99. Kropf EJ, Tjoumakaris FP, Sekiya JK: Arthroscopic shoulder stabilization: Is there ever a need to open? *Arthroscopy* 23: 779-784, 2007
100. Kuechle DK, Newman SR, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An KN: The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in four positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 12: 32-38, 1997
101. Kuhn J: Treating the initial anterior shoulder dislocation--an evidence-based medicine approach. *Sports Med Arthrosc* 14: 192-198, 2006
102. Kummel BM: Fractures of the glenoid causing chronic dislocation of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 69: 189-191, 1970
103. Labriola JE, Lee TQ, Debski RE, McMahon PJ: Stability and instability of the glenohumeral joint: the role of shoulder muscles. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 32-38, 2005
104. Lafosse L, Lejeune E, Bouchard A, Kakuda C, Gobezie R, Kochhar T: The arthroscopic Latarjet procedure for the treatment of anterior shoulder instability. *Arthroscopy* 23: 1242.e1-1242.e5, 2007
105. Latarjet M: Techniques chirurgicales dans le traitement de la luxation anterointerne recidivante de l'épaule. *Lyon Chir* 61: 313-318, 1965
106. Lazarus MD, Harryman DT: Open repairs for anterior instability. In: Warner JP, Iannotti JP, Gerber C (eds.): *Complex and Revision Problems in Shoulder Surgery*. Lippincott-Raven, Philadelphia, 47-63, 1997
107. Lee SB, Kim KJ, O'Driscoll SW, Morrey BF, An KN: Dynamic glenohumeral stability provided by the rotator cuff muscles in the midrange and end-range of motion. *J Bone Joint Surg Am* 82: 849-857, 2000
108. Lill H, Verheyden P, Korner J, Hepp P, Josten C: Konservative Behandlung nach traumatischer Schulterluxation? *Chirurg* 69: 1230-1237, 1998

109. Limpisvasti O, Yang BY, Hosseinzadeh P, Leba TB, Tibone JE, Lee TQ: The effect of glenohumeral position on the shoulder after traumatic anterior dislocation. *Am J Sports Med* 36: 775-780, 2008
110. Lippitt S, Matsen F: Mechanism of glenohumeral joint stability. *Clin Orthop Relat Res* 291: 20-28, 1993
111. Liu J, Hughes RE, Smutz WP, Niebur G, Nan-An K: Roles of deltoid and rotator cuff muscles in shoulder elevation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 12: 32-38, 1997
112. Lunn JV, Castellano-Rosa J, Walch G: Recurrent anterior dislocation after the Latarjet procedure: outcome after revision using a modified Eden-Hybinette operation. *J Shoulder Elbow Surg* 17: 744-750, 2008
113. Lo IKY, Parten PM, Burkhart SS: The inverted pear glenoid: an indicator of significant glenoid bone loss. *Arthroscopy* 20: 169-174, 2004
114. Magosch M, Habermeyer P, Lichtenberg S: Konservative Therapie der Schulterinstabilität. *Arthroskopie* 17: 146-154, 2004
115. Malicky DM, Soslowsky LJ, Blasier RB, Shyr Y: Anterior glenohumeral stabilization factors: progressive effects in a biomechanical model. *J Orthop Res* 14: 282-288, 1996
116. Maquieira GJ, Espinosa N, Gerber C, Eid K: Non-operative treatment of large anterior glenoid rim fractures after traumatic anterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br* 89: 1347-1351, 2007
117. Marans HJ, Angel KR, Schemitsch EH, Wedge JH: The fate of traumatic anterior dislocation of the shoulder in children. *J Bone Joint Surg Am* 74: 1242-1244, 1992
118. Maynou C, Cassagnaud X, Mestdagh H: Function of subscapularis after surgical treatment for recurrent instability of the shoulder using a bone-block procedure. *J Bone Joint Surg Br* 87: 1096-1101, 2005
119. Mayo KA, Benirschke SK, Mast JW: Displaced fractures of the glenoid fossa. *Clin Orthop Relat Res* 347: 122-130, 1998
120. McCann PD, Cordasco FA, Ticker JB: An anatomic study of the subscapular nerves: a guide for electromyographic analysis of the subscapularis muscle. *J Shoulder Elbow Surg* 3: 94-99, 1994
121. McLaughlin HL, Mc Lellan DI: Recurrent anterior dislocation of the shoulder II. A comparative study. *J Trauma* 7: 191-201, 1967
122. Miller BS, Sonnabend DH, Hatrick C, O'Leary S, Goldberg J, Harper W, Walsh WR: Should acute anterior dislocation of the shoulder be immobilized in external rotation? A cadaveric study. *J Shoulder and Elbow Surg* 13: 589-592, 2004



