

# **Diplomarbeit**

## **„Behandlungsmöglichkeiten der schmerzenden *Biceps*-Sehne anhand einer klinischen Studie“**

eingereicht von

**Martin Rumpf**

Mat.Nr.: 0433048

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde**

**(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt am

**LKH Stolzalpe, Abteilung für Orthopädie und orthopädische  
Chirurgie**

unter der Anleitung von

**OA Dr. Rolf-Michael Kriffter**

**Univ.-Prof. DI. Dr. Josef Haas**

Graz, 16.Mai 2011

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 16. Mai 2011

## **Vorwort und Danksagung**

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine Kombination aus Literatuarbeit und Ausarbeitung einer Studie. Die Literaturrecherche im allgemeinen Teil bezieht sich im Wesentlichen auf das Thema der Studie, wobei für ein besseres Verständnis des komplexen Themas teilweise weiter ausgeholt wurde.

Ich habe in dieser Arbeit zugunsten des Leseflusses auf eine Gender-gerechte Formulierung verzichtet, möchte jedoch ausdrücklich darauf hinweisen, dass sämtliche Begriffe, die für beide Geschlechter möglich sind und nur in der maskulinen Form geschrieben wurden, genauso als feminine Begriffe (z.B. Arzt/Ärztin, Patient/Patientin usw.) zu lesen sind.

Mein Dank gilt sowohl OA Dr. Kriffter, als auch Univ.-Prof. DI. Dr. Haas für die tatkräftige Unterstützung bei meiner Diplomarbeit, sowie dem ehem. Chef der Abteilung für Orthopädie und orthopädische Chirurgie des LKH-Stolzalpe, Univ.-Prof. Prim. Dr. Graf, für die Erlaubnis, diese Studie durchzuführen.

## Zusammenfassung

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die lange *Biceps*-Sehne (LBS) als anatomische Struktur. Läsionen der LBS und jene, die damit in Verbindung stehen, empfindet man im Grunde genommen als Schulterschmerzen. In meiner Arbeit geht es nun um die Behandlung dieser spezifischen Form der Schmerzen. Dazu habe ich im allgemeinen Teil eine Literaturrecherche betrieben, um den komplexen Sachverhalt darzustellen. Im speziellen Teil habe ich anschließend im Rahmen einer Studie zwei verschiedene operative Verfahren zur Behandlung der schmerzenden LBS, die Tenotomie und die Tenodese, miteinander verglichen. Ziel dieser Arbeit ist, eine bestmögliche Beurteilung treffen zu können, welches Verfahren geeigneter für die Behandlung ist.

Die Studie ist retrospektiv und umfasst 45 Patienten, die im Zeitraum 12/2007-12/2009 an der Abteilung für Orthopädie und orthopädische Chirurgie des LKH-Stolzalpe nachuntersucht wurden. Für die Auswertung habe ich sowohl den Constant Score als auch den *Biceps*-Score herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, dass man keinen eindeutigen Ausschluss einer Methode treffen kann. Es haben beide Methoden Vor- und Nachteile. Die Wahl des richtigen Verfahrens ist einzig davon abhängig, wie hoch der Anspruch des Patienten ist. Für aktive Patienten mit hohen Ansprüchen in sowohl sportlicher als auch kosmetischer Hinsicht, ist die Tenodese das favorisierte Verfahren, während Patienten mit geringeren Ansprüchen einer Tenotomie unterzogen werden sollten.

## **Abstract**

This work is based on the anatomical structure called “long head of the *Biceps* tendon” (LHB). Patients with lesions of the LHB and other lesions that occur in combination, complain about shoulder pain. The main part of my work is the surgical treatment of this specific shoulder pain.

The first part includes a general description to understand the complexity of this topic. The second, the special part, focuses on the LHB and its surgical treatment, comparing two different methods called tenotomy and tenodesis. The aim is to find out the better method.

The retrospective study including 45 patients was made at the department of Orthopedic surgery at the state hospital “Stolzalpe“ in a follow up from 12/2007-12/2009. The scores for evaluation were called “Constant-“ and “*Biceps* Score“.

The outcome shows positive but also negative aspects for both methods. You could only distinguish by looking at the patient’s needs. Those, who are active and sportive with high physical and cosmetic demands, are better served with tenodesis, whereas inactive patients could be treated with tenotomy.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Danksagung .....	iii
Zusammenfassung .....	iv
Abstract .....	v
Inhaltsverzeichnis .....	vi
Abkürzungsverzeichnis .....	ix
Abbildungsverzeichnis .....	xi
Tabellenverzeichnis .....	xiii
1 Einleitung .....	1
2 Allgemeiner Teil - Anatomische Grundlagen des Schultergürtels und -gelenks ...	2
2.1 Passiver Bewegungsapparat .....	2
2.1.1 Knochen .....	2
2.1.1.1 <i>Clavicula</i> .....	2
2.1.1.2 <i>Scapula</i> .....	3
2.1.1.3 <i>Humerus</i> .....	4
2.1.2 Gelenke und Bänder .....	5
2.1.2.1 <i>Articulatio sternoclavicularis</i> .....	5
2.1.2.2 <i>Articulatio acromioclavicularis</i> .....	5
2.1.2.3 <i>Articulatio glenohumerale</i> .....	6
2.2 Aktiver Bewegungsapparat .....	8
2.2.1 Dorsale Rumpf-Schultergürtel/ Rumpf-Arm-Muskeln .....	8
2.2.2 Ventrale Rumpf-Schultergürtel/ Rumpf-Arm-Muskeln .....	8
2.2.3 Schultermuskeln .....	9
2.2.4 Rotatorenmanschette .....	9
2.2.4.1 Rotatorenintervall .....	10

2.2.5	Der <i>Biceps</i> -Muskel im Focus .....	11
2.2.6	Gefäß- und Nervenversorgung .....	12
2.2.7	Gelenkscapsel und Lage der langen Bizeps-Sehne .....	13
2.2.8	Schleimbeutel .....	14
2.3	Biomechanik .....	16
2.3.1	Bewegungsachsen und Bewegungen.....	16
3	Spezieller Teil – die LBS im Fokus.....	18
3.1	Der Aufhängeapparat der langen <i>Biceps</i> -Sehne – das Pulley System ...	18
3.1.1	Aufhängung glenoidal und Fixation humeral.....	21
3.2	Funktion des Pulley-Systems.....	22
3.3	Pathologien der <i>Biceps</i> -Sehne/des <i>Biceps</i> -Pulleys .....	22
3.3.1	Folgen einer <i>Biceps</i> -Pulley Schädigung .....	25
3.4	Diagnostik.....	27
3.4.1	Klinische Untersuchungen .....	27
3.4.2	Bildgebende Untersuchungen .....	33
3.4.2.1	Röntgen .....	33
3.4.2.2	Computertomografie .....	34
3.4.2.3	Ultraschall.....	35
3.4.2.4	MRT .....	39
3.4.2.5	Diagnostische Arthroskopie .....	42
3.5	Behandlungsmethoden.....	43
3.5.1	Konservative Behandlungsmethoden .....	43
3.5.2	Operative Behandlungsmethoden .....	45
3.5.2.1	Tenotomie.....	45
3.5.2.2	Tenodese.....	46
4	Operationstechniken .....	50

4.1	Die offen chirurgische Methode .....	51
4.2	Arthroskopie.....	53
5	Methodik.....	57
5.1	Studiendesign .....	57
5.2	Patienten .....	58
5.3	Statistische Methoden .....	60
5.4	Nachuntersuchung.....	61
6	Ergebnisse .....	62
7	Diskussion.....	70
8	Schlussfolgerungen.....	72
9	Literaturverzeichnis .....	73
10	Anhang .....	78
10.1	Constant Score .....	78
10.2	LHB-Score .....	79

## Abkürzungsverzeichnis

A./ Aa.	lat.: <i>Arterial/ Arteriae</i> (Mz.)
AC	Acromioclavicular
ADL	„Activities of daily living“- Alltagstätigkeiten
Arthro-	Präfix: gelenks-
CHL	coraco-humerales Ligament
CT	Computertomografie
delt.	<i>deltoideus</i>
dt.	Deutsch
Gd.	Gadolinium
Gd-DPTA	Gadopentetat-Dimeglumin
glen.	glenoidale
gr.	griechisch
HWS	Halswirbelsäule
inf.	lat.: <i>inferius</i> (=der/die/das Niedrigste)
intertub.	lat.: <i>intertubercularis</i> (=zwischen zwei Höckern)
IRRST	Internal rotation resistance strength test
KI	Kontraindikation
KM	Kontrastmittel
Lab.	Labrum
lat.	Lateinisch
LBS	Lange <i>Biceps</i> -Sehne
LHB	engl.: long head of <i>Biceps</i>
<i>Lig./ Ligg.</i>	lat.: <i>Ligamentum/ Ligamenta</i> (Mz.)
M./ Mm.	lat.: <i>Musculus/ Musculi</i> (Mz.)

maj.	lat.: <i>majus</i> (=der Größte)
med.	lat.: <i>medius</i> (= der Mittlere/in der Mitte gelegener)
min.	lat.: <i>minus</i> (= der Kleinste)
MR/MRT	Magnetresonanz/ Magnetresonanztomografie
Mz.	Mehrzahl
N./ Nn.	lat.: <i>Nervus/ Nervi</i> (Mz.)
NaCl	Natrium-Chlorid
obl.	lat.: <i>obliquus</i> (= quer)
OP	Operation
pect.	lat.: <i>pectoralis</i>
post.	lat.: <i>posterior</i> (=hinten/ dahinter gelegen)
<i>Proc.</i>	lat.: <i>Processus</i> (=Fortsatz)
Rec.	lat.: <i>Recessus</i> (=Aussackung)
RI	Rotatorenintervall
RM	Rotatorenmanschette
ROM	Range of motion
SCP	Subscapularis (=M. <i>subscapularis</i> )
SFR	Supine Flexion Resistance Test
SGHL	superiores gleno-humerales Ligament
SLAP	superiores Labrum von anterior nach posterior
SSP	Supraspinatus (=M. <i>supraspinatus</i> )
sup.	lat.: <i>superius</i> (=der/die/das Höchste)
TGHI	transversaler glenohumeraler Index
Tub.	lat.: <i>Tuberculum</i> (=kleiner Höcker)
ultima ratio	dt.: letzte vernünftige Möglichkeit
US	Ultraschall (=Sonografie)

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomie des Schultergürtels .....	6
Abb. 2: Bänder des AC- und Glenohumeralgelenks-ventrale Ansicht .....	7
Abb. 3: Rotatorenmanschette .....	10
Abb. 4: Ursprungsformen der LBS.....	11
Abb. 5: Biomechanik der LBS.....	12
Abb. 6: <i>Ligg. glenohumeralia</i> .....	14
Abb. 7: Anatomie des Rotatorenintervalls.....	20
Abb. 8: Genaue Anatomie des Pulley-Systems .....	21
Abb. 9: Scherkräfte, die auf den <i>Biceps</i> -Pulley wirken .....	22
Abb. 10: Stadien der Pulley-Läsion nach Habermeyer. ....	25
Abb. 11: Yergason-Test.....	28
Abb. 12: Speed Test.....	29
Abb. 13: Palm-Up Test .....	29
Abb. 14: O'Brian Test.....	30
Abb. 15: Supine Flexion Resistance Test.....	31
Abb. 16: Internal Rotation Resistance Strenght Test.....	32
Abb. 17: Schulter-Röntgen in a. p.-Aufnahme .....	33
Abb. 18: Axiale Aufnahme .....	34
Abb. 19: Y-Aufnahme .....	34
Abb. 20: Dorsale Region – Transversalschnitt.....	36
Abb. 21: Transversalschnitt .....	36
Abb. 22: Dorsale Region – Longitudinalschnitt.....	36
Abb. 23: Longitudinalschnitt.....	36
Abb. 24: Lateral-superiore Region – Transversalschnitt.....	37

Abb. 25: Transversalschnitt .....	37
Abb. 26: Lateral-superiore Region – Longitudinalschnitt .....	37
Abb. 27: Longitudinalschnitt.....	37
Abb. 28: Ventrale Region - Transversalschnitt .....	38
Abb. 29: Transversalschnitt .....	38
Abb. 30: Ventrale Region – Longitudinalschnitt.....	38
Abb. 31: Longitudinalschnitt.....	38
Abb. 32: MR-Anatomie des Schultergelenks .....	40
Abb. 33: MR-Anatomie des Schultergelenks .....	41
Abb. 34: Diagnostische Arthroskopie.....	42
Abb. 35: Schritte der Weichteiltenodese.....	49
Abb. 36: Ventraler Zugang.....	51
Abb. 37: Deltoideopectoraler Zugang .....	52
Abb. 38: Lagerungsmethoden .....	54
Abb. 39: Abbildungen der Portale.....	55
Abb. 40: Arthroskopische Zugänge zum Glenohumeralgelenk.....	56
Abb. 41: Altersverteilung.....	62
Abb. 42: Ergebnis: Schmerz .....	63
Abb. 43: Ergebnis: ADL .....	64
Abb. 44: Ergebnis: ROM.....	65
Abb. 45: Ergebnis: Kraft .....	66
Abb. 46: Gesamtergebnis.....	67
Abb. 47: Constant Score.....	68
Abb. 48: Kosmetisches Ergebnis – <i>popeye sign</i> .....	69

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Ursprungsformen der LBS .....	18
Tab. 2: Einteilung der Pulley-Läsionen nach Habermeyer.....	24
Tab. 3: Demografie .....	58
Tab. 4: Begleitpathologien .....	59
Tab. 5: Erklärung Constant Score .....	61

# 1 Einleitung

Wenn man von schmerzenden *Biceps*-Sehnen spricht, meint man im Allgemeinen die lange *Biceps*-Sehne. Der *M. biceps* (siehe Kap. 2.2.5 „Der *Biceps*-Muskel im Focus“) besteht, wie der Name schon verrät, aus zwei Muskeln bzw. Köpfen (lat. *Biceps*, *capitis*=zweiköpfig). Die Sehne des längeren Kopfes (LBS=lange *Biceps*-Sehne) verläuft dabei innerhalb der Kapsel. Diese anatomische Besonderheit ist ein entwicklungsgeschichtliches Relikt aus der Zeit, als sich der Mensch noch auf allen vier Extremitäten fortbewegte.

Für den aufrechten Gang und das alltägliche Leben heutzutage hat die intrakapsuläre Lage der LBS an Bedeutung verloren. Sie übernimmt allerdings die Funktion der Oberarmkopf-Stabilisierung im Gelenk. Dabei hält sie, gemeinsam mit Teilen der Rotatorenmanschette, den Oberarmkopf nach unten und zentriert ihn in der Pfanne. (Mutschler, 2009)<sup>1</sup>

Was jedoch die evolutionsbedingte Änderung der Belastung mit sich bringt, sind häufige Läsionen des Aufhängeapparates der LBS, die so genannten Pulley-Läsionen (siehe Kapitel 3.1. „Der Aufhängeapparat der langen *Biceps*-Sehne - das Pulley System“). Die operative, arthroskopische Behandlung dieser Form von Läsionen ist Hauptthema meiner Arbeit und wird noch genauer unter die Lupe genommen.

Die Möglichkeiten der arthroskopischen Behandlung, welche ich in meiner Arbeit miteinander vergleichen will, sind Tenotomie und Tenodese. Bei der Tenodese wird die LBS an ihrem Ursprung am *Tuberculum supraglenoidale* abgeschnitten und danach an der Stelle, wo sie in die Kapsel gelangt, refixiert. Bei der Tenotomie der LBS wird sie hingegen abgeschnitten, ohne danach refixiert zu werden. Der Sehnenstumpf gleitet durch die Eigenspannung des Muskels aus der Kapsel heraus und kommt distal der Eintrittsstelle in die Kapsel zu liegen, was dem Muskel eine „bauchigere“ Form verleiht. Der *M. biceps* erleidet dadurch nur einen minimalen Verlust seiner Wirkung, weil der kurze Kopf beinahe vollständig kompensieren kann.

---

<sup>1</sup> Mutschler, 2009, S. 784ff

## 2 Allgemeiner Teil - Anatomische Grundlagen des Schultergürtels und -gelenks

### 2.1 Passiver Bewegungsapparat

Der Schultergürtel und das Schultergelenk werden von drei Knochen gebildet. Von proximal nach distal sind sie in der Reihenfolge *Clavicula* (dt. Schlüsselbein), *Scapula* (dt. Schulterblatt) und *Humerus* (dt. Oberarmknochen) angeordnet. Die *Clavicula* bildet hierbei die direkte Verbindung zum Rumpf über ihr proximales Ende. Diese Gelenksverbindung ist die einzige direkte Verbindung zum Rumpfskelett, was den Schultergürtel und das Schultergelenk einerseits enorm beweglich macht und andererseits durch eine Einbettung in Muskeln die nötige Stabilität verleiht.

Den Schultergürtel alleine bilden genau genommen nur die *Clavicula* und die *Scapula*, während das Schultergelenk an sich von der artikulierenden Fläche der *Scapula* mit dem *Humerus* gebildet wird. So entstehen drei Gelenke, wobei zwei davon dem Schultergürtel angehören. Diese beiden werden als das mediale und laterale Schlüsselbeingelenk bezeichnet. Das mediale Schlüsselbeingelenk wird durch das proximale Ende der *Clavicula* und dem *Sternum* gebildet, die *Art. sternoclavicularis*, das laterale Schlüsselbeingelenk durch das distal artikulierende Ende mit der *Scapula*, die *Art. acromioclavicularis*. Das Schultergelenk selbst bilden *Scapula* und *Humerus* mit ihren artikulierenden Flächen. (Drenkhahn D., 2008)<sup>2</sup>

#### 2.1.1 Knochen

##### 2.1.1.1 *Clavicula*

Die *Clavicula* bildet die direkte Verbindung zwischen dem Rumpf und der freien oberen Extremität. Es handelt sich um einen leicht S-förmig gebogenen Knochen mit einem proximalen und einem distalen Ende. Das proximale Ende, *Extremitas sternalis*, bildet die gelenkige Verbindung zum *Sternum*, dem Brustbein. Das distale Ende, *Extremitas acromialis*, ist mit dem *Acromion* verbunden.

Auf der Unterseite des sternalen Endes liegt die *Impressio ligamenti costoclavicularis*. Das Mittelstück, *Corpus claviculare*, entspricht dem Schaft eines

---

<sup>2</sup> Drenkhahn D., 2008; S. S. 278-282

Röhrenknochens und ist in Richtung *Acromion* hin abgeflacht. Richtung distal befindet sich auf der Unterseite eine weitere Einkerbung, die so genannte *Impressio musculi subclavii*, welche sich in Form einer Rinne bemerkbar macht.

Während das proximale Ende eine beinahe sattelförmige Auftreibung für die Gelenksfläche aufweist, ist die distale Gelenksfläche für das *Acromion* von ovaler Form. (Drenkhahn D., 2008)<sup>3</sup>

Das Schlüsselbein agiert als Drehpunkt in Bewegungen des Schultergürtels, was wiederum der freien Extremität mehr Bewegungsumfang ermöglicht. (Held, 2008)<sup>4</sup>

### **2.1.1.2 Scapula**

Die *Scapula* ist ein Plattenknochen in Form eines Dreiecks, bei dem die lange Seite nach außen und die Spitze nach unten zeigt. Die drei Winkel des Schulterblattes werden *Angulus lateralis*, *Angulus superior* und *Angulus inferior*, die drei Ränder *Margo lateralis*, *Margo superior* und *Margo medialis* bezeichnet. Die Hinterseite der *Scapula* wirft kranial die *Spina scapulae* auf, die nach lateral und kranial verlaufend zum *Acromion* wird und letztendlich mit der *Clavicula* artikuliert. Die Rahmenstruktur des Schulterblattes ist so konstruiert, dass alle randparallel laufenden Knochenzüge sich in Richtung *Angulus lateralis* vereinigen und den Schulterblatthals, das *Collum scapulae*, bilden. Diese massive Struktur beinhaltet schließlich auf ihrer lateralen Seite die Gelenkspfanne, die *Cavitas glenoidalis*.

Aus dem kranialen Bereich des Schulterblatthalses ragt der so genannte Rabenschnabelfortsatz, *Processus coracoideus*, nach ventrolateral und bietet somit dem Schultergelenk Schutz vor mechanischer Einwirkung von vorne. Die *Spina*, das *Acromion* und der *Proc. coracoideus* sind von außen gut palpabel und dadurch gute Orientierungshilfen bei der Schulteruntersuchung bzw. Infiltration. (Drenkhahn D., 2008)<sup>5</sup>

Das Schulterblatt als Ganzes liegt dem Brustkorb von der 2. bis zur 7. Rippe auf und dient 17 Muskeln zum Ursprung bzw. zum Ansatz. (Held, 2008)<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 279ff

<sup>4</sup> Held M, 2008, Seite 18

<sup>5</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 280ff

<sup>6</sup> Held M, 2008, Seite 18

### 2.1.1.3 Humerus

Der Oberarmknochen (lat. *Humerus*) ist ein langer Röhrenknochen mit dem typischen Aufbau von Schaft und zwei Extremitäten. Die *Extremitas proximalis* beinhaltet das *Caput humeri*, welches die artikulierende Fläche mit dem *Glenoid* bildet. Der Kopf des *Humerus* ist hemisphärisch und zeigt nach oben medial und leicht dorsal. Der Hals wird in ein *Collum anatomicum*, welches als Ansatzlinie der Gelenkkapsel dient und ein *Collum chirurgicum*, einer Stelle an der meist Frakturen auftreten, unterteilt. Über das *Collum humeri*, lateral und ventral durch die beiden *Tuberculi majoris*, dorsal, und *minoris*, ventral und dem zwischen ihnen verlaufenden *Sulcus intertubercularis* verstärkt, geht das *Caput* in das *Corpus* über. In diesem besagten *Sulcus*, der auch *Sulcus bicipitalis* genannt wird, liegt die lange *Biceps*-Sehne, die später noch ausführlich Gegenstand dieser Arbeit sein wird.

Am *Humerus* setzen neben den Muskeln der Rotatorenmanschette auch noch weitere Schultermuskeln an.

Distal geht das *Corpus* in einen *Epicondylus lateralis* und *medialis* über, die dorsal wiederum die *Trochlea* formen, um mit dem *Olecranon* der *Ulna* das Ellbogengelenk zu bilden. (Held, 2008)<sup>7</sup> (Drenkhahn D., 2008)<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> Held M, 2008, Seite 17

<sup>8</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 282

## 2.1.2 Gelenke und Bänder

### 2.1.2.1 *Articulatio sternoclavicularis*

Das mediale Schlüsselbeingelenk liegt, wie der lateinische Name schon sagt, zwischen dem *Sternum* und der *Clavicula*. Im Gelenk befindet sich eine faserknorpelige Scheibe, *Discus articularis*, die einerseits am *Sternum* und andererseits an der *Clavicula* befestigt ist. Die Gelenkkapsel, welche fest mit der Zwischengelenksscheibe verbunden ist, wird durch fasrige Bandzüge verstärkt – *Lig. sternoclaviculare anterius* auf der Vorderseite, *Lig. interclaviculare* zwischen den beiden Schlüsselbeinen und *Lig. costoclaviculare*, welches die Stabilität am Brustkorb gewährleistet. (Fanghänel J., 2009)<sup>9</sup>

### 2.1.2.2 *Articulatio acromioclavicularis*

Das laterale Schlüsselbeingelenk, als Gelenksverbindung von Schlüsselbein zu Schulterblatt, hat eine, wie oben bereits beschrieben, ovale Gelenksfläche von Seiten der *Clavicula*, die sich in eine Delle des *Acromions* einfügt. Die Gelenkkapsel wird wiederum durch ein Band verstärkt, das *Lig. acromioclaviculare*. Reißt dieses Band, kommt es zum „Klaviertastenphänomen“, bei dem die *Clavicula* die Höhe des *Acromions* übersteigt und wie eine Taste am Klavier nach unten federnd eindrückbar ist. Man beobachtet diese Form der Verletzung häufig bei Stürzen auf die Schulter.

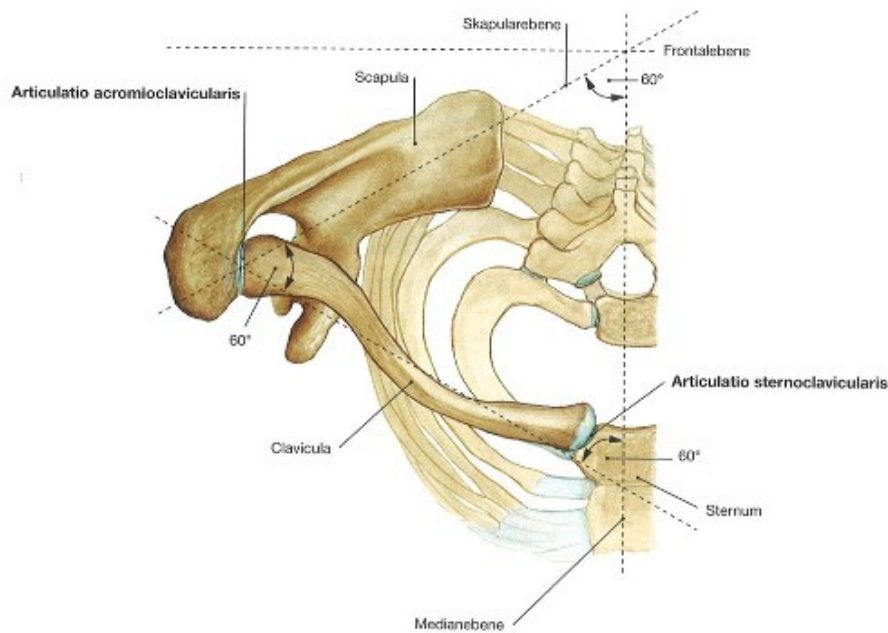
Ein weiteres Band, welches das Schlüsselbein befestigt, ist das *Lig. coracoclaviculare*. Dieses Band besteht aus zwei Anteilen, *Lig. trapezoideum* und *Lig. conoideum*, welche beide die *Clavicula* mit dem *Proc. coracoideus* verbinden. (Siehe Abb. 2, S. 7)

Die Beweglichkeit dieser beiden Gelenke betreffend, kann man sie nur gemeinsam beurteilen, nachdem eine isolierte Bewegung eines der beiden Gelenke praktisch unmöglich ist. So agiert das Schlüsselbein als eine Art Stange, die, am Brustbein befestigt, das Schulterblatt in Position hält. Bewegt man nun den Oberarm, kann das Schulterblatt, aufgrund der eben beschriebenen Befestigung am Schlüsselbein und

---

<sup>9</sup> Fanghänel, 2009; Seite 671f

dessen Mitbewegung, am Brustkorb gleiten, um damit den Bewegungsradius des Oberarms enorm zu vergrößern. (Fanghänel J., 2009)<sup>10</sup>



**Abb. 1: Anatomie des Schultergürtels**

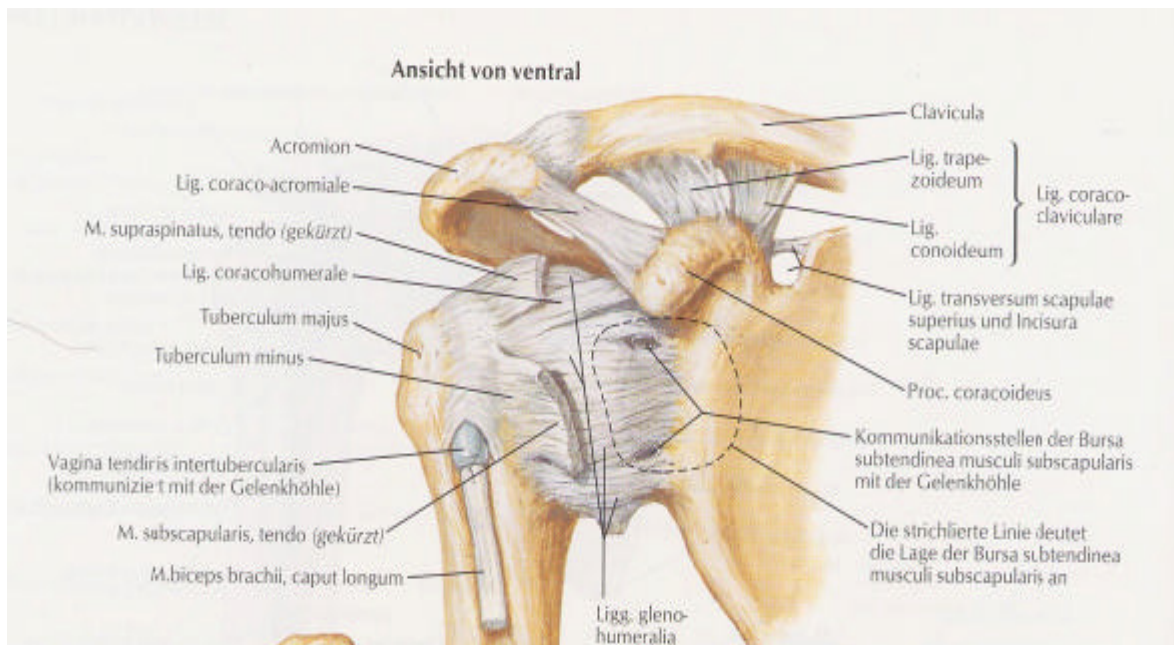
In der Abbildung ist die Ausrichtung der *Scapula* und der *Clavicula* zur Medianebene gezeigt. Sie bilden ein gleichschenkeliges Dreieck miteinander. (Bild: aus Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen, 2004, S.135)

### **2.1.2.3 Articulatio glenohumerale**

Die *Art. glenohumerale*, das eigentliche Schultergelenk, ist das beweglichste Kugelgelenk des Körpers. Diese Tatsache lässt sich aufgrund der Anatomie einfach erklären. Es trifft hier ein hemisphärisch geformter Gelenkkopf auf eine verhältnismäßig zu kleine Pfanne, die, wie oben erwähnt, vom Schulterblatt gebildet wird. Die Pfanne bedeckt rund ein Drittel des Humeruskopfes, die fixierenden Bänder sind schwach und die Gelenkkapsel schlaff wie ein Sack. Das alles ermöglicht zwar außerordentliche Bewegungsfreiheit, allerdings unter dem negativen Aspekt der geringeren Stabilität im Gegensatz zu anderen Gelenken. Mehr als bei anderen Gelenken müssen hier die Muskeln für Stabilität sorgen. So ist das gesamte Schultergelenk von der Rotatorenmanschette umgeben, einer Muskelhülle, die dafür sorgt, dass der Humeruskopf bei alltäglichen Bewegungen nicht aus seiner Pfanne gleitet. Eine Luxation ist jedoch so häufig wie in keinem anderen Gelenk.

<sup>10</sup> Fanghänel, 2009; Seite 672

Die Pfanne (lat. *Cavitas glenoidalis*) ist von einem Knorpel überzogen, welcher an seinem Rand durch einen Faserknorpelring verstärkt ist, dem so genannten *Labrum glenoidale*. Dieses Labrum erweitert die Gelenksfläche für den Oberarmkopf und trägt somit eine entscheidende Rolle für die Stabilität. (Fanghänel J., 2009)<sup>11</sup>



**Abb. 2: Bänder des AC- und Glenohumeralgelenks-ventrale Ansicht**

(Bild: aus Netter, *Atlas der Anatomie des Menschen*, S. 394)

<sup>11</sup> Fanghänel, 2009; Seite 673ff

## 2.2 Aktiver Bewegungsapparat

Der gesamte Schultergürtel besteht aus einer Vielzahl an Muskeln, die in ihrer Gesamtheit eine optimale Stabilität von Schultergürtel und Schultergelenk gewährleisten. Dabei unterscheidet man im Wesentlichen zwischen Muskeln, die zur Bewegung und Stabilisation des Schulterblattes beitragen, und jenen, die das Schultergelenk selbst bewegen.

### 2.2.1 Dorsale Rumpf-Schultergürtel/ Rumpf-Arm-Muskeln

Die dorsale Rumpf-Schultergürtel-Muskulatur besteht aus vier Muskeln: *M. rhomboideus*, *M. levator scapulae* und *M. trapezius*, sowie dem *M. serratus post.* Alle haben ihren Ursprung an den Dorn- oder Querfortsätzen sämtlicher Wirbelkörper der Hals- und Brustwirbelsäule sowie z.T. an den Rippen. Da ihre Ansätze am Schulterblatt sind, gelten sie als die direkte Verbindung zwischen Rumpf und Schulterblatt, welches dadurch auf dem thoracoscapulären Gleitspalt bewegt werden kann.

Der einzige dorsale Muskel, der den Arm direkt mit dem Rumpf verbindet, ist der *M. latissimus dorsi*. Dieser breite, flächenhafte Muskel, der vom 7. Brustwirbel bis zum Beckenkamm hinunter entspringt, windet sich um den *M. teres major* herum nach vorne, und setzt an der *Crista tuberculi minoris* an, wodurch er als Innenrotator agiert. (Drenkhahn D., 2008)<sup>12</sup>

### 2.2.2 Ventrale Rumpf-Schultergürtel/ Rumpf-Arm-Muskeln

Die ventrale Rumpf-Schultergürtel-Muskulatur besteht aus dem *M. serratus ant.*, welcher seitlich an den Rippen entspringt, zwischen dem Brustkorb und dem Schulterblatt nach hinten zieht und am Innenrand des Schulterblattes ansetzt. Bei einer Lähmung dieses Muskels kommt es zur so genannten *Scapula alata*, bei der sich das Schulterblatt vor allem bei Anteversion des Armes vom Brustkorb abhebt. Damit wird auch die Funktion der Fixierung des Schulterblattes am Brustkorb erklärt. Des Weiteren ist er ein wichtiger Inspirationsmuskel und hilft bei der Drehung der

---

<sup>12</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 290-293

*Scapula* nach vorne zum Anheben des Armes mit. Der *M. pectoralis minor* und der *M. subclavius* gehören auch noch zur ventralen Schultergürtel-Rumpf-Muskulatur. Während der *M. pectoralis minor* vom Brustkorb zum *Coracoid* führt und zur Senkung des Schultergürtels beiträgt, setzt der *M. subclavius*, ebenfalls vom Brustkorb kommend (1. Rippe) am distalen Teil des Schlüsselbeins an, womit er dasselbe fixiert und im *Sternoclaviculargelenk* hält. Der große Brustmuskel, *M. pectoralis major*, ist der einzige ventrale Muskel, der direkt an der *Crista tuberculi majoris* des *Humerus* ansetzt. Seine Funktion ist aufgrund seiner Größe von der Stellung des Armes beeinflusst und reicht von Innenrotation über Adduktion bis hin zur Retroversion in antevertierter bzw. Anteversion in retrovertierter Position des Armes. Besonders ausgeprägt ist der große Brustmuskel bei Schwimmern, weil genau diese Bewegungen beim Brustschwimmen vorkommen. (Drenkhahn D., 2008)<sup>13</sup>

### 2.2.3 Schultermuskeln

Als Schultermuskeln werden jene Muskeln bezeichnet, die am Schulterblatt oder am Schlüsselbein (genauer: an der *Pars clavicularis m. deltoidei*) entspringen und am Oberarm ansetzen. Sie führen ausnahmslos Bewegungen im Glenohumeralgelenk aus, welche jedoch durch die Schultergürtelmuskulatur unterstützt wird.