123. Millett PJ, Clavert P, Warner JJP: Open operative treatment for anterior shoulder instability: When and why? *J Bone Joint Surg Am* 87: 419-432, 2005
124. Mochizuki Y, Hachisuka H, Kashiwagi K, Oomae H, Yokoya S, Ochi M: Arthroscopic autologous bone graft with arthroscopic Bankart repair for a large bony defect lesion caused by recurrent shoulder dislocation. *Arthroscopy* 23: 677.e1-677.e4, 2007
125. Mologne TS, Provencher MT, Menzel KA, Vachon TA, Dewing CB: Arthroscopic stabilization in patients with an inverted pear glenoid. Results in patients with bone loss of the anterior glenoid. *Am J Sports Med* 35: 1276-1283, 2007
126. Montgomery WH, Wahl M, Hettrich C, Itoi E, Lippitt SB, Matsen FA III: Anteroinferior bone-grafting can restore stability in osseous glenoid defects. *J Bone Joint Surg Am* 87: 1972-1977, 2005
127. Neer CS: Dislocations. In: Neer CS (ed.): *Shoulder reconstruction*. Saunders, Philadelphia, 273-362, 1990
128. Norlin R: Interarticular pathology in acute, first-time anterior shoulder dislocation: an arthroscopic study. *Arthroscopy* 9: 546-549, 1993
129. Palmer I, Widén A: The bone block method for recurrent dislocation of the shoulder joint. *J Bone Joint Surg Br* 30: 53-58, 1948
130. Perthes G: Über Operationen bei habitueller Schulterluxation. *Dtsch Z Chir* 85: 199-222, 1906
131. Picard F, Saragaglia D, Montbarbon E, Tourne Y, Thony F, Charbel A: Anatomico-clinical effect of subscapular muscle vertical section in Latarjet procedure. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 84: 217-223, 1998
132. Porcellini G, Fabrizio C, Paladini P: Arthroscopic approach to bony Bankart lesion. *Arthroscopy* 18: 764-769, 2002
133. Postacchini F, Gumina S, Cinotti G: Anterior shoulder dislocation in adolescents. *J Shoulder Elbow Surg* 9: 470-474, 2000
134. Potzl W, Witt KA, Hackenberg L, Marquardt B, Steinbeck J: Results of suture anchor repair of anteroinferior shoulder instability: a prospective clinical study of 85 shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 12: 322-326, 2003
135. Provencher MT, Detterline AJ, Ghodadra N, et al.: Measurement of glenoid bone loss: A comparison of measurement error between 45 degrees and 0 degrees bone loss models and with different posterior arthroscopy portal locations. *Am J Sports Med* 36: 1132-1138, 2008
136. Resch H: Die vordere Instabilität des Schultergelenks. *Hefte zur Unfallheilkunde* 202: 115-163, 1989

137. Rhee Y, Lim C: Glenoid defect associated with anterior shoulder instability: results of open Bankart repair. *Int Orthop* 31: 629-634, 2007
138. Robinson CM, Howes J, Murdoch H, Will E, Graham C: Functional outcome and risk of recurrent instability after traumatic anterior shoulder dislocation in young patients. *J Bone Joint Surg Am* 88: 2326-2336, 2006
139. Robinson CM, Kelly M, Wakefield: Redislocation of the shoulder during the first weeks after a primary anterior dislocation: risk factors and results of treatment. *J Bone Joint Surg Am* 84: 1552-1559, 2002
140. Rowe CR: Prognosis in dislocations of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 38: 957-977, 1956
141. Rowe CR, Patel D, Southmayd WW: The Bankart procedure. A longterm end-result study. *J Bone Joint Surg Am* 60: 1-16, 1978
142. Rowe CR, Sakellarides HT: Factors related to recurrences of anterior dislocations of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 20: 40-48, 1961
143. Rubin BD, Kibler WB: Fundamental principles of shoulder rehabilitation: conservative to post-operative management. *Arthroscopy* 18: 29-39, 2002
144. Ryf C, Matter P: The initial traumatic shoulder dislocation. Prospective study. *Z Unfallchir Versicherungsmed* 1: 204-212, 1993
145. Sachs RA, Williams B, Stone ML, Paxton L, Kuney M: Open Bankart repair: correlation of results with postoperative subscapularis function. *Am J Sports Med* 33: 1458-1462, 2005
146. Samilson RL, Prieto V: Dislocation arthropathy of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 65: 456-460, 1983
147. Sandow M, Liu SH: Acute arthroscopic Bankart repair for initial anterior shoulder dislocations. A prospective clinical trial. *J Shoulder Elbow Surg.* 5: 581, 1996
148. Saragaglia D, Picard F, Le Bredonchel T, Moncenis C, Sardo M, Tourne Y: Acute anterior instability of the shoulder: short-and mid-term outcome after conservative treatment. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 87: 215-220, 2001
149. Savoie FH 3rd, Miller CD, Field LD: Arthroscopic reconstruction of traumatic anterior instability of the shoulder: the Caspari technique. *Arthroscopy* 13: 201 - 209, 1997
150. Scheibel M, Greiner S, Käab MJ, Haas NP: Diagnostic values of physical tests for subscapularis lesions. Book of abstracts of the 20<sup>th</sup> Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (SECEC-ESSSE). Athens, Greece, 149, 2006

151. Scheibel M, Habermeyer P: Aktuelle klinische Untersuchung der Schulter. *Orthopade* 31: 934-946, 2005
152. Scheibel M, Habermeyer P: Klinische Diagnostik bei Rotatorenmanschettenläsionen. *Arthroskopie* 20, 6-12, 2007
153. Scheibel M, Habermeyer P: Subscapularis dysfunction following anterior surgical approaches to the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 17: 671-683, 2008
154. Scheibel M, Kraus N, Diederichs G, Haas NP: Arthroscopic reconstruction of chronic anteroinferior glenoid defect using an autologous tricortical iliac crest bone grafting technique. *Arch Orthop Trauma Surg* 128, 1295-1300, 2008
155. Scheibel M, Kuke A, Nikulka C, Koch B, Haas NP: The influence of duration of immobilization in external rotation after traumatic anterior shoulder dislocation. Book of abstracts of the 21<sup>st</sup> Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (SECEC-ESSSE). Brugge, Belgium, 167, 2008
156. Scheibel M, Kuke A, Nikulka C, Magosch P, Ziesler O, Schroeder RJ: How long should acute anterior dislocations of the shoulder be immobilized in external rotation? *Am J Sports Med* (accepted)
157. Scheibel M, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P: Open reconstruction of anterior glenoid rim fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12: 568-573, 2004
158. Scheibel M, Magosch P, Pritsch M, Lichtenberg S, Habermeyer P: The belly-off sign: a new clinical diagnostic sign for subscapularis lesions. *Arthroscopy* 21: 1229-1235, 2005
159. Scheibel M, Nikulka C, Dick A, Schroeder RJ, Haas NP: Structural integrity and clinical function of the subscapularis musculotendinous unit after arthroscopic or open shoulder stabilization. *Am J Sports Med* 35: 1153-1161, 2007
160. Scheibel M, Nikulka C, Dick A, Schroeder RJ, Gerber Popp A, Haas NP: Autogenous bone grafting for chronic anteroinferior glenoid defects via a complete subscapularis tenotomy approach. *Arch Orthop Trauma Surg* 128: 1317-1325, 2008
161. Scheibel M, Schöttle P, Nikulka C, Haas NP: Arthroscopic reconstruction of a complex glenoid rim fracture using suture anchors. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 18: 33-38, 2008
162. Scheibel M, Tsynman A, Magosch P, Schroeder RJ, Habermeyer P: Postoperative subscapularis muscle insufficiency after primary and revision open shoulder stabilization. *Am J Sports Med* 34: 1586-1593, 2006
163. Schwamborn T, Imhoff A: Diagnostik und Klassifikation der Rotatorenmanschettenläsion. In: Imhoff AB, Koenig U (Hrsg.) *Schulterinstabilität und Rotatorenmanschette*. Darmstadt: Steinkopff-Verlag, 193-195, 1999