Zu dieser Gruppe gehören der *M. deltoideus* und der *M. teres major*, sowie die vier, auch unter dem Begriff Rotatorenmanschette zusammengefassten Muskeln, *M. supraspinatus*, *M. infraspinatus*, *M. teres minor* und *M. subscapularis* dazu. (Drenkhahn D., 2008)<sup>14</sup>

### 2.2.4 Rotatorenmanschette

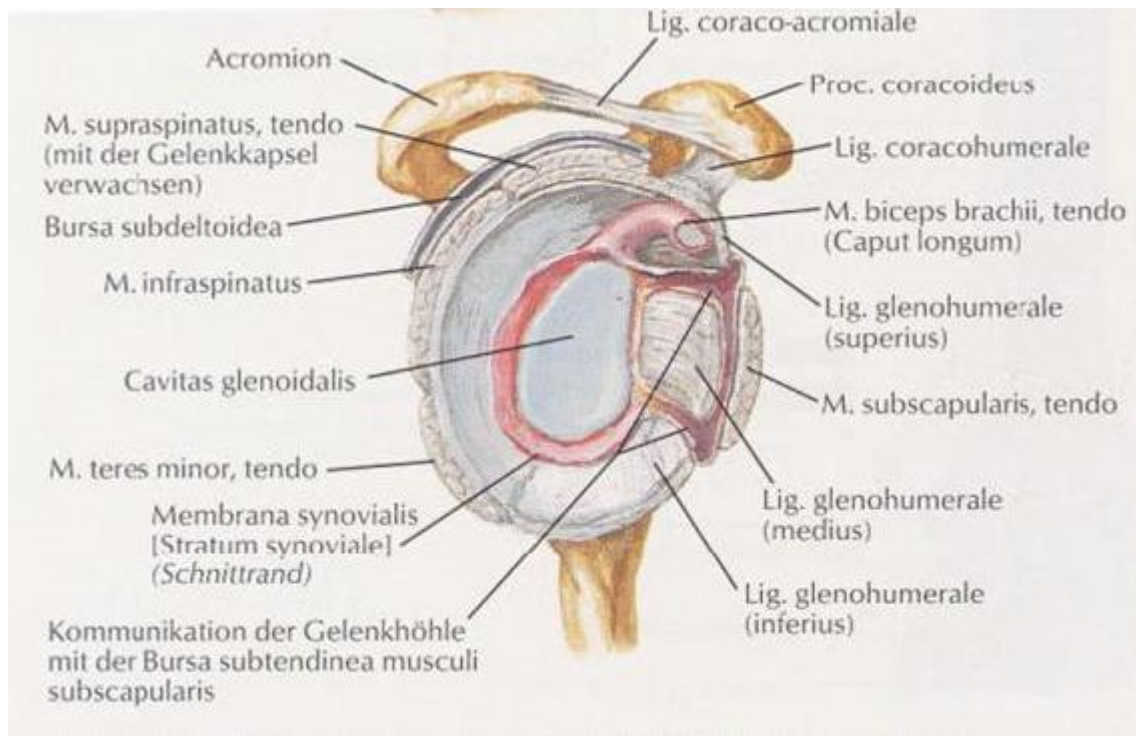
Wie bereits oben erwähnt, besteht die Rotatorenmanschette aus vier Muskeln, welche die innerste Schicht und somit eine Verstärkung der Kapsel darstellen. Gemeinsam mit der langen Bicepssehne (LBS) sorgt die Rotatorenmanschette für Stabilisierung und Zentrierung des *Humerus* im *Glenoid*. Das muskuläre Gleichgewicht dieser Muskeln ist laut Habermeyer neben den statischen Strukturen,

---

<sup>13</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 293ff

<sup>14</sup> Drenkhahn D, 2008; Seite 296-299

die durch den anatomischen Aufbau der Schulter gegeben sind, das wichtigste dynamische Prinzip für die Stabilität und einwandfreie Funktion. Jeder der vier Muskeln arbeitet immer mit Muskeln außerhalb der Rotatorenmanschette synergistisch. (Held, 2008)<sup>15</sup>



**Abb. 3: Rotatorenmanschette**

Ansicht von lateral (Bild: aus Netter *Atlas der Anatomie des Menschen*, S.394)

#### 2.2.4.1 Rotatorenintervall

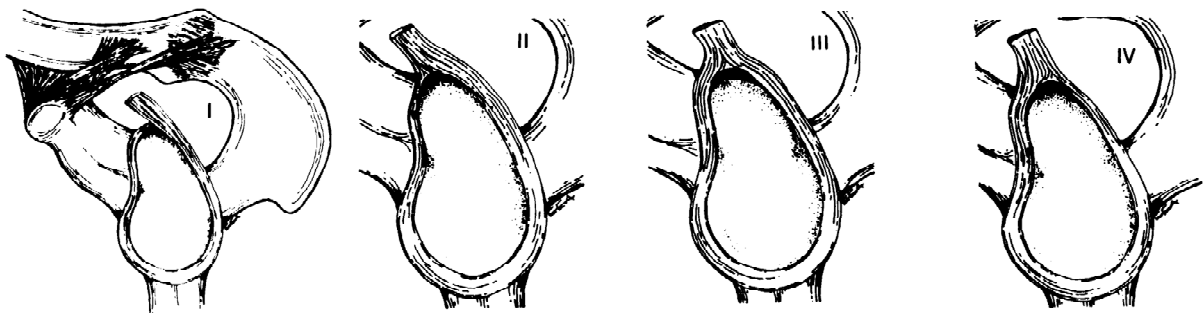
Das Rotatorenintervall kann als Teil der Rotatorenmanschette angesehen werden. Neer und Harryman beschreiben es als triangulären Kapselanteil, welcher zwischen den Sehnen des *M. subscapularis* und jenen des *M. supraspinatus* zu liegen kommt. In diesem Bereich der RM befindet sich der Aufhängeapparat der LBS, welcher unter 3.1 genauer beschrieben und in Abb. 7 detailliert gezeigt wird. Dieser Aufhängeapparat, bestehend aus Teilen des SSP, dem *Fasziculus obliquus*, dem coracohumeralen sowie dem superioren glenohumeralen Ligament, ist der wichtigste Teil des RI, weil er die LBS schlingenförmig sichert. (Harryman DT II, 1992)<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Held M, 2008, Seite 21

<sup>16</sup> Harryman DT II, 1992; Seite 53-66

## 2.2.5 Der *Biceps*-Muskel im Focus

Der *M. biceps* ist, wie der Name schon sagt, ein zweiköpfiger Muskel mit einem kurzen und einem langen Kopf, der sowohl über einen gemeinsamen Muskelbauch als auch Ansatz verfügt. Der Ursprung des kurzen Kopfes liegt am *Coracoid* und hebt den *Humerus* nach oben, wodurch er gemeinsam mit dem langen Kopf des *M. triceps*, dem *M. coracobrachialis* und dem *M. deltoideus* eine Luxation des Kopfes nach unten verhindert. Der lange Kopf hat seinen Ursprung am *Tuberculum supraglenoidale* und dem oberen hinteren Rand der *Cavitas glenoidalis*. D.h., dass die Sehne des langen Kopfes kranial des Humeruskopfes verläuft. Von der Aufteilung in die einzelnen Köpfe weg, nimmt die LBS den Weg durch den *Sulcus intertubercularis*, tritt am Ende desselben in die Kapsel ein, verläuft intrakapsulär Richtung kranial, um schlussendlich am *Labrum* und dem *Tuberculum supraglenoidale* Y-förmig zu entspringen. Laut Vangsness unterteilt man den Ursprung in vier verschiedene Typen. Die folgende Abbildung zeigt die verschiedenen Typen des Ursprungs. Die Häufigkeiten sind aus der Tab. 1: Ursprungsformen der LBS Tab. 1: Ursprungsformen der LBS(S. 18) zu entnehmen (siehe Kapitel 3.1 „Der Aufhängeapparat der langen *Biceps*-Sehne – das Pulley System“). (Bauer & Löbig, 2010)<sup>17</sup> (Vangsness, Jorgenson, Watson, & Johnson, 1994)<sup>18</sup>



**Abb. 4: Ursprungsformen der LBS**

Abb. 4: Typ I: Rein posteriore Insertion, keine Y-Form. Typ II: Überwiegend posteriore Sehnenanteile mit geringem anteriorem Anteil. Typ III: Gleichmäßig verteilte anteriore und posteriore Sehnenanteile (=Y-Form). Typ IV: Ausgeprägte anteriore Anteile und geringe posteriore Insertion.

<sup>17</sup> Bauer & Löbig, 2010, Seite 6-12

<sup>18</sup> Vangsness, Jorgenson, Watson, & Johnson, 1994, Seite 951-4

(Bild: Vangsness et al., 1994, The origin of the long head of the *Biceps* from the *Scapula* and glenoid labrum, J BoneJoint Surg, Seite 951-4)

Durch diesen speziellen Verlauf drückt die LBS gemeinsam mit den kranialen Anteilen der RM den Kopf nach unten in die Pfanne. Somit wird ein Ausweichen des Humeruskopfes nach kranial verhindert und zugleich die Stabilität des Glenohumeralgelenkes vergrößert. Dabei spielt die Länge der Sehne im *Sulcus intertubercularis* eine entscheidende Rolle. Je größer der Weg für die Sehne ist, desto mehr Spannung liegt auf ihr, wodurch der Humeruskopf noch stärker in die Schulterpfanne gepresst wird. Dadurch erhöht sich wiederum die Schulterstabilität. In

Abb. 5: Biomechanik der LBS ist erkennbar, dass der Weg der LBS in Mittelstellung am größten ist, während bei Innenrotation die Spannung aufgrund der kürzeren Weglänge der Sehne geringer wird. (Held, 2008)<sup>19</sup> (Habermeyer P. , 2002)<sup>20</sup>



## 2.2.6 Gefäß- und Nervenversorgung

Die Innervation der Schulter und des Schultergürtels kommt aus dem *Plexus brachialis*. Die *Rr. ventrales* der Spinalnerven der Rückenmarkssegmente C5-Th1

<sup>19</sup> Held M, 2008, Seite 22

<sup>20</sup> Habermeyer, 2002; Seite 14ff

bilden so genannte *Trunci* (*Truncus superior, medius, inferior*), die sich wiederum in drei vordere und drei hintere Divisionen aufteilen. Aus den *Divisiones anteriores* bilden sich der *Fasziculus lateralis* und *medialis*, aus den drei posterioren Divisiones der *Fasziculus posterior*. Diese drei Faszikel stellen den infraclaviculären Anteil der nervalen Versorgung dar, während die direkten Äste aus den *Rr. ventrales* bzw. den *Trunci* den supraclaviculären Anteil ausmachen.

Bei der Gefäßversorgung findet man diese Einteilung nicht ident vor, da alle die obere Extremität versorgenden Gefäße auf der rechten Seite aus dem *Truncus brachiocephalicus* und auf der linken Seite aus der *A. subclavia* kommen, beides Äste der *Aorta*. (Schünke, Schulte, & Schumacher, 2005)<sup>21</sup>

Den dorsalen Schulterbereich versorgt laut Habermeyer von kranial die *A. suprascapularis*, welche aus dem *Truncus thyreocervicalis* der *A. subclavia* entspringt, mit dem gleichnamigen Nerv. Die Arterie anastomosiert im Bereich des *Collum scapulae* mit der *A. circumflexa scapulae*, welche ihrerseits als Ast der *A. subscapularis* (aus der *A. axillaris*) durch die mediale Achsellücke nach kranial verläuft. Laut Waldeyer ist diese Anastomose von klinischer Bedeutung, da sie bei Unterbindung der *A. axillaris* einen Kollateralkreislauf ausbilden kann. Die *A. dorsalis scapulae*, aus der *A. transversa cervicis* kommend und die *A. thoracodorsalis*, als zweiter Ast der *A. subclavia*, vervollständigen die so genannte Schulterblattarkade. Als letzter Bestandteil der dorsalen Schulterversorgung tritt die *A. circumflexa humeri posterior* gemeinsam mit dem *N. axillaris* durch die laterale Achsellücke nach hinten. Sämtliche Arterien sowie Nerven geben nicht nur muskel- sondern auch hautversorgende Äste ab.

Der vordere Anteil der Schulter wird aus der *A. thoracoacromialis* versorgt, einem Stamm aus der *A. axillaris*, der weitere vier Äste, *R. pectoralis*, *R. clavicularis*, *R. acromialis*, *R. deltoideus* abgibt. Weiter distal verlässt die *A. circumflexa humeri anterior* die *A. axillaris*, welche ab dem Passieren der *Clavicula* und dem Eintritt in die Achselhöhle ihren Namen trägt. (Habermeyer P. , Schulterchirurgie, 2002)<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Schünke, Schulte, & Schumacher, 2005; Seite 314ff

<sup>22</sup> Habermeyer, 2002; Seite 5

## 2.2.7 Gelenkkapsel und Lage der langen Bizeps-Sehne

Die Gelenkkapsel des Schultergelenks hat eine besonders schwierige Aufgabe, denn einerseits soll der enorme Bewegungsumfang gewährleistet werden, andererseits muss sie den großen Kopf des Oberarms in der verhältnismäßig kleinen Pfanne halten. Nach außen wird sie von der Rotatorenmanschette und ligamentären Strukturen unterstützt. Dazu gehören die glenohumeralen Bänder (*sup.*, *med.*, *inf.*; siehe Abb. 6), die von der vorderen Seite des Pfannenrandes Richtung *Humerus* gelangen, das *Lig. coracoglenoidale*, ein entwicklungsgeschichtlicher Rest des ursprünglich am *Humerus* inserierenden *M. pect. min.*, welches sich in den kranialen Abschnitten der Kapsel verliert, sowie das *Lig. coracohumerale* und das *Lig. transversum humeri* (siehe Abb. 7). Das kaudale Ende der Kapsel wird als *Recessus axillaris* bezeichnet – eine Reservefalte für Abduktionsbewegungen. (Fanghänel J., 2009)<sup>23</sup>

Die sensible Innervation der Gelenkkapsel erfolgt kranial und dorsal aus dem *N. suprascapularis*, dessen Gelenksäste auf der Unterseite des *Lig. coracoacromiale* in der Verschiebeschicht zwischen *M. supraspinatus* und *Fornix humeri* verlaufen. Die ventrale Seite der Kapsel wird von Ästen aus den *Nn. subscapularis et musculocutaneus* innerviert. (Habermeyer P. , Schulterchirurgie, 2002)<sup>22</sup>



**Abb. 6: Ligg. glenohumeralia**

(Bild: shoulderdock.co.uk)

Die LBS entspringt, wie oben bereits beschrieben, am *Tuberculum supraglenoidale* und verläuft intrakapsulär. Sie verlässt die Kapsel im *Sulcus intertubercularis*. Während des Verlaufs durch die Kapsel hat die Sehne in dreierlei Weise Beziehung mit der *Synovia*:

1. Die Sehne wird durch die *Synovia* an der Kapselinnenseite angeheftet
2. Einbuchtungen der *Synovia* umgeben die LBS

---

<sup>23</sup> Fanghänel, 2009; Seite 675

3. Die *Synovia* umgibt die LBS komplett. Dies zeigt, dass die LBS während ihres Verlaufs in der Gelenkhöhle zwar intrakapsulär, aber dennoch extrasynovial bleibt. (Held, 2008)<sup>24</sup>

### 2.2.8 Schleimbeutel

Die Schleimbeutel (lat. *Bursae*) bilden einerseits eine Verschiebeschicht zwischen Muskelplatten und haben andererseits eine dämpfende Schutzfunktion wie ein Polster. Die für das Schultergelenk wichtigsten *Bursae* sind die *Bursa subdeltoidea*, welche unter dem *M. deltoideus* dem *Humerus* aufliegt, und die *Bursa subacromialis*, die – wie der Name schon sagt – unter dem *Acromion* bis hin zur *Fossa supraspinata* zu liegen kommt. Diese beiden *Bursae* können oft miteinander kommunizieren, werden aber üblicherweise durch das *Lig. coracohumerale* voneinander getrennt.

Weitere nicht kommunizierende *Bursae* sind unter der Sehne des *M. infraspinatus* und unterhalb der Spitze des *Proc. coracoideus* zu finden. Eine *Bursa*, die breit mit der Gelenkhöhle in Verbindung steht, ist die *Bursa subtendinea m. subscapularis*, oder auch *Bursa subcoracoidea* genannt (siehe Abb. 3, Seite 10).

Als letzter relevanter Schleimbeutel ist jener der LBS, der als *Vagina synovialis intertubercularis* Richtung distal in die bindegewebige Verschiebeschicht des *Peritendineums* übergeht. (Habermeyer P. , Schulterchirurgie, 2002)<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Held, 2008; Seite 22ff

<sup>25</sup> Habermeyer, 2002; Seite 7ff

## 2.3 Biomechanik

### 2.3.1 Bewegungsachsen und Bewegungen

Im Schultergelenk (lat. *Art. glenohumerale*) sind Bewegungen in allen Freiheitsgraden möglich. Die drei Hauptachsen sind die transversale, die sagittale und die longitudinale Achse. Der Umfang der Bewegungen wird mit der Neutral-Null-Methode gemessen, bei der die Ausgangsposition wie folgt aussieht: Die Arme hängen mit nach vorne gerichteten Handflächen im aufrechten Stand herab. Von dieser aus werden die Winkelgrade der möglichen Bewegungen gemessen. (Fanghänel J., 2009)<sup>26</sup>

Ante-Retroversion: Die transversale Achse läuft vom Humeruskopf am *Tub. majus* durch das *Glenoid* und lässt die Pendelbewegung nach vorne und hinten, also die Anteversion und Retroversion, wie es beim Gehen der Fall ist, zu. Der Bewegungsumfang in dieser Achse beträgt 150-180° Anteversion und 30-40° Retroversion.

In der ersten Phase der Anteversion hebt der *M. deltoideus (Pars clavicularis)* zusammen mit dem *M. coracobrachialis* und der *Pars clavicularis* des *M. pectoralis major* den Arm bis auf 50°. Gebremst wird diese erste Phase durch das *Lig. coracohumerale* und den Widerstand des *M. teres minor*, *M. teres major* und des *M. infraspinatus*. Hier geht die Anteversion in die zweite Phase über. Die Pfanne wird durch die Schultergürtelmuskulatur um 60° gedreht, sodass sie nach oben zeigt und eine Anteversion von 60° bis 120° ermöglicht. Diese Bewegung wird vom *M. trapezius* und *M. serratus anterior* ausgeführt. In der dritten Phase wird die Wirbelsäule miteinbezogen, um das volle Bewegungsausmaß durch laterale Flexion zu erreichen. Dies erlaubt eine Anteversion bis zu 180°. (Fanghänel J., 2009)<sup>27</sup>

Ab- und Adduktion: Die sagittale Achse läuft von vorne durch das *Caput humeri* nach hinten, die Bewegungen um diese Achse beinhalten das seitliche Abspreizen des Armes, die Abduktion, und das Heranführen des Armes an den Körper, die Adduktion. (Fanghänel J., 2009)<sup>24</sup>

---

<sup>26</sup> Fanghänel, 2009; Seite 37ff

<sup>27</sup> Fanghänel, 2009; Seite 676ff

Die Abduktion ist in drei Phasen gegliedert. Insgesamt ist ein Bewegungsumfang von 180° möglich. Der erste Teil der Abduktion wird durch den *Pars acromialis m. deltoidei* und den *M. supraspinatus* ausgeführt. Es reicht bis zu einem Winkel von 90°, wo nun das *Tub. majus* am Schulterdach, dem *Acromion*, anstößt. Hier beginnt die zweite Phase, fortan Elevation genannt, welche durch ein Ausweichen des Schulterblattes gekennzeichnet ist. Vollzogen wird dies durch eine Änderung in den Schultergürtelgelenken, unter Betätigung von *M. trapezius* und *M. serratus ant.*, welche die Extremität bis 150° anheben. Ab dieser Position kommt es zum passiven Widerstand der Adduktoren, was wiederum zu einer Lateralflexion der Wirbelsäule durch Kontraktion der kontralateralen Muskulatur führt. Die Adduktion ist bis ca. 40° möglich. Die beteiligten Muskeln für die Adduktion sind der *M. latissimus dorsi*, *M. teres major*, *M. pectoralis major* und der *M. rhomboideus*. Während der *M. teres major* die Bewegung einleitet, stabilisiert der *M. rhomboideus* das Schulterblatt am Thorax. Die übrigen Muskeln der Rotatorenmanschette wirken dabei einer Luxation des Humeruskopfes nach unten entgegen, indem sie kontrahieren. Die stärksten Adduktoren sind der *M. latissimus dorsi* und *M. pectoralis major*. (Held, 2008)<sup>28</sup>

Rotation: Die longitudinale Achse verläuft von oben durch das *Caput humeri* entlang des Schaftes durch die Mitte der beiden Epicondylen. Sie lässt Rotationsbewegungen zu. Die Überprüfung dieser Bewegung muss immer mit horizontalem Unterarm und Handflächen nach oben durchgeführt werden, um das Mitrotieren des Unterarmes im Ellbogengelenk auszuschließen. Der Umfang dieser Bewegung beträgt 90° Außen- und 70° Innenrotation. Letztere wird durch vier Muskeln ermöglicht: *M. latissimus dorsi*, *M. teres major*, *M. subscapularis* und *M. pectoralis major*. An der Außenrotation sind drei Muskeln beteiligt: der *M. infraspinatus*, der *M. teres minor* und Fasern des *M. supraspinatus*. Sie ist im Vergleich zur Innenrotation jedoch schwächer. (Drenkhahn D., 2008)<sup>29</sup> (Held, 2008)<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Held, 2008; Seite 17

<sup>29</sup> Drenkhahn D., 2008; Seite 289

### 3 Spezieller Teil – die LBS im Fokus

#### 3.1 Der Aufhängeapparat der langen *Biceps*-Sehne – das Pulley System

In diesem Kapitel wird genau auf den Aufhängeapparat der LBS von glenoidal nach distal eingegangen. Die Lage des Aufhängeapparates ist im RI (siehe 2.2.4.1). Die Fasern der LBS entspringen laut Bauer „*umgekehrt Y-förmig vom Labrum glenoidale sowie vom Tuberculum supraglenoidale*“. Die stabilisierenden Fasern kommen vom *Tub. supraglenoidale*, während die formgebenden Fasern in das *Labrum* laufen. Dieser Bereich wird auch als SLAP-Komplex (superiores Labrum anterior –posterior) bezeichnet, aus dem die LBS hervorgeht. Es werden hier vier verschiedene Typen des Ursprungs unterschieden. Die Häufigkeiten sind aus Abb. 4: Ursprungsformen der LBS zu entnehmen (S. 11). (Bauer & Löbig, 2010)<sup>30</sup>

Typ 1	Rein posteriore Insertion, keine Y-Form (22%)
Typ 2	Überwiegend posteriore Sehnenanteile mit geringem anteriorem Anteil (33%)
Typ 3	Gleichmäßig verteilte anteriore und posteriore Sehnenanteile (=Y-Form) (37%)
Typ 4	Ausgeprägte anteriore Anteile und geringe posteriore Insertion (8%)

**Tab. 1: Ursprungsformen der LBS**

<sup>30</sup> Bauer & Löbig, 2010; Seite 6-12

Im weiteren Verlauf nennt man den Aufhängeapparat intrakapsulär nun “*Biceps Pulley*“. Dieser so genannte Anker der *Biceps*-Sehne befindet sich im Rotatorenintervall, welches von Neer als ein triangulärer Kapselanteil beschrieben wird, der sich genau zwischen dem *M. subscapularis* und dem *M. supraspinatus* befindet (siehe Abb. 7, S. 20). (Neer, 1983)<sup>31</sup> Es besteht dieses RI aus Teilen des SSP, dem *Fasz. obl.* und dem coracohumeralen sowie superioren glenohumeralen Ligament. (Bauer & Löbig, 2010)<sup>32</sup>

Das Pulley-System der LBS stellt sich als Schlingensystem aus ligamentären und muskulären Anteilen dar. Es sichert die intrakapsuläre Lage der LBS genauso wie ihren weiter distalen Verlauf in einem Synovialschlauch im *Sulcus intertubercularis*.

Die Sehne ist also am Ursprung glenoidal fixiert, intrakapsulär mittels des Schlingensystems des Pulleys in Position gehalten und letztendlich durch ligamentäre Strukturen humeral im *Sulcus intertubercularis* stabilisiert, wo sie in einem Synovialschlauch weiter Richtung distal verläuft.

Die intrakapsuläre Fixation besteht im Wesentlichen aus vier Hauptstrukturen, wobei jeweils zwei davon ein oberflächliches und ein tiefes Blatt bilden. (Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000)<sup>33</sup>

□ Oberflächliches Blatt:

- CHL (*Lig. coracohumerale*)
- SSP (Fasern verstärken das Dach der Schlinge)

□ Tiefes Blatt:

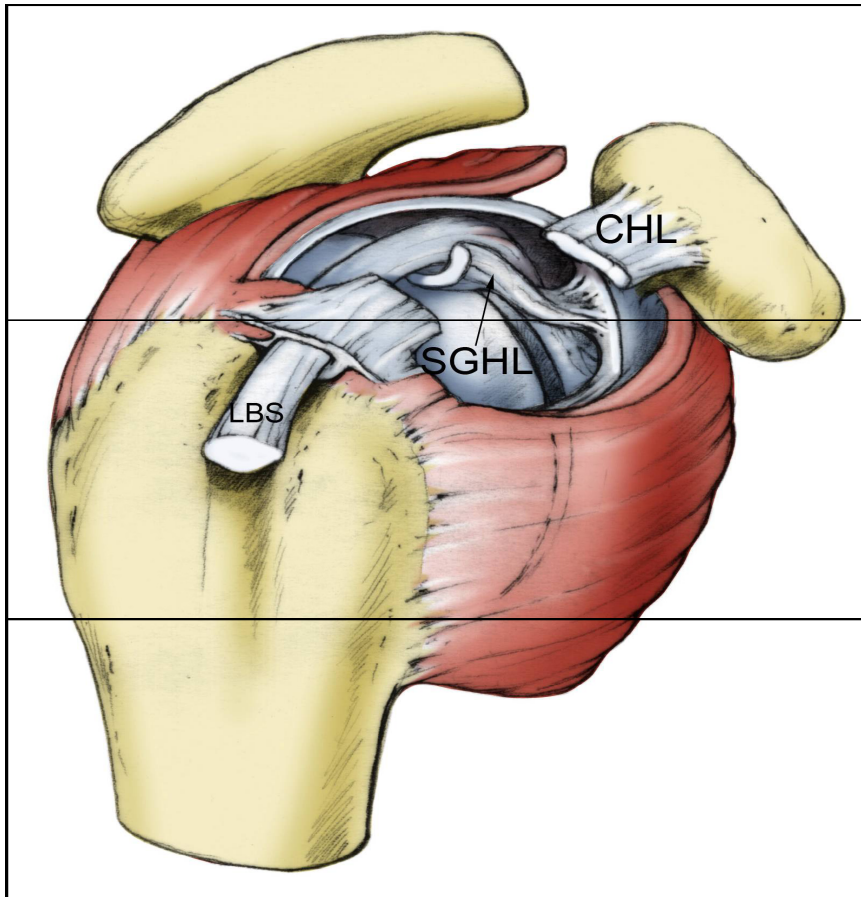
- SGHL (*Lig. glenohumerale superius*)
- SCP (Fasern verstärken den Boden der Schlinge)

---

<sup>31</sup> Neer, 1983; Seite 71-77

<sup>32</sup> Bauer & Löbig, 2010, Seite 6-12

<sup>33</sup> Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000; Seite 28-31



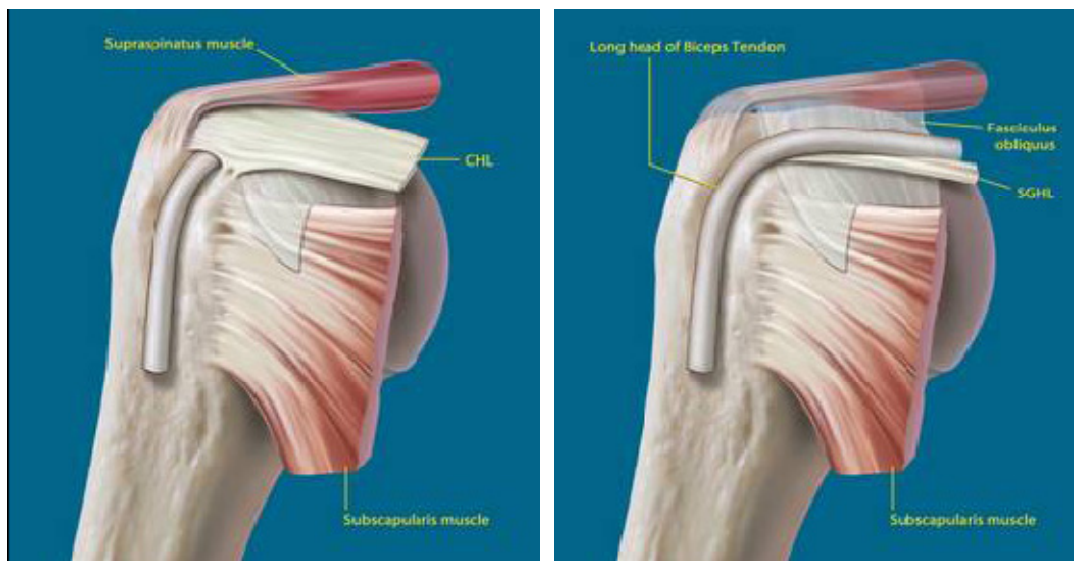
**Abb. 7: Anatomie des Rotatorenintervalls.**

CHL und SGHL bilden zusammen das Pulley-System, das die LBS wie eine Schlinge sichert. Die Kapsel mit CHL ist gefenstert worden. Das entstandene Fenster erlaubt die Betrachtung der LBS mit SGHL (ebenfalls angeschnitten).  
(Bild: Archiv Habermeyer)

### 3.1.1 Aufhängung glenoidal und Fixation humeral

Das CHL kommt direkt vom *Proc. coracoideus* als ein breites, aber dünnes Band. Richtung humeral teilt es sich in zwei Hauptanteile, wovon einer in den vorderen tendinösen Anteil des SSP und das *Tub. maj* inseriert und der andere in den oberen Teil des SCP und das *Tub. min.* (Harryman DT II, 1992)<sup>34</sup>

Das SGHL hat seinen Ursprung glenoidal am *antero-superioren Labrum*, dem *Tub. supraglenoidale* und zieht am Boden des RI entlang. Dabei wirft es auf seiner medialen Seite eine zur LBS parallel laufende Falte auf. Auf der lateralen Seite verändert es sich zu einer U-förmigen Schlinge, die unter der LBS verläuft, bevor sie schlussendlich an der proximalen Seite des *Tub. min.*, direkt über der Ansatzstelle der Sehne des SCP, ansetzt. Die Fasern des SCP verstärken dabei das SGHL und bilden gemeinsam den Boden des Pulley-Systems. Das Dach wird zusätzlich zum CHL durch den *Fasziculus obliquus* (oder auch *Lig. transversum humeri*) des SCP gefestigt. (Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000)<sup>35</sup>



**Abb. 8: Genaue Anatomie des Pulley-Systems**

Links: Isolierte Ansicht des oberflächlichen Stranges (CHL) des RI; Rechts: Isolierte Ansicht tiefer Strang (SGHL) des RI. Ansicht von ventral.  
(Bild: Archiv Habermeyer)

<sup>34</sup> Harryman, 1992; Seite 53-66

<sup>35</sup> Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000; Seite 28-31

### 3.2 Funktion des Pulley-Systems

Die Funktion des Pulley-Systems ist, die LBS in ihrem Verlauf zu sichern und zu stabilisieren. Besonders der Übergang von *Sulcus intertub.* zum intrakapsulären Verlauf stellt einen wichtigen Punkt dar, der enormen Kräften standhalten muss. Histologisch lässt sich dabei untermauern, dass die Orientierung der Fasern des SGHL so ausgerichtet sind, dass sie proximal des *Sulcus intertub.* Scherkräften nach vorne standhalten, wie sie z.B. bei Rotationsbewegungen vorkommen. (Habermeyer P. , 1989)

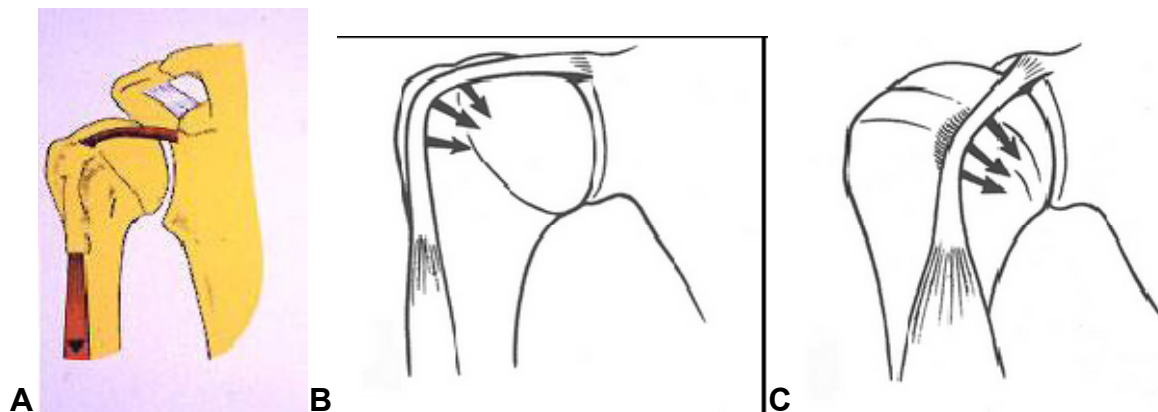


Abb. 9: Scherkräfte, die auf den *Biceps*-Pulley wirken

A: Bei Adduktion ist der Verlauf der LBS intraartikulär nahezu horizontal, im *Sulcus intertubercularis* aber senkrecht. Den Übergang muss das Pulley-System gewährleisten. B und C: Scherkräfte (Pfeile) in Normalstellung (B) und bei IRO (C). Ansicht von ventral. (Bild: Archiv Habermeyer)

### 3.3 Pathologien der *Biceps*-Sehne/des *Biceps*-Pulleys

Die Ätiologie von Läsionen der *Biceps*-Sehne ist entweder degenerativ, traumatisch oder eine Kombination aus beidem.

Die Überkopf-Wurfbewegung führt zu vermehrter Belastung der LBS, wodurch es sich oft nur schwer feststellen lässt, ob das traumatische Ereignis oder die lang davor stattgefundenene chronische Beanspruchung im Vordergrund für das Entstehen der Läsion verantwortlich ist.

Beim klinischen Bild der schmerzenden *Biceps*-Sehne handelt es sich im Wesentlichen um Läsionen der *Biceps*-Sehne selbst, des SLAP-Komplexes oder um

Pulley-Läsionen, die vor allem im Übergang zum *Sulcus intertubercularis* auftreten. (Habermeyer, P, Pritsch, Scheibel, & Lichtenberg, 2004)<sup>36</sup>

Bei degenerierten Sehnen kann es z.B. bei plötzlicher traumatischer Krafteinwirkung zu einem Abriss führen.

Ein Fall auf den ausgestreckten Arm in extremer Außen- oder Innenrotation, sowie einen Fall rückwärts auf die Hand bzw. den Ellbogen kann eine Pulley Läsion auslösen. Auch eine gewaltsame Unterbrechung während der Wurfbewegung ist ein typischer Unfallhergang für *Biceps*-Pulley Läsionen. (LeHuec, Schaefferbeke, Moinard, & al, 1996)<sup>37</sup>

Bei Sportarten, die typischerweise Wurfbewegungen über Kopf beinhalten (bereits oben kurz erwähnt), wie z.B. Speerwurf, Baseball, Cricket, Football oder Tennis, ist die chronische Beanspruchung des Pulley-Systems enorm.

Laut Gerber handelt es sich hier um einen Friktionsschaden des *M. subscapularis* und des *Biceps*-Pulleys, der bei Innenrotation und Flexion über der Horizontalebene entsteht, wenn die Strukturen zwischen *Tuberculum minus* des *Humerus* und Glenoidalrand eingeklemmt werden. (Gerber & Sebesta, 2000)<sup>38</sup> (Gerber, Schneeberger, Perren, & Nyffeler, 1999)<sup>39</sup>

Burkhart et al. hingegen postulieren, dass der hintere Anteil der Kapsel Kräfte während der Überkopf-Wurfbewegung erfährt, die vor allem vom *M. infraspinatus* aufgefangen werden. Dadurch, so Burkart, kommt es bei einer chronischen Belastung ständig zu einer exzentrischen Kontraktion, wodurch der Muskeltonus des *M. infraspinatus* in einer Verminderung der aktiven und einer Erhöhung der passiven Spannung resultiert. Das bringt nun mit sich, dass die hinteren Kapselanteile weniger elastisch werden, was wiederum Auswirkungen auf die Stabilität und die einwandfreie Bewegung hat.

Diese Theorie wurde von Grossman unterstützt, der durch eine Kontraktur der hinteren Kapselanteile an einem anatomischen Präparat herausfand, dass sich das Zentrum des Humeruskopfes in der Pfanne bei einer Abduktion und Außenrotation, wie es am Beginn der Wurfbewegung der Fall ist, nach posterosuperior verlagert.

---

<sup>36</sup> Habermeyer, P, Pritsch, Scheibel, & Lichtenberg, 2004; Seite 5-12

<sup>37</sup> LeHuec, Schaefferbeke, Moinard, & al, 1996, Seite 41-46

<sup>38</sup> Gerber, Sebesta, 2000; Seite 483-90

<sup>39</sup> Gerber, Schneeberger, Perren, & Nyffeler, 1999; Seite 1281-90

Die Relation zwischen SLAP-Läsion und einer Instabilität, welche durch diese Theorie vertreten wird, erhält Unterstützung von einigen Studien, die besagen, dass man in anatomischen Schulterpräparaten eine erhöhte Translation Richtung anterior nach zugefügter SLAP Läsion beobachten kann. Stellt man durch Reparatur dieser SLAP Läsion wieder korrekte Verhältnisse her, ist der Bewegungsumfang normalisiert.

Die „Circle concept theory“ von Burkart et al. beschreibt, dass durch eine Instabilität aufgrund eines Risses des Labrums auf einer Seite, die gegenüberliegende Seite eine erhöhte Laxität erfährt. Diese Theorie scheint derzeit die passendste zu sein, um die Pathologie in der *thrower's shoulder* zu beschreiben. (Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003)<sup>40</sup> (McMahon, Burkart, Musahl, & al., 2004)<sup>41</sup>

Le Huec und Dumontier hingegen berichten über das subcoracoidale Impingement als Auslöser einer Pulley Schädigung. (Held, 2008)<sup>42</sup> Die Autoren beschreiben den Mechanismus als anteriore Subluxation des Humeruskopfes, der gegen das coracoacromiale Ligament und das *Coracoid* drückt und so das Rotatorenintervall verletzt. (LeHuec, Schaefferbeke, Moinard, & al, 1996)<sup>43</sup> (Dumontier, Sautet, Gagey, & A, 1999)<sup>44</sup>

Habermeyer teilt die Pulley-Läsionen nach Schweregrad und Ausmaß der geschädigten Strukturen ein. Die Tabelle beschreibt, was in Abb. 10, S. 25 gezeigt wird.