164. Seybold D, Gekle C, Fehmer T, Pennekamp W, Muhr G, Kälicke T: [Immobilization in external rotation after primary shoulder dislocation.] *Chirurg* 77: 821-826, 2006
165. Seybold D, Schliemann B, Heyer CM, Muhr G, Gekle C: Which labral lesion can be best reduced with external rotation of the shoulder after a first-time traumatic anterior shoulder dislocation? *Arch Orthop Trauma Surg* 2008 [Epub ahead of print]
166. Simonet WT, Cofield RH: Prognosis in anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med* 12: 19-24, 1984
167. Stefko JM, Jobe FW, VanderWilde RS, Carden E, Pink M: Electromyographic and nerve block analysis of the subscapularis lift-off test. *J Shoulder Elbow Surg* 6: 347-355, 1997
168. Stevens KJ, Preston BJ, Wallace WA, Kerslake RW: CT imaging and three-dimensional reconstructions of shoulders with anterior glenohumeral instability. *Clin Anat* 12: 326-336, 1999
169. Strömsöe K, Senn E, Simmen B, Matter P: Rezidivhäufigkeit nach erstmaliger traumatischer Schulterluxation. *Hel Chir Acta* 48: 551-557, 1980
170. Suder PA, Jakobsen BW: Results of conservative treatment of traumatic primary anterior shoulder dislocation correlated to initial arthroscopic findings. *J Shoulder Elbow Surg* 6: 213, 1997
171. Sugaya H, Kon Y, Tsuchiya A: Arthroscopic repair of glenoid fractures using suture anchors. *Arthroscopy* 21: 635.e1-635.e5, 2005
172. Sugaya H, Moriishi J, Dohi M, Kon Y, Tsuchiya: Glenoid rim morphology in recurrent anterior glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am* 85: 878-884, 2003
173. Sugaya H, Moriishi J, Kanisawa I, Tsuchiya A: Arthroscopic osseous bankart repair for chronic recurrent traumatic anterior glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am* 87: 1752-1760, 2005
174. Sugaya H, Moriishi J, Kanisawa I, Tsuchiya A: Arthroscopic osseous Bankart repair for chronic recurrent traumatic anterior glenohumeral instability. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am* 88: 159-169, 2006
175. Sullivan LG, Raymond B, Weiss N, Miller BS: An evaluation of shoulder external rotation braces. *Arthroscopy* 23: 129-134, 2007
176. Symeonides PP: The significance of the subscapularis muscle in the pathogenesis of recurrent anterior dislocation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Br* 54: 476-483, 1972