Grad	Geschädigte Strukturen
I	SGHL
II	SGHL+SSP
III	SGHL+SCP
IV	SGHL+SCP+SSP

**Tab. 2: Einteilung der Pulley-Läsionen nach Habermeyer**

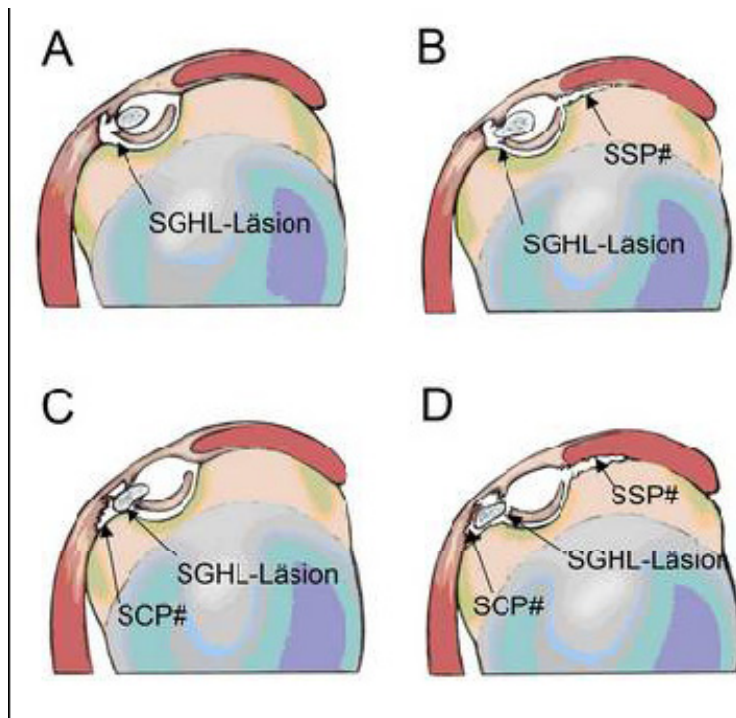
<sup>40</sup> Burkhart, Morgan, & Kibler, 2003; Seite 404-20

<sup>41</sup> McMahon, Burkart, Musahl, & al., 2004; Seite 39-44

<sup>42</sup> Held, 2008; Seite 36

<sup>43</sup> LeHuec, Schaefferbeke, Moinard, & al, 1996; Seite 41-46

<sup>44</sup> Dumontier, Sautet, Gagey, & A, 1999; Seite 130-5



**Abb. 10: Stadien der Pulley-Läsion nach Habermeyer.**

A: Grad I (isolierte SGHL-Läsion), die SGHL-Läsion führt zur Instabilität der LBS während IRO.

B: Grad II (Läsion von SGHL und Supraspinatussehne)

C: Grad III (Läsion von SGHL und Subscapularissehne), die LBS subluxiert nach medial und führt zu Einrissen der tiefen Sehnenanteilen.

D: Grad IV (Läsion von SGHL, SSP und SCP. (Bild: Habermeyer 2004)

### **3.3.1 Folgen einer *Biceps-Pulley* Schädigung:**

Durch eine *Biceps-Pulley* Schädigung wird das kontrollierte Gleiten der LBS entlang des *Humerus* verunmöglicht. Durch eine vermehrte seitliche Instabilität der LBS kommt es in diesem Bereich zu einer Abschilferung und einem fortschreitenden Ausreißen der Sehnenanteile des Pulleysystems. Dies geschieht sowohl nach anterior als auch nach posterior. Medial kommt es bei fortgeschrittenen Läsionen zum Einriss tiefer Anteile der Subscapularissehne, während lateral die Sehne des *M. supraspinatus* durch Scherbewegungen der lockeren LBS beschädigt wird. Im späten Stadium schert die Bizepssehne schlussendlich ungehalten über den Kopf des

*Humerus* und verursacht chondrale Läsionen (sog. Scheibenwischereffekt). (Habermeyer, P, Pritsch, Scheibel, & Lichtenberg, 2004)<sup>45</sup>

Weiters ist durch die Fehlposition der Bizepssehne der Humeruskopf nicht mehr im selben Ausmaß im Gelenk fixiert. Bei Innenrotation und horizontaler Adduktion schiebt er sich nun nach anterosuperior gegen das *Glenoid*. (Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000)<sup>46</sup> (LeHuec, Schaeffer, Moinard, & al, 1996)<sup>37</sup> Dadurch wird die Bizepssehne zusammen mit dem *M. subscapularis* eingeklemmt, und es kommt zur Entzündung dieser Anteile, was ein anterosuperiores Impingement (ASI) zur Folge hat.

---

<sup>45</sup> Habermeyer, P, Pritsch, Scheibel, & Lichtenberg, 2004; Seite 5-12

<sup>46</sup> Werner, Mueller, Boehm, & Gohlke, 2000; Seite 28-31

### 3.4 Diagnostik

Zum wichtigsten Mittel der Diagnostik zählt neben klinischen Tests und bildgebenden Verfahren in erster Linie die Anamnese. Sie gibt Auskunft darüber, ob die Schulter einer Überbeanspruchung oder einem Trauma bzw. repetitiven Mikrotraumata ausgesetzt war, welche Überkopf-Tätigkeiten ausgeübt wurden und bei welchen Bewegungen die Schmerzen wo und wie auftreten. So lässt sich der generalisierte Begriff des Schulterschmerzes schon deutlich eingrenzen und anschließend durch gezielte klinische Tests und die spezielle Bildgebung weiter spezifizieren.

#### 3.4.1 Klinische Untersuchungen

Nach einer ausführlichen Anamnese führt man eine Inspektion des gesamten Schultergürtels durch. Schon während des Entkleidens kann man auf Bewegungsstörungen achten. Ist der Oberkörper des Patienten frei, beobachtet man die Symmetrie der beiden Schultern. Ist z.B. die LBS traumatisch komplett rupturiert, darf der nach distal verlagerte Muskelbauch des *M. biceps* nicht übersehen werden. Auch eventuelle Muskelatrophien (z.B. *M. deltoideus*-Atrophie bei Schädigung des *N. axillaris*) oder einen Schulterhochstand kann man auf den ersten Blick erkennen. Weiters im Fokus der Inspektion sind die Haltung (Rundrücken, Skoliose, Stellung der *Scapula* – z.B. *Scapula alata*) und die Hautoberfläche, an der sich Hämatome oder Prellmarken zeigen können.

Im Anschluss an die Inspektion kommen wir zur Palpation. Palpiert werden das AC-Gelenk, das Sternoclaviculargelenk, das *Coracoid*, das *Tub. minus*, der *Sulcus bicipitalis*, das *Tub. maj.* und der Vorderrand des *Acromions*.

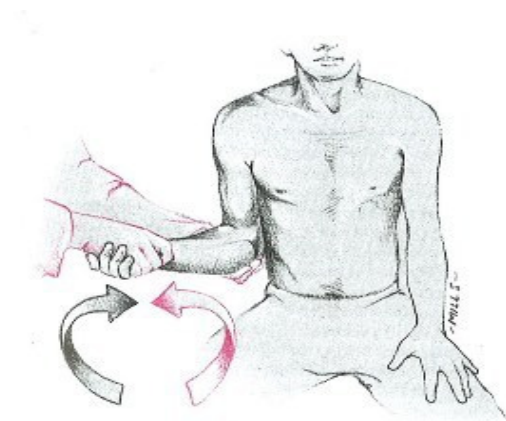
Bevor mit klinischen Tests begonnen wird, führt man eine Bewegungsanalyse durch. Diese gibt Auskunft über den aktiven bzw. passiven Bewegungsumfang und die Harmonie der Bewegungen, also die Mitbewegung des Schultergürtels und der *Scapula* bei umfangreichen Bewegungen. Im Zuge dessen kann auch eine Funktionsprüfung der einzelnen Muskeln durchgeführt werden. Die Muskelkraft wird dabei in fünf Kraftgrade, von Kontraktion ohne Bewegung bis normale Kraft, in der Fünfteileinteilung unterteilt.

Schlussendlich bleiben die klinischen Tests zur Untersuchung der Schulter: Es gibt hier eine Reihe von unterschiedlichen Tests, die man allerdings nicht alle an jedem

Patienten durchführen muss. Bei exakter Anamnese, Inspektion und Palpation kann man die relevanten klinischen Tests gezielt einsetzen, um das gesamte Untersuchungsverfahren nicht unnötig in die Länge zu ziehen. Deshalb will ich im Folgenden nur auf die für das Thema dieser Arbeit relevanten Tests näher eingehen.

Für die Untersuchung der LBS gibt es

1. den von *Yergason* beschriebenen gleichnamigen Test, bei dem der Patient bei rechtwinklig gebeugtem Ellbogengelenk gegen Widerstand supiniert. (Yergason, 1934)<sup>47</sup> Dieser Test löst Provokationsschmerzen im Bereich des *Sulcus bicipitalis* aus, welche durch Palpation verstärkt werden können.



**Abb. 11: Yergason-Test**

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.57)

---

<sup>47</sup> Yergason, 1934; Seite 160

2. Gilcreest beschreibt den so genannten *Speed Test*, bei dem der Patient den im Ellbogengelenk leicht gewinkelten Arm in voller Supinationsposition gegen Widerstand nach oben drückt. (Gilcreest, 1936)<sup>48</sup>



**Abb. 12: Speed Test**

(Bild: Deutsche Gesellschaft für Rheumatologie e.v.: <http://dgrh.de/paschulter.html>)

3. Der *Palm-up-Test* lässt den Patienten in 90°-Abduktions- und ca. 30° Horizontalflexionsstellung bei gestrecktem Unterarm und nach oben gerichteter Handfläche gegen die Hand des Untersuchers nach oben drücken. Charakteristische Schmerzen können sowohl auf eine *Biceps*-Sehnen Beteiligung, als auch auf eine SLAP-Läsion hindeuten. (Gilcreest, 1936)<sup>42</sup>

Brunner meint, dass „*Bicepssehnenankertests* auch zur *Anspannung des Bicepsankers im kranialen Labrum* führen, und daher zum *Nachweis einer SLAP-Läsion eher unspezifisch sind*“ (Brunner, 2002)<sup>49</sup>.



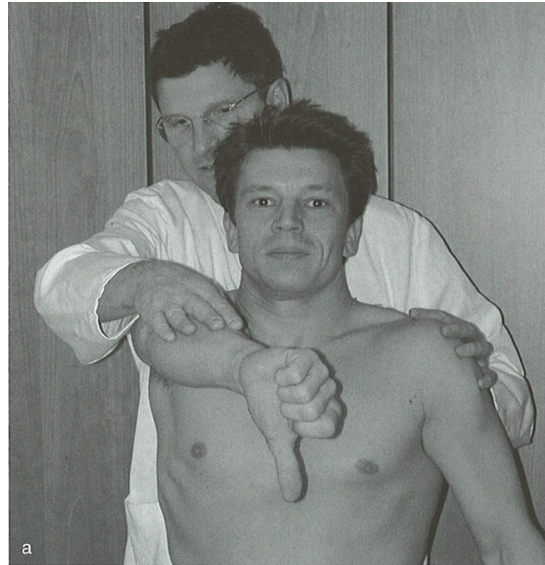
**Abb. 13: Palm-Up Test**

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.57)

<sup>48</sup> Gilcreest, 1936; Seite 118-138

<sup>49</sup> Brunner, 2002; Seite 57

4. Für SLAP-Läsionen gibt es einen spezifischen *Test nach O'Brian*. Dabei adduziert der stehende Patient in 90° Flexion seinen im Ellbogen gestreckten Arm ca. 10-15° über die sagittale Ebene und lässt den Daumen bodenwärts zeigen (Innenrotation). Bei durch den Untersucher ausgeübtem Druck des Armes nach unten werden die spezifischen Schmerzen ausgelöst. Der gleiche Vorgang wird in Außenrotationsstellung (Daumen zeigt nach oben) durchgeführt. Das Ergebnis ist dann positiv, wenn beim ersten Teil die spezifischen Schmerzen ausgelöst werden können, welche dann beim zweiten Teil geringer werden. (Brunner, 2002)<sup>43</sup>



**Abb. 14: O'Brian Test**

Abbildung a zeigt den Test in IRO  
Abbildung b zeigt den Test in ARO  
(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.58)

5. Ebinger et al. veröffentlichten im Jahr 2008 einen neuen Schulterfunktionstest, den *Supine Flexion Resistance Test* (SFR-Test), der neben dem O'Brian Test spezifisch für SLAP-Läsionen ist. Der Patient liegt auf einer Untersuchungsliege am Rücken und legt den gestreckten Arm in maximaler Elevationsposition neben dem Kopf ab. Nun versucht der Patient gegen den Widerstand des Untersuchers den Arm von der Liege abzuheben. Es wird also eine Wurfbewegung simuliert, bei der durch die Liegeposition eine völlige Entspannung der übrigen Muskulatur erreicht wird. Treten bei diesem Untersuchungsmanöver Schmerzen tief im Schultergelenk oder am dorsalen Aspekt der Schulter entlang der Gelenkslinie auf, wird der Test als positiv gewertet. Bei Durchführung auf der gesunden Seite sollten keine Schmerzen provozierbar sein. Es ist laut Untersuchungsergebnissen von Ebinger et al. durchaus möglich, dass Patienten mit lediglich einer Supraspinatus-Läsion positiv beim O'Brian Test oder Speed-Zeichen (s.o.) sind, der SFR-Test hingegen negativ ausfällt. Alleine angewandt ist der SFR-Test nicht ausreichend valide, um eine SLAP-Läsion zu diagnostizieren. Daher ist dieser Test als eine Ergänzung zu den bisherigen Tests zu sehen, weil er, wie bereits beschrieben, falsch positive Ergebnisse eliminieren kann. (Ebinger, Magosch, Habermeyer, & Lichtenberg, 2008)<sup>50</sup>



Abbildung A zeigt den Supine Flexion Resistance Test nach Ebinger et al. Der Patient liegt mit max. eleviertem Arm am Rücken.



Abbildung B zeigt die nun simulierte Wurfbewegung gegen Widerstand.

(Bild: Ebinger et al., A new SLAP test: the supine flexion resistance test, *J of Arthroscopy*, 2008, S. 18-21))

**Abb. 15: Supine Flexion Resistance Test**

<sup>50</sup> Ebinger et al., 2008; Seite 18-21

6. Der *Internal Rotation Resistance Strenght Test nach Zaslav* (IRRS-Test) ist spezifisch auf den Biceps-Anker ausgerichtet. (Scheibel & Habermeyer, 2003)<sup>51</sup> Der IRRS-Test beschreibt eine 90° Abduktionsposition mit zugleich rechtwinklig gebeugtem Unterarm in ca.80° Außenrotation. Der Patient rotiert zunächst kraftvoll gegen den Widerstand des Untersuchers nach außen und anschließend nach innen. Der Test gilt als positiv, wenn bei der Innenrotation eine deutliche Kraftminderung vorliegt. (Zaslav, 2001)<sup>52</sup>

Scheibel beschreibt in seiner Arbeit, dass Erfahrungswerte gezeigt haben, wonach „dieser Test häufig auch bei der isolierten Rotatorenintervallläsion mit Subluxation der langen Bizepssehne positiv ausfällt. Dies erscheint klinisch von großer Bedeutung, da Rotatorenintervallläsionen selbst mittels Kernspintomographie nicht immer eindeutig zu erfassen sind. Letztendlich stellen sie ein frühes Stadium der Rotatorenmanschettenruptur dar und sollten deshalb präventiv behandelt werden“ (Scheibel & Habermeyer, 2003)<sup>45</sup>



Die Abbildung zeigt den IRRS-Test nach Zaslav.

Der Patient rotiert gegen den Widerstand des Untersuchers nach außen.



Der Patient rotiert gegen den Widerstand des Untersuchers nach innen.

(Bild: Scheibel & Habermeyer, Weiterführende klinische Tests an der Schulter, *Journal of Shoulder & Elbow Surgery*; 2003, S. 23-27)

**Abb. 16: Internal Rotation Resistance Strenght Test**

<sup>51</sup> Scheibel & Habermeyer, 2003; Seite 18ff

<sup>52</sup> Zaslav, 2001; Seite 23-27

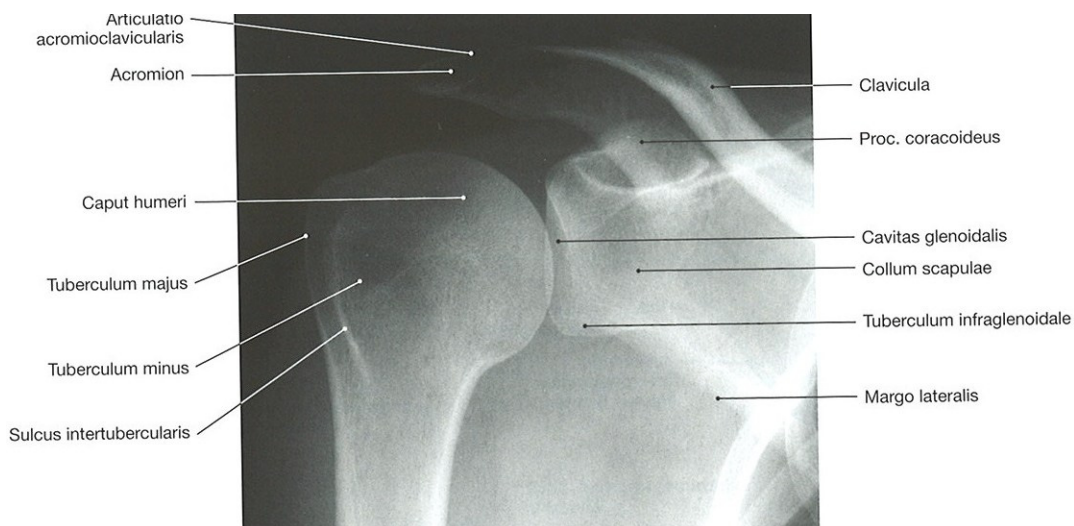
Insgesamt ist die klinische Untersuchung durch oben genannte Tests bereits in hohem Prozentsatz als Diagnose anzusehen, wobei die Unterscheidung, ob eine SLAP oder Pulley Läsion vorliegt, klinisch schwierig ist, da funktionell zusammengehörige Strukturen betroffen sind, selten auch beide Läsionen kombiniert vorliegen können.

## 3.4.2 Bildgebende Untersuchungen

### 3.4.2.1 Röntgen

Das Schulterröntgen sollte prinzipiell zumindest in zwei, eventuell in drei Ebenen aufgenommen werden. Die beiden Standardaufnahmen sind dabei die antero-posteriore und die seitliche Y-Aufnahme. Zur weiteren Beurteilung ist eine axiale Aufnahme sinnvoll.