177. Tauber M, Moursy M, Eppel M, Koller H, Resch H: Arthroscopic screw fixation of large anterior glenoid fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16: 326-332, 2008
178. Tauber M, Resch H, Forstner R, Raffl M, Schauer J: Reasons for failure after surgical repair of anterior shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg* 13: 279-285, 2004
179. Taverna E, Golanó P, Pascale V, Battistella F: An arthroscopic bone graft procedure for treating anterior-inferior glenohumeral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16: 872-875, 2008
180. Taylor DC, Arciero RA: Pathologic changes associated with shoulder dislocations. *Am J Sports Med* 25: 306-311, 1997
181. Te Slaa RL, Wijffles PJM, Brand R, Marti RK: The prognosis following acute primary glenohumeral dislocation. *J Bone Joint Surg Br* 86: 58-64, 2004
182. Thomas SC, Matsen FA 3<sup>rd</sup>: An approach to the repair of avulsion of the glenohumeral ligaments in the management of traumatic anterior glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am* 71: 506-513, 1989
183. Tjoumakaris FP, Abboud JA, Hasan SA, Ramsey ML, Williams GR: Arthroscopic and open Bankart repairs provide similar outcomes. *Clin Orthop Relat Res* 446: 227-232, 2006
184. Tokish JM, Ellis HB, Decker MJ, Torry MR, Hawkins RJ: The belly-press test for physical examination of the subscapularis muscle: electromyographic validation and comparison to the lift-off test. *J Shoulder Elbow Surg* 12: 427-430, 2003
185. Tuoheti Y, Itoi E, Minagawa H, Wakabayashi I, Kobayashi M, Okada K, Shimada Y: Quantitative assessment of thinning of the subscapularis tendon in recurrent anterior dislocation of the shoulder by use of magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 1-4, 2005
186. Turkel SJ, Panio MW, Marshall JL, Girgis FJ: Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am* 63: 1208-1217, 1981
187. Vermeiren J, Handelberg F, Casteleyn PP, Opdecam P: The rate of recurrence of traumatic anterior dislocation of the shoulder. A study of 154 cases and a review of the literature. *Int Orthop* 17: 337-341, 1993
188. Walch G. Directions for the use of the quotation of anterior instabilities of the shoulder. Abstracts of the First Open Congress of the European Society of Surgery of the Shoulder and Elbow, Paris, 1987, 51-55.
189. Warner JP: Overview: avoiding pitfalls and managing complications and failures of instability surgery. In: Warner JP, Iannotti JP, Gerber C (eds.): *Complex and revision problems in shoulder surgery*. Lippincott, Philadelphia, 3-8, 1997

190. Warner JJ, Gill TJ, O'hollerhan, Pathare N, Millett PJ: Anatomical reconstruction for recurrent anterior glenohumeral instability with glenoid deficiency using an autogenous tricortical iliac crest bone graft. *Am J Sports Med* 34: 205-212, 2005
191. Watson L, Story I, Dalziel R, Hoy G, Shimmin A, Woods D: A new clinical outcome measure of the glenohumeral joint instability: the MISS questionnaire. *J Shoulder Elbow Surg* 14: 22-30, 2005
192. Wellmann M, Petersen W, Zantop T, Herbolt M, Raschke MJ, Hurschler C (2008) Repair of osseous glenoid defects: Biomechanical effectiveness of the Latarjet procedure versus a contoured structural bone graft. *Am J Sports Med* (in press)
193. Wheeler JH, Ryan JB, Arciero RA, Molinary RN: Arthroscopic versus non-operative treatment of acute shoulder dislocation in young athletes. *Arthroscopy* 5: 213-217, 1989
194. Wiedemann E: Offene Stabilisierungsverfahren bei der Schulterinstabilität. In: Habermeyer P (Hrsg) *Schulterchirurgie*, 3. Aufl. Urban & Fischer, München, 375-402, 2002
195. Wiedemann E: Scapulafraktur. In: Habermeyer P (Hrsg) *Schulterchirurgie*, 3. Aufl. Urban & Fischer, München, 453-468, 2002
196. Wiedemann E, Löhr JF: Pathologie und Pathomechanik der Schulter. In: Habermeyer P (Hrsg) *Schulterchirurgie*, 3. Aufl. Urban & Fischer, München, 21-44, 2002
197. Wintzell G, Haglund-Akerlind Y, Nowak J, Larsson S: Arthroscopic lavage compared with nonoperative treatment for traumatic primary anterior shoulder dislocation: a 2-year follow-up of a prospective randomized study. *J Shoulder Elbow Surg* 8: 399-402, 1999
198. Wintzell G, Hovelius L, Wikblad L, Saebo M, Larsson S: Arthroscopic lavage speeds reduction in effusion in the glenohumeral joint after primary anterior shoulder dislocation: a controlled randomized ultrasound study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 56-60, 2000
199. Yanagawa T, Goodwin CJ, Shelburne KB, Giphart JE, Torry MR, Pandy MG: Contributions of the individual muscles of the shoulder to glenohumeral joint stability during abduction. *J Biomech Eng* 130: 21-24, 2008
200. Yiannakopoulos CK, Mataragas E, Antonogiannakis E: A comparison of the spectrum of intra-articular lesions in acute and chronic anterior shoulder instability. *Arthroscopy* 23: 985-990, 2007
201. Yoneda B, Welsh RP, MacIntosh: Conservative treatment of shoulder dislocation in young males. *J Bone Joint Surg Br* 64: 254-255, 1982
202. Yung SW, Lazarus MD, Harryman DT 2: Practical guidelines to safe surgery about the subscapularis. *J Shoulder Elbow Surg* 5: 467-470, 199