Die Röntgenuntersuchung gibt Aufschluss über knöcherne Defekte sowie Luxationen oder verringerte Abstände zwischen Oberarmkopf und Schulterdach. Die weichteiligen Strukturen lassen sich bei diesem bildgebenden Verfahren nicht direkt, sondern nur indirekt und eingeschränkt beurteilen, was bedeutet, dass man Läsionen der LBS nicht identifizieren kann. (Golser, Smekal, & Resch, 2002)<sup>53</sup>



**Abb. 17: Schulter-Röntgen in a. p.-Aufnahme**

Die Abbildung zeigt ein konventionelles Schulterröntgen der rechten Schulter. (Bild: Sobotta, 2004 *Atlas der Anatomie des Menschen*; S.156)

<sup>53</sup> Golser, Smekal, Resch, 2002; Seite 72-88



**Abb. 18: Axiale Aufnahme**

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.74)



**Abb. 19: Y-Aufnahme**

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.76)

### **3.4.2.2 Computertomografie**

Man unterscheidet bei der CT-Untersuchung zwischen der nativen CT und der Doppelkontrastmittel-CT. Die Indikationen für eine native Computertomografie sind Pathologien, die eine gute räumliche Darstellung erfordern wie z.B. Mehrfragmentfrakturen des Oberarmes, Scapulahals- und Glenoidfrakturen, Verdacht auf knöcherne Heilungsstörungen oder traumatische bzw. habituelle Luxationen im Sternoclaviculargelenk, sowie eine optimale operative Planung eines Gelenkersatzes bei Omarthrosen u.a.m.

Die Doppelkontrast-CT-Untersuchung wird angewandt, um sowohl knöcherne Strukturen als auch den Kapsel-Labrum-Komplex genau beurteilen zu können. So wird sie z.B. bei posttraumatischen rezidivierenden oder habituellen Luxationen

heute nur mehr selten eingesetzt, da durch die MRT eine weichteilige Darstellung mehr an Gewicht erlangt hat.

Es können aber bei dieser Röntgenschnittbild-Untersuchungstechnik mehrere stabilitätsbestimmende Faktoren sehr gut festgestellt werden. Ein wichtiger Faktor ist der transversale glenohumerale Index (TGHI), der das Verhältnis zwischen dem maximalen Querdurchmesser der Gelenksfläche der Pfanne und dem maximalen Querdurchmesser der Gelenksfläche des Oberarmkopfes angibt. Weitere Faktoren sind die Pfannenneigung, die Pfannenkrümmung oder der Pectoralis-Pfannen-Winkel, die bei einem Arthro-CT genau bestimmt werden können.

Bei dieser Untersuchung wird 1 ml eines 65%igen ionischen Kontrastmittels mit 0,3 ml Adrenalin, das die zu schnelle Resorption verhindern soll, in das Gelenk injiziert. (Golser, Smekal, & Resch, 2002)<sup>54</sup>

### **3.4.2.3 Ultraschall**

Das einfachste, billigste und zugleich auch sehr aussagenreiche bildgebende Verfahren für die Schulter ist die sonografische Untersuchung. Der Vorteil dieser Untersuchungsmethode ist, dass man im Gegensatz zu allen anderen bildgebenden Verfahren eine dynamische Untersuchung einfach durchführen kann. Allein mit den sechs Standardschnitten der sonografischen Schulteruntersuchung (Konermann W., 2000) kann man schon eine weitreichende Aussage über wichtige Bereiche der Schultergelenke treffen. Die Untersucherabhängigkeit ist, wie bei anderen bildgebenden Verfahren, zu beachten.

Technisch wird empfohlen, einen Linear-Schallkopf mit einer Frequenz von mindestens 7,5 MHz oder mehr zu verwenden. Je höher die Frequenzwahl, desto genauer ist die Auflösung, zulasten der Eindringtiefe, die jedoch bei schlanken Patienten ca. 2-4 cm meist nicht übersteigt. Die Untersuchung beginnt nach den Richtlinien der DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) und der DGOOC (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie) mit der dorsalen Region, setzt sich über die lateral-superiore Region bis hin zur anterioren Region fort. In jeder Region wird sowohl ein transversaler, als auch ein longitudinaler Schnitt gemacht. (Gruber & Konermann, 2002)<sup>55</sup> Der gesamte

---

<sup>54</sup> Golser, Smekal, Resch, 2002; Seite 90-100

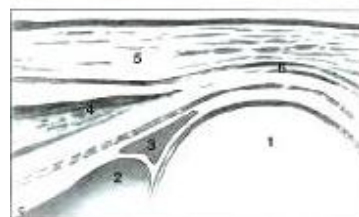
<sup>55</sup> Gruber, Konermann, 2002; Seite 128

Untersuchungsgang kann eine gute Abbildung insbesondere der Rotatorenmanschette und der LBS, speziell auch unter dynamischer Situation, erbringen und sollte als Standarduntersuchung der Schulterweichteile dienen.



**Abb. 20: Dorsale Region – Transversalschnitt**

Abb. 20: Position des Schallkopfes  
 Abb. 21, oben: Ultraschallbild; Abb. 21, unten: Schematische Darstellung (1=Humeruskopf, 2=Scapula, 3=Lab. glen. post., 4=M.infraspinatus, 5=M.delt., 6=Bursa subdeltoidea)

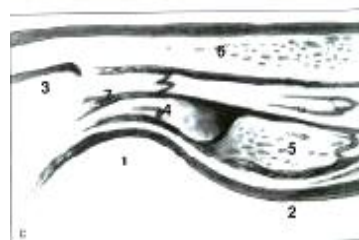


**Abb. 21: Transversalschnitt**

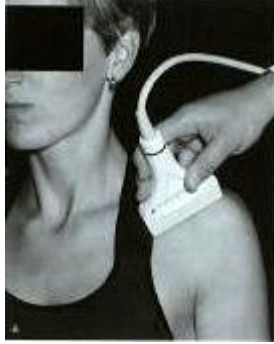


**Abb. 22: Dorsale Region – Longitudinalschnitt**

Abb. 22: Schallkopfposition  
 Abb. 23 oben: Ultraschallbild; Abb. 23 unten: Schematische Darstellung (1=Humeruskopf, 2=Humerusschaft, 3=Acromion, 4=M.infraspinatus, 5=M. teres min., 6=M.deltoideus, 7=Bursa subdeltoidea)

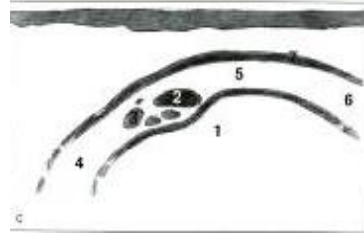
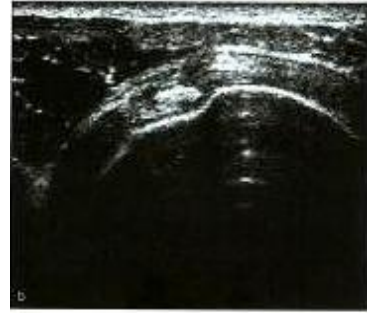


**Abb. 23: Longitudinalschnitt**



**Abb. 24: Lateral-superiore Region – Transversalschnitt**

Abb. 24: Schallkopfposition  
 Abb. 25, oben: Ultraschallbild; Abb. 25, unten: Schematische Darstellung (1=*Humerus*, 2=*LBS*, 3=*Lig. glenohumerale med.*, 4=*Subscapularissehne*, 5=*Supraspinatussehne*, 6=*Infraspinatussehne*, 7=*Bursa coracobrachialis*)

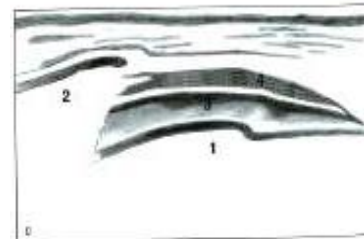


**Abb. 25: Transversalschnitt**



**Abb. 26: Lateral-superiore Region – Longitudinalschnitt**

Abb. 26: Schallkopfposition  
 Abb. 27, oben: Ultraschallbild; Abb. 27, unten: Schematische Darstellung (1=*Humerus*, 2=*Acromion*, 3=*Supraspinatussehne*, 4=*M. deltoideus*)

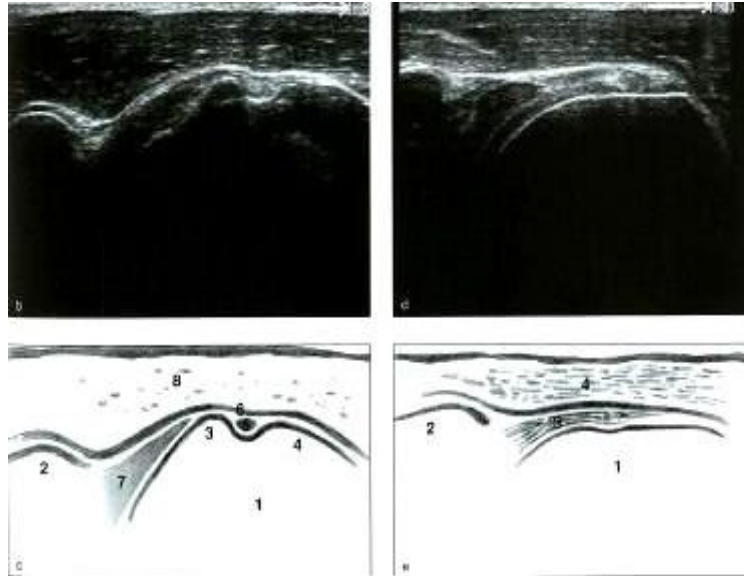


**Abb. 27: Longitudinalschnitt**



**Abb. 28: Ventrale Region - Transversalschnitt**

Abb. 28: Schallkopfposition



**Abb. 29: Transversalschnitt**

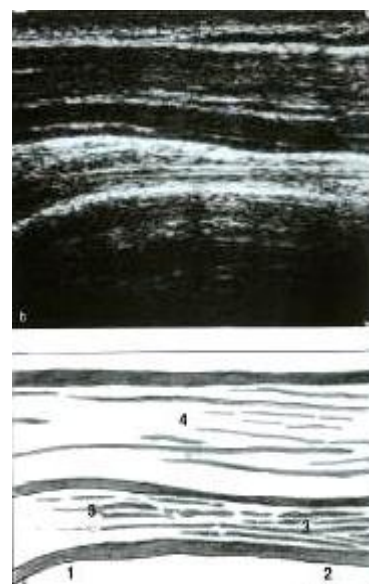
Abb. 29, links oben: Ultraschallbild in Neutralstellung;  
 Abb. 29, links unten: Schematische Darstellung (1=Humerus, 2=Proc. coracoideus, 3=Tub. minus, 4=Tub. majus, 5=LBS, 6=Lig transversum, 7=M.subscapularis, 8=M.deltoideus)  
 Abb. 29, rechts oben: Ultraschallbild in Außenrotation;  
 Abb. 29, rechts unten: Schematische Darstellung (1=Humerus, 2=Proc. coracoideus, 3=M.subscapularis, 4=M.deltoideus)



**Abb. 30: Ventrale Region – Longitudinalschnitt**

Abb. 30: Schallkopfposition

Abb. 31 oben: Ultraschallbild; Abb. 31 unten: Schematische Darstellung (1=Humeruskopf, 2=Humerusschaft, 3=LBS, 4=M.deltoideus)



**Abb. 31: Longitudinalschnitt**

### 3.4.2.4 MRT

Die MRT-Untersuchung des Gelenkes ist für eine Beurteilung der inneren Schulter-Weichteilstrukturen der Goldstandard. Es wird hier, wie beim CT, zwischen einer nativen und einer Kontrastmittel-MRT unterschieden. Die Kontrastmittel-MRT bzw. Arthro-MRT weist die höchste Sensitivität und Spezifität für partielle RM-Rupturen und Einrisse des *Labrums* bzw. des Pulley Systems auf.

Diese Untersuchung wird unter intraartikulärer Injektion von KM durchgeführt. Obwohl NaCl als Kontrastmittel verwendet wird, ist die Gabe von Gadolinium (Gd.-DTPA) signifikant aussagekräftiger. Studien belegen, dass im Gegensatz zu anderen auf Gd. basierenden KM bei Gd.-DTPA keine Nephrotoxizität besteht. (Zanetti & Hodler, 1997)<sup>56</sup>

Kontraindikationen für die MR sind Herzschrittmacher, Insulinpumpen, Neurostimulatoren und sämtliche wanderungsgefährdete Metallfragmente im Körper.

Anhand der Bilder dieser Untersuchung kann man die intraartikulären Strukturen, wie z.B. die LBS im Vergleich mit allen anderen bildgebenden Verfahren am besten abgrenzen und beurteilen. Durch die Signalintensitätssteigerung, welche durch Kontrastmitteleintritt hervorgerufen wird, kann man auch mittel- bis höhergradige Läsionen im *Labrum* entsprechend SLAP-Läsionen mit relativ guter Sensitivität identifizieren. So lassen sich optimale Aussagen über die vollständige Intaktheit des *Labrums*, der Rotatorenmanschette sowie des Rotatorenintervalles treffen. (Schmid & Hodler, 2002)<sup>57</sup>

Bei Rupturen der LBS fand man die höchste Spezifität und Sensitivität in der gewinkelt sagittalen Aufnahme vor. (Zanetti, Weishaupt, Gerber, & Hodler, 1998)<sup>58</sup> und (Curtis AS, 1993)<sup>59</sup>

Ein großer Vorteil ist weiterhin die Darstellung des Verfettungsgrades von Muskeln der Rotatorenmanschette, was hohe prognostische Aussagekraft im Rahmen der präoperativen Planung hat.

Allerdings muss man vor allem bei der MRT, die gezielt weichteilige Strukturen darstellen soll, die Möglichkeit eines falsch positiven Befundes bedenken. Aus

---

<sup>56</sup> Zanetti, Hodler; 1997, Seite 498-502

<sup>57</sup> Schmid, Hodler, 2002; Seite 104-116

<sup>58</sup> Zanetti, 1998; Seite 1557-61

<sup>59</sup> Curtis AS, 1993; Seite 33-43

eigener Erfahrung kann ich behaupten, dass bei Überkopf-Sportlern ein MR-Befund des SLAP-Komplexes irreführend sein kann. Bei derartiger Überkopf-Belastung erweitert sich das *Labrum* physiologisch und wirkt dadurch locker und abgehoben vom *Glenoid*, was zur Folge hat, dass sich KM zwischen *Labrum* und *Glenoid* einlagert und dadurch eine SLAP-Läsion vortäuscht.

Studien belegen, dass die Arthro-MRT gegenüber der nativen MRT signifikant überlegen ist. Allerdings weist laut Schröder et al. bei einer Studie mit 80 Patienten, bei denen die Diagnose operativ arthroskopisch bestätigt wurde, die Arthro-MRT nur eine Spezifität von 75 % (gegenüber Spezifität native MRT 64%) auf.

(Schröder, et al., 2003)<sup>60</sup>

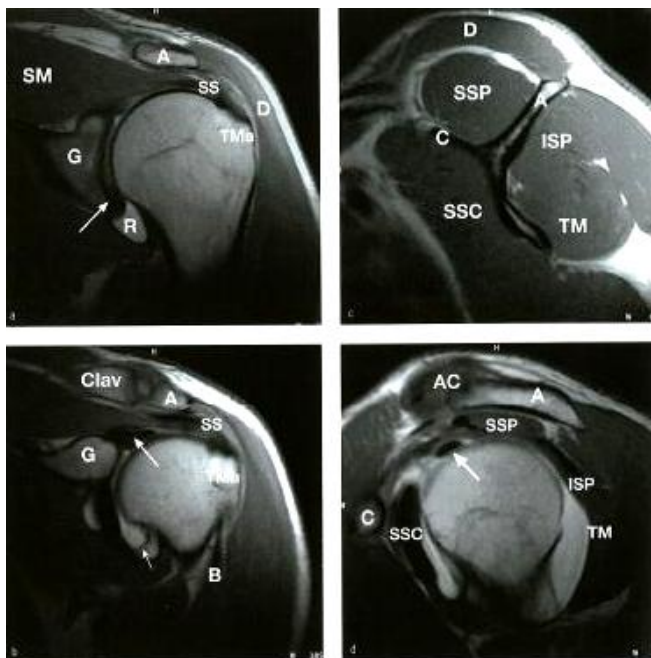


Abb. a: schräg-koronales protonengewichtetes Bild einer MR-Arthrografie auf mittlerer Höhe des Glenoids. (Pfeil: inferiores Labrum)

Abb. b: am vorderen Rand des Glenoids. (großer Pfeil: Bicepsanker; kleiner Pfeil: vorderer Strang des *Lig. glenohumerale inf.*)

Abb. c: schräg sagittales T1-gewichtetes Bild auf Höhe der Muskelbäuche der RM

Abb. d: auf Höhe der Coracoidspitze (Pfeil: intraartikulärer Teil der LBS)

**Abb. 32: MR-Anatomie des Schultergelenks**

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.106)

<sup>60</sup>Schröder, et al., 2003; Seite 920-8

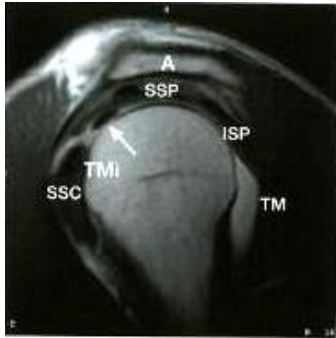


Abb. e: schräg sagittales T1-gewichtetes Bild auf Höhe des RI (Pfeil: intraartikulärer Teil der LBS)

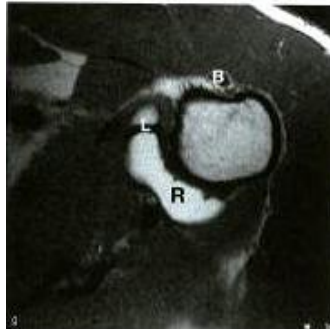
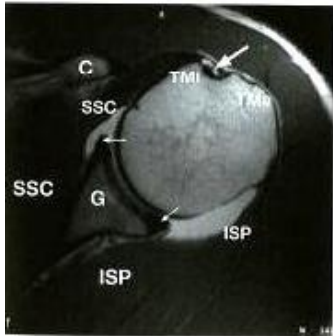


Abb. f: axiales T1-gewichtetes Bild auf Höhe des *Coracoids* (Pfeil: LBS im *Sulcus intertub.*; kleine Pfeile: vorderes und hinteres *Labrum glenoidale*)

Abb. g: axiales T1-gewichtetes Bild auf Höhe des *Rec. axillaris*

**Abb. 33: MR-Anatomie des Schultergelenks**

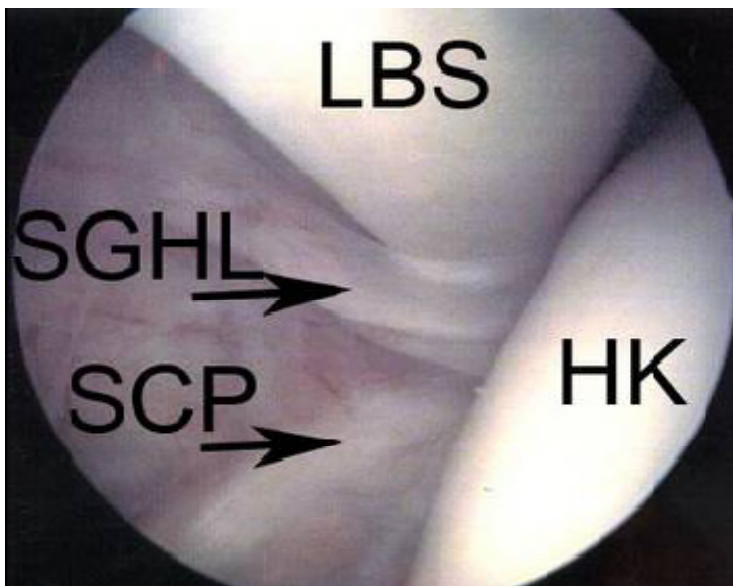
(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.107)

Beschreibung der Abkürzungen:

A=Acromion, AC=AC-Gelenk, B=LBS (extraartikulärer Teil), C=Coracoid, Clav=Clavicula, D=M.deltoideus, G=Glenoid, ISP=M. *infraspinatus*, L=vorderer Strand des *Lig. glenohumerale inf.*, R=Rec. *axillaris*, SM=Supraspinatusmuskel, SS= Supraspinatussehne, SSC=M. *subscapularis*, SSP= M. *supraspinatus*, TM=M. *teres min.*, TMa= *Tub. majus*, TMI=Tub. *minus*

### 3.4.2.5 Diagnostische Arthroskopie

Natürlich stellt die Arthroskopie die eindeutig beste Untersuchungsmethode intraartikulär wie subacromial dar. Mit dieser invasiven Methode lassen sich bei entsprechenden Kenntnissen der Pathologien unter Bewegungen des Armes auch kleine Teilläsionen des Sehnenapparates erkennen und in selbiger Sitzung therapeutisch angehen, was diese Methode prädestiniert bei konservativ therapieresistenten Beschwerden vorrangig eingesetzt zu werden.