## **Danksagung**

Zunächst gilt mein Dank meinem Chef und Mentor, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Dr. hc. Norbert P. Haas für die Ausbildung an seiner Klinik, die Möglichkeit der Durchführung der Habilitation und die andauernde und unermüdliche Unterstützung meiner wissenschaftlichen und klinischen Laufbahn.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Ralf J. Schröder und Herrn Dr. med. Gerd Diederichs, Klinik für Strahlenheilkunde und Radiologie, Charité-Universitätsmedizin Berlin für die Möglichkeit der Durchführung der bildgebenden Untersuchungen und Hilfestellung im Rahmen der radiologischen Auswertungen.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinen schulterchirurgischen Lehrern Herrn Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer, Zentrum für Schulter- und Ellenbogenchirurgie, ATOS-Klinik Heidelberg sowie Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff, Abteilung für Sportorthopädie, Technischen Universität München für die langjährige Förderung meiner wissenschaftlichen Tätigkeit und Ausbildung.

Frau Dr. med. Petra Magosch, Zentrum für Schulter- und Ellenbogenchirurgie, ATOS-Klinik Heidelberg danke ich für die wissenschaftliche Anleitung bei den ersten klinischen Projekten, die konstruktiven Hinweise in der Studienplanung und tatkräftige Unterstützung während der Auswertung der Ergebnisse.

Dank gilt ebenso den ehemaligen und noch tätigen Studenten bzw. Doktoranden Frau Natascha Kraus, Herrn David Krüger, Frau Anika Kuke, Frau Constanze Nikulka, Herrn Anton Goldmann (geb. Dick) und Herrn Alexander Tsynman für die Zeit und Energie, die sie in die Studiendurchführung und Auswertung der Ergebnisse investiert haben.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner „study-nurse“ Frau Birgit Koch für die wertvolle Hilfestellung im Rahmen der klinischen Nachuntersuchungen.

## Erklärung

§ 4 Abs. 3 (k) der HabOMed der Charité

Hiermit erkläre ich, daß

- weder früher noch gleichzeitig ein Habilitationsverfahren durchgeführt oder angemeldet wurde,
- die vorgelegte Habilitationsschrift ohne fremde Hilfe verfaßt, die beschriebenen Ergebnisse selbst gewonnen sowie die verwendeten Hilfsmittel, die Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaftlern/ Wissenschaftlerinnen und mit technischen Hilfskräften sowie die verwendete Literatur vollständig in der Habilitationsschrift angegeben wurden.
- mir die geltende Habilitationsordnung bekannt ist.

16.12.2008

Datum

.....

Unterschrift