**Abb. 34: Diagnostische Arthroskopie**

Arthroscopische Anatomie des SGHL. LBS: Lange Bizepssehne. SGHL: *Lig. glenohumerale superius*. SCP: *Subscapularis*. HK: Humeruskopf.

(Bild: Held, 2008, *ASI der Schulter als Folge von Pulley-Läsionen: Verletzungsmuster und arthroscopische Therapie*; S.40)

### **3.5 Behandlungsmethoden**

Entscheidend für eine optimale Behandlung ist das Ausschöpfen aller Therapiemöglichkeiten. D.h., dass man mit konservativer Therapie beginnt und erst als „ultima ratio“ die Entscheidung zur Operation in Erwägung zieht.

Bevor im weiteren Verlauf der Arbeit auf die operativen Behandlungsmöglichkeiten eingegangen wird, erläutere ich kurz zusammenfassend die konservativen Behandlungsmethoden.

#### **3.5.1 Konservative Behandlungsmethoden**

Es gibt eine breite Auswahl an konservativen Behandlungsmethoden für Patienten mit Schulterschmerzen. Die Wahl der konservativen Therapie ist daher häufig bedingt durch die Sichtweise des behandelnden Arztes und weniger durch genaue Richtlinien.

Primär geht es darum, die genaue Ursache des Schmerzes zu finden, um „Scheinthérapien“ zu vermeiden. Ein funktionierendes System, wie es der menschliche Bewegungsapparat ist, kann durch unphysiologische Umstände zu Beschwerden führen. Gründe hierfür können falsche Belastung, Überbelastung, muskuläre Dysbalance, Muskelverspannungen sowie Muskelverkürzungen, Traumata, Nervenkompressionssymptome u.v.m. sein. Folgen sind Entzündungen, Sehnenrupturen oder degenerative Veränderungen.

Als ein banales Beispiel für eine solche Ursache des Schmerzes wäre etwa Stress, welcher über Muskelverspannungen im HWS-Bereich die Beweglichkeit des Schulterblattes beeinträchtigt, was wiederum zu einer Bewegungseinschränkung des Schultergelenkes selbst führt und dadurch Schmerzen hervorruft. In diesem Fall ist langfristige Stressreduktion und Massage die Wahl der Therapie. Den gleichen Mechanismus findet man häufig auch bei Patienten, die beruflich im Büro tätig sind. Durch das ständige Sitzen und die u.U. ungesunde Kopfhaltung verkürzt sich die Halsmuskulatur auf einer Seite, was schließlich dieselben Folgen mit sich bringt wie ungesunder Stress.

Handelt es sich um sehr aktive Patienten, bei denen man in Bezug auf die Krankheitsentstehung an Überlastungssymptome denken muss, liegt die primäre Therapie in der Schonung der schmerzhaften Schulter. Kurzfristige Therapieerfolge erzielt man durch intraartikuläre Injektion von Corticosteroid. Allerdings muss man

den Patienten verdeutlichen, dass der Effekt dieser Injektion nur vorübergehend schmerzlindernd wirkt. Es werden daher zusätzlich orale anti-inflammatorische Medikamente verabreicht. Bei anhaltenden Beschwerden verordnet man gezielte passive und aktive Physiotherapie sowie Dehnungs- bzw. Kräftigungsübungen. Ziel ist dabei die Wiederherstellung des muskulären Gleichgewichts. (Churgay, 2009)<sup>61</sup>

Ginn und Cohen sprechen von einer „*generellen Verbesserung durch Physiotherapie*“. Sie haben in einer Studie mit Langzeit-Nachuntersuchungen gezeigt, dass bei unterschiedlichsten Schmerzbildern die Patientengruppe mit Physiotherapie bessere Ergebnisse vorwies, als die Patientengruppe ohne Physiotherapie. (Ginn & Cohen, 2004)<sup>62</sup>

Green zeigt in einer Studie, dass Physiotherapie mit zusätzlicher Mobilisation einen Vorteil bringt, er kann allerdings keinen positiven Effekt beim alleinigen Einsetzen von Ultraschall-Therapie nachweisen. (Green, Buchbinder, & Hetrick, 2010)<sup>63</sup>

Betrachtet man isoliert eine entzündliche oder degenerative Veränderung der *Biceps*-Sehne, sind die konservativen Behandlungsmethoden eingeschränkt. Man versucht zuerst auf jeden Fall einen konservativen Therapieversuch mit Schonung und entzündungshemmender Therapie, sollte sich aber bewusst sein, dass bei anhaltenden Schmerzen eine operative Versorgung unumgänglich ist. Chronische Entzündungszustände bergen nämlich die Gefahr der Ruptur der LBS, was zwar in manchen Fällen den Schmerz lindern kann, aber in jedem Fall von chronisch degenerativen Prozessen begleitet ist.

---

<sup>61</sup> Churgay, 2009; Seite 470-6

<sup>62</sup> Ginn&Cohen, 2004; Seite 1231-5

<sup>63</sup> Green, Buchbinder, & Hetrick, 2010

### 3.5.2 Operative Behandlungsmethoden

Bei den im Folgenden unter Tenotomie (siehe 3.5.2.1) und Tenodese (siehe 3.5.2.2) beschriebenen Methoden handelt es sich um arthroskopische Methoden. Diese beiden Punkte werden aus inhaltlichen Gründen vorgezogen. Erst im Kapitel „Operationstechniken“ wird die technische Vorgehensweise operativer Eingriffe genauer beschrieben, während die Kapitel 5 ff ausschließlich diese zwei Methoden (Tenotomie und Tenodese) besprechen und ein Ergebnis sowie eine Diskussion bzgl. der Langzeitwirkung liefern sollen.

#### 3.5.2.1 Tenotomie

Die Tenotomie (gr. *teno*: Sehne; gr. *tomo*: Schnitt) ist die technische einfachere Methode, weil sie lediglich ein Abschneiden der Sehne beinhaltet. Der proximale Sehnenstumpf wird mittels Shaver reseziert und debridiert. Der distale Sehnenstumpf gleitet durch die Eigenspannung des Muskels nach distal und kommt im Bereich des *Sulcus bicipitalis* zu liegen. Der Knochen wird an dieser Stelle aufgeraut, wodurch die Heilung und das Einwachsen der Sehne verbessert werden. Dadurch vermeidet man Entzündungen und Irritationen der Sehne im Gelenk. Der Nachteil gegenüber der Tenodese ist jedoch, dass es unter starker Belastung und bei unzureichender Verwachsung des Sehnenstumpfes im *Sulcus bicipitalis* durch das Zurückgleiten der Sehne zu schmerzhaften Kontraktionen kommen kann. Studien belegen, dass neben den beschriebenen Beschwerden auch kosmetische Unterschiede zu finden sind. So haben Patienten nach einer Tenotomie signifikant häufiger das *popeye sign* (das nach distal Gleiten des Muskelbauches *M. biceps*) als Patienten nach der Tenodese. (Osahr, Diamond, & Speer, 2002)<sup>64</sup> Aufgrund der häufigen Assoziation mit subacromialen Beschwerden wird patientenabhängig bei beiden Methoden eine subacromiale Dekompression/ Debridement gemacht, um Pathologien in diesem Bereich vorzubeugen. (Lichtenberg & Habermeyer, 2002)<sup>65</sup> (Klonz & Reilmann, 2000)<sup>66</sup> (Boileau & Chuinard, 2007)<sup>67</sup>

---

<sup>64</sup> Osahr; Diamond, Speer; 2002; Seite 483-7

<sup>65</sup> Lichtenberg&Habermeyer; 2002; Seite 262

<sup>66</sup> Klonz&Reilmann; 2000; Seite 209-215

<sup>67</sup> Boileau & Chuinard, 2007; Seite 35-44

Walch et al. bemerken, dass eine Tenotomie in Kombination mit einer Acromioplastik die Ergebnisse im relativen Constant-Score von 62 auf 83% verbesserte. (Lichtenberg & Habermeyer, 2002)<sup>68</sup>

### **3.5.2.2 Tenodese**

Die Tenodese (gr. *teno*: Sehne; gr. *desis*: Bindung, Fesselung) der LBS ist, wie bereits erwähnt, eine arthroskopische Methode. Es wird im ersten Schritt die LBS mit einer Nadel perforiert, um einen Faden durchzustößen. Der zweite Schritt ist die Tenotomie, also das Abschneiden der Sehne im Bereich der Läsion bzw. nahe an ihrem Ursprung intrakapsulär. Der verbleibende proximale Sehnenstumpf wird wie bei der Tenotomie mittels Shaver reseziert und debridiert. Im dritten Operationsschritt wird die mit dem Faden zuvor angeschlungene Sehne refixiert. Diese Fixation kann sowohl knöchern als auch weichteilig erfolgen (s.u.). (Abrams, 2007)<sup>69</sup>

---

<sup>68</sup> Lichtenberg&Habermeyer; 2002; Seite 233

<sup>69</sup> Abrams, 2007; Seite 10-15

### Knöcherne Fixation:

Das Prinzip der knöchernen Fixation besteht im Befestigen der Sehne am *Humerus*. Eine entscheidende Besonderheit bei der knöchernen Fixation im Ablauf ist, dass man, bevor wie bei der Tenodese im ersten Schritt die Sehne durchgestochen wird, die Schraube bzw. das Bohrloch im Bereich proximal des *Sulcus intertubercularis* in den Humeruskopf setzt. Erst danach laufen die Operationsschritte wie oben beschrieben ab. D.h., dass die LBS daraufhin umschlungen und auf bzw. im Knochen befestigt wird. (Abrams, 2007)<sup>70</sup>

Man unterscheidet zwischen einer epi- und einer intraossären Methode. Bei der epiossären Methode befestigt man die Sehne auf den *Humerus*, während man bei der intraossären Methode die Sehne in einem Bohrloch versenkt. Für erstgenannte Methode nutzt man verschiedene Ankersysteme wie Schraubenanker, also Schrauben-Fadenkombinationen, oder knotenlose Anker, bei denen der Faden im Bohrloch festgehalten wird. Die Position dieser Anker ist unmittelbar proximal des *Sulcus bicipitalis*. Die zweite, die intraossäre Fixationstechnik, entwickelten Boileau et al. nach Vorbild aus der Kreuzbandchirurgie. Die bereits tenotomierte LBS wird in einem Bohrloch mittels Interferenzschraube fixiert. (Boileau, Krishnan, Coste, & Walch, 2002)<sup>71</sup>

Kusma et al. belegen in ihrer Studie über fünf verschiedene Tenodesemethoden, dass die Interferenzschraubenfixierung die besten biomechanischen Ergebnisse liefert. Nicht nur der Wert der Maximalkraft war in ihrer Studie signifikant höher, sondern auch die Dislokationsrate signifikant niedriger als bei den anderen Methoden wie der transossären Nahttechnik nach Post. (Kusma, Dienst, Eckert, Lorbach, & Kohn, 2007)<sup>72</sup>. Dieses Ergebnis konnte von Richards und Burkhart bestätigt werden. (Richards & Burkhart, 2005)<sup>73</sup> Kilicoglu hingegen zeigt nach Untersuchungen am Schafmodell, dass „neun Wochen postoperativ kein signifikanter Unterschied zwischen intra- und epiossärer Fixierung besteht“ (Kilicoglu, et al., 2005)<sup>74</sup>.

---

<sup>70</sup> Abrams, 2007; Seite 10-15

<sup>71</sup> Boileau et al. 2001; Seite 153-165

<sup>72</sup> Kusma et al, 2007; Seite 124-9

<sup>73</sup> Richards&Burkhart, 2005; Seite 861-6

<sup>74</sup> Kilicoglu et al., 2005; Seite 1536-44

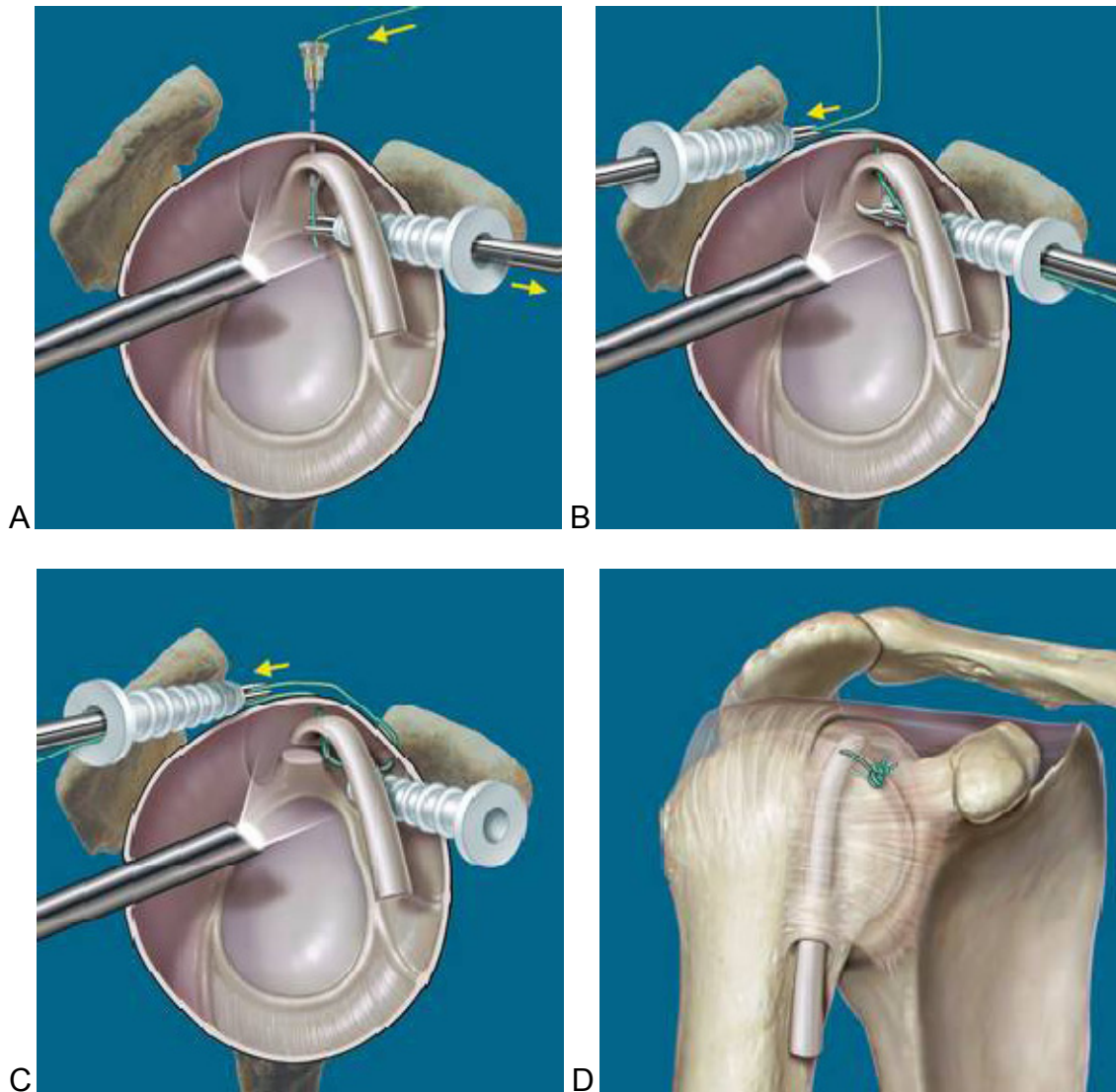
### Weichteilfixation:

Die Vorgehensweise bei dieser Methode ist – mit Ausnahme des letzten Teils der Fixation – bereits bei der Tenodese beschrieben worden. Es werden keine Schraubanker oder Interferenzschrauben benötigt, weil die Fixation direkt auf die Rotatorenmanschette erfolgt, indem man diese von intraartikulär nach kranial durchsticht. Der Knoten kommt daher kranial der Rotatorenmanschette, also im Subacromialraum, zu liegen. Diese Lage des Knotens sowie die Tatsache, dass die Sehne bei Belastung an der Kapsel und der Rotatorenmanschette zieht, führen oftmals zu Komplikationen. Scheibel et al. zeigen in einer Studie, dass bei indizierter Tenodese die knöcherne Fixation ein besseres Outcome zeigt als die weichteilige. (Scheibel, Schröder, Chen, & Bartsch, 2011)<sup>75</sup> (Lichtenberg & Habermeyer, Operative Arthroskopie des Glenohumeralgelenks, 2002)<sup>76</sup>

---

<sup>75</sup> Scheibel et al.; 01/2011; online publiziert vor Druckversion

<sup>76</sup> Lichtenberg & Habermeyer; 2002; Seite 262



**Abb. 35: Schritte der Weichteiltenodese**

A: Die LBS wird durch das posteriore Portal visualisiert. Eine Hohnadel wird mit einem 1er-PDS-Faden armiert und perkutan vor dem AC-Gelenk eingeführt, bis es die LBS perforiert. Der Faden wird im Anschluss vom anterioren Portal her gefasst und aus dem Gelenk gezogen. B: Schließlich wird die Sehne mit einem Punch von ihrer Insertion getrennt. C: Der Faden wird nun gefasst und aus dem lateralen Portal herausgezogen, sowohl das perkutane, als auch das in der Hohnadel befindliche Ende. D: Die LBS ist jetzt am RI fixiert. (Bild: Archiv Habermeyer)

## 4 Operationstechniken

Es wird zwischen der offenen und der arthroskopischen Methode (Letztere im Volksmund als "Knopfloch-Methode" bezeichnet) unterschieden. Die arthroskopische Methode entwickelte sich erst im Laufe der letzten Jahrzehnte. Das Gebiet der Arthroskopie erweist sich als sehr vielfältig und -schichtig und erfährt daher nach wie vor ständig neue Entwicklungen hinsichtlich Operationsmethoden, -techniken und Produkten von orthopädischen Herstellern.

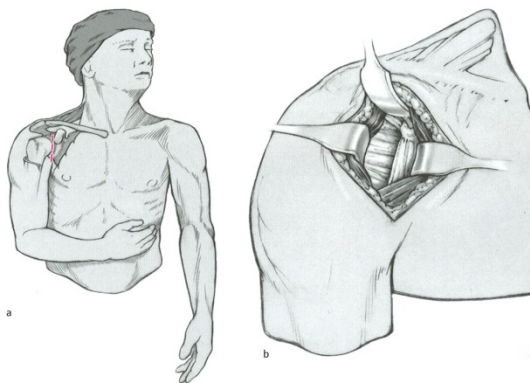
Der Operationsbereich der Arthroskopie ist intraartikulär und subacromial, d.h. alle Pathologien rund um die Rotatorenmanschette, die Kapsel, die LBS und den Labrumkomplex, einfache Luxationen mit Hill-Sachs-Läsionen u.v.m. sind mittlerweile arthroskopische Indikationsstellungen. Da es sich in dieser Arbeit um Pathologien der LBS handelt, vergleiche ich arthroskopische Operationen miteinander (Kapitel 5 ff).

Die offene Chirurgie zielt auf alle extrakapsulären Strukturdefekte ab. Indikationsstellungen für die offene Methode sind daher Humerusfrakturen, spezielle Formen der Instabilität (kann z.T. auch arthroskopisch operiert werden) und vor allem die Endoprothetik.

## 4.1 Die offen chirurgische Methode

Die offene Operationsmethode wird hier nur der Vollständigkeit halber gebracht, hat aber für das Thema der Arbeit keinerlei Relevanz. Diese Methode hat zum Vorteil, dass sie – im Unterschied zur arthroskopischen – eine bessere Ansicht von außen zulässt. Man hat das Operationsgebiet nach Durchdringung der darüber gelegenen Schichten direkt vor sich. Der Hautschnitt wird so kurz wie möglich gehalten, um eine schnellere Wundheilung und ein optimales kosmetisches Ergebnis zu erhalten.

Die Position des Hautschnittes hängt von der Operationsindikation ab und kann erheblich variieren. Am häufigsten sind der ventrale oder der deltoideopectorale Zugang. Die etwa 6 cm lange Hautinzision beim ventralen Zugang (siehe Abb. 36, S. 51) beginnt unterhalb der Spitze des *Coracoids* und verläuft entlang der Hautspaltlinien bis zur vorderen Achselfalte. Der deltoideopectorale Zugang (siehe Abb. 37, S. 52) ist je nach Größe des Patienten ca. 12 cm lang, beginnt kranial in der Mohrenheim'schen Grube an der Unterseite der lateralen *Clavicula* und verläuft im *Sulcus deltoideopectoralis* über das *Coracoid* zum Ansatz des *M. deltoideus* am *Humerus*. Es gibt auch einen posterioren Zugang, der bei seltener und spezieller Indikationsstellung angewendet wird. Für isolierte *Biceps*-Sehnenrupturen verwendet man entweder den ventralen Zugang oder heutzutage vielmehr die Arthroskopie. Die Vorteile der offenen Chirurgie gegenüber der arthroskopischen sind, dass man extrakapsuläre Strukturen sichtbar darstellen kann und über ein größeres Operationsgebiet verfügt. (Habermeyer & Magosch, 2002)<sup>77</sup>

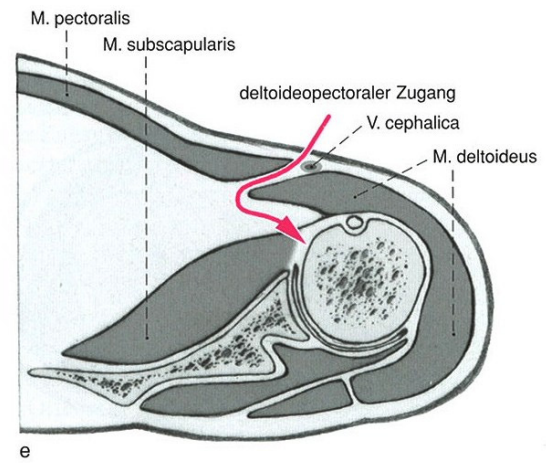
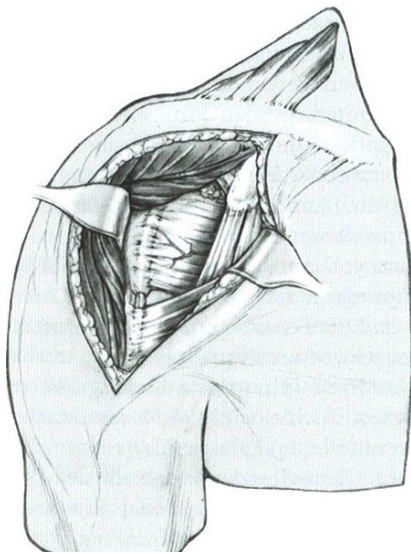


Die linke Abbildung zeigt die Orientierung am Patienten, während die rechte Abbildung den operativen Zugangsweg darstellt.

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.278)

**Abb. 36: Ventraler Zugang**

<sup>77</sup> Habermeyer, Magosch; 2002; Seite 274-290



**Abb. 37: Deltoideopectoraler Zugang**

Die linke Abbildung zeigt den operativen Zugangsweg. Die rechte Abbildung eine anatomische Skizze des deltoideopectoralen Zugangs.

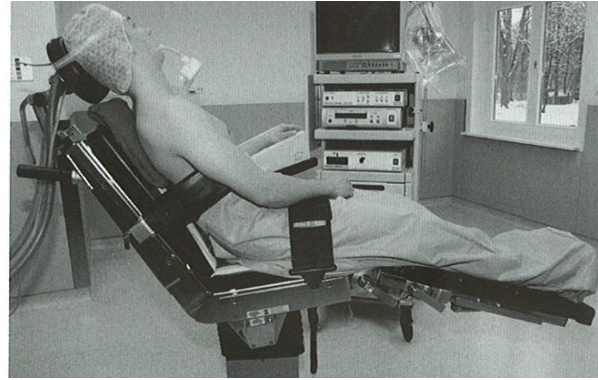
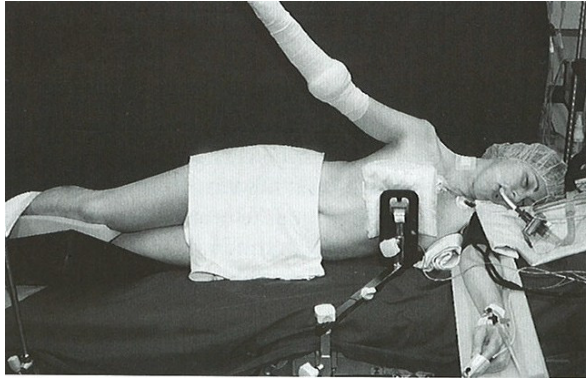
(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.285)

## 4.2 Arthroskopie

Die arthroskopische Operation ist, wie bereits erwähnt, auf intrakapsuläre Strukturen spezialisiert und beschränkt. Aufgrund des enormen Fortschrittes auf dem Gebiet der Arthroskopie werden immer mehr Operationen auf diese Weise gemacht.

In der Schulterarthroskopie hat sich die Vollnarkose bewährt, weil dadurch nicht nur der Blutdruck sehr gut kontrolliert werden kann (optimaler Wert für arteriellen Mitteldruck liegt bei 80 mmHg), was starke Blutungen vor allem im subacromialen Raum verhindert, sondern auch eine ausreichende Muskelrelaxation erreicht wird. Zusätzlich ist es von Vorteil, eine interscalenäre Plexusblockade zu setzen, um postoperativ gezielte Schmerztherapien zu garantieren.

Für die Lagerung des Patienten gibt es die Möglichkeit der *Seitenlagerung* (siehe linkes Bild in Abb. 38, S. 54), bei der der Patient auf der Seite der gesunden Schulter liegt. Der Arm ist in 45° Abduktions- und in 25° Anteversionsposition im Schulterhalter bei einem Zug von 4-6 kg befestigt. Diese Lagerung bietet einen optimalen Zugangsweg zum Glenohumeral- und AC-Gelenk sowie zur *Scapula*, limitiert allerdings den Übergang zur offenen Operationsverfahren und bringt durch Schulterdistraktion die Gefahr der Plexusschädigung mit sich. Die zweite Möglichkeit ist die *Beach-Chair-Position* (siehe rechtes Bild in Abb. 38). Bei dieser Lagerungsform sitzt der Patient auf einem Stuhl mit 70° zur Horizontalebene geneigter Rücklehne, Kopf- und Thoraxstütze. Vorteile dieser Position sind die einfachere anatomische Orientierung für den Operateur, die unverfälschten ventralen Kapselstrukturen, der mögliche Übergang in offene Verfahren und der günstigere Zugang für den Anästhesisten. Die Nachteile sind, dass man einen Assistenten bzw. mechanische Hilfen für die Schulterpositionierung und Distraktion braucht und der Zugang zum subacromialen Raum erschwert wird.



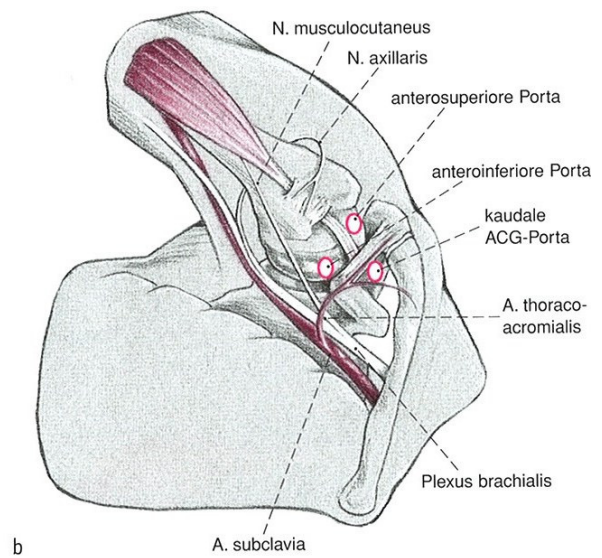
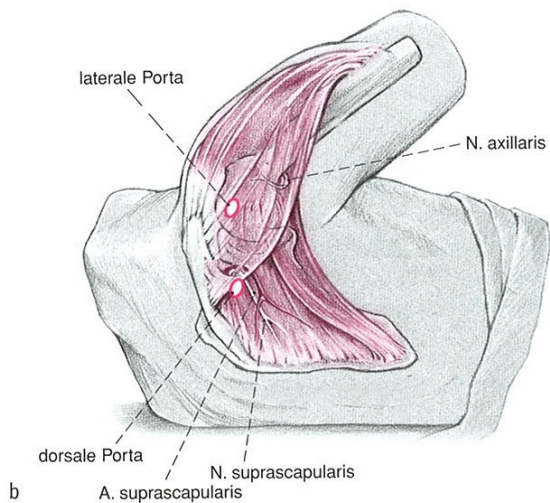
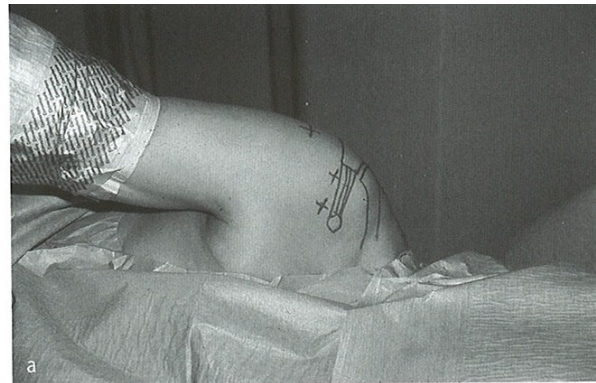
**Abb. 38: Lagerungsmethoden**

In der Abbildung links die Seitenlagerung. In der rechten Abbildung die Beach-Chair Lagerung. (Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.192)

Das Arbeiten erfolgt über Portale, die man durch minimale Hautinzision und stumpfes Vorschieben des Arthroskopes bis ins Gelenk erreicht. Die häufigsten Zugänge sind ventral, dorsal und lateral. Bevor man inzidiert, markiert man sich zur Übersicht die anatomischen Landmarken wie *Proc. coracoideus*, *Clavicula*, *Acromion*, *Spina Scapulae* und AC-Gelenk mit einem sterilen Stift. Der dorsale Zugang erfolgt durch den Softspot, welcher sich 2-3 cm kaudal und ca. 2 cm medial des Acromionecks in einer gut tastbaren Lücke des *M. infraspinatus* befindet. Die Kanüle wird in Richtung *Coracoid* bis ins Gelenk vorgeschoben. Es ist dies das Portal für das Arthroskop. Der ventrale Zugang kann antero-superior und antero-inferior erfolgen. Ersterer liegt lateral und kranial des *Coracoids*, wird zuerst mit einer Nadel eingestochen und zugleich von dorsal her kontrolliert. Der antero-inferiore Zugang liegt in etwa auf Höhe des *Coracoids* in einer senkrechten Achse durch den superioren Zugang. Das laterale Portal dient zusätzlich zum anterioren für Arbeitsmaterialien und befindet sich lateral vom anterosuperioren Portal. (Jensen, 2002)<sup>78</sup>

---

<sup>78</sup> Jensen, 2002; Seite 190-201



**Abb. 39: Abbildungen der Portale**

Die linke Seite zeigt in Abbildung a die Orientierung am Patienten für das Anlegen des dorsalen und lateralen Portals, während die Abbildung b darunter die anatomische Orientierung skizziert.

Die rechte Seite zeigt in Abbildung a die Orientierung am Patienten für das Anlegen der ventralen Zugänge. Abbildung b bietet erneut eine anatomische Orientierung.

(Bild: Habermeyer, *Schulterchirurgie*, 2002; S.197)

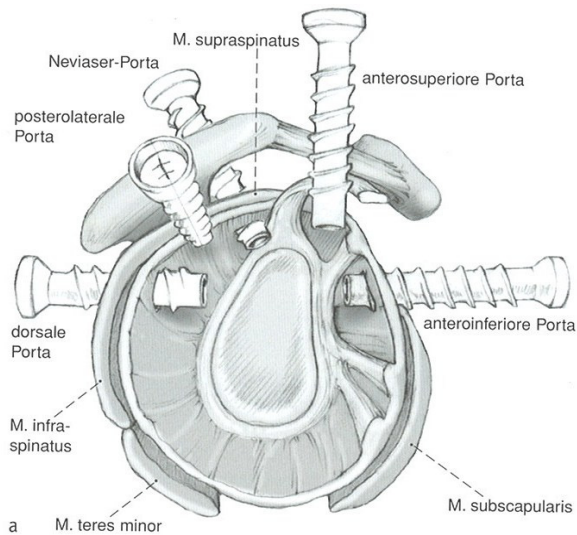


Abbildung a zeigt eine Übersicht über die arthroskopischen Zugänge zur rechten Schulter aus der lateralen Ansicht.

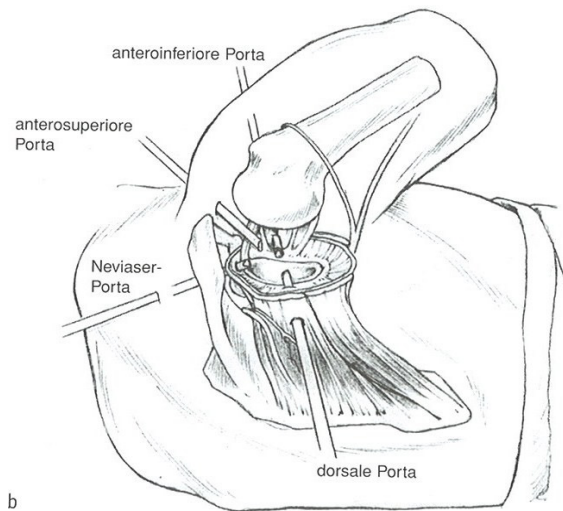


Abbildung b zeigt die rechte Schulter und deren Zugangswege bei linksseitiger Lagerung perspektivisch aus der Sicht des Operateurs.

(Bild: Habermeier, *Schulterchirurgie*, 2002; S.198)

**Abb. 40: Arthroskopische Zugänge zum Glenohumeralgelenk**

# 5 Methodik

## 5.1 Studiendesign

Die Studie ist in ihrer Auslegung eine retrospektive Studie. D.h., dass die untersuchten Patienten unmittelbar keinen Nutzen daraus ziehen. Das Ziel dieser Studie ist, in Zukunft eine bessere Beurteilung und Abschätzung zu ermöglichen, ob man Tenotomie oder Tenodesse durchführt. Es ist von Relevanz, anhand dieser Studie eine Einteilung von Patienten hinsichtlich deren Alter und Aktivitätsgrad zu treffen, um letztendlich die Arthroskopie als Therapie zielgerichteter einsetzen zu können.

Die operierten Patienten wurden einer klinischen Nachuntersuchung unterzogen. Dafür verwendete man den Constant Score (Constant & Murley, A clinical method of functional assessment of the shoulder. , 1987)<sup>79</sup> (Constant, 1991)<sup>80</sup> und den *Biceps Score* (Scheibel & Habermeyer)<sup>81</sup> (siehe Anhang).

---

<sup>79</sup> Constant & Murley, 1987; Seite 160-4

<sup>80</sup> Constant, 1991; Seite 289-294

<sup>81</sup> Scheibel & Habermeyer, 2008; Seite 267-283

## 5.2 Patienten

Es handelt sich um 45 Patienten, die mit diagnostizierten LBS-Schmerzen an der Abteilung für Orthopädie und orthopädische Chirurgie zwischen 01/2007 und 12/2009 eine Therapie in Form von Arthroskopie erhalten haben. Das Alter der Patienten reichte von 22-59 Jahren. Der Alters-Mittelwert in der Tenotomie-Gruppe beträgt 48,2 Jahre, während der Durchschnitt in der Tenodese-Gruppe bei 38,4 Jahren liegt.

Die Tenotomie-Gruppe zählt insgesamt 19 Patienten, wobei die Geschlechtsaufteilung 13/6 [m/w] ist. In der Tenodese-Gruppe befinden sich 26 Patienten, mit einer Geschlechtsaufteilung von 18/8 [m/w]. Eine kurze Zusammenfassung ist in Tab. 3: Demografie zu sehen.

	<b>Tenotomie</b>	<b>Tenodese</b>
Follow up 2 a (mind. 6 Mo)	12 2007-12 2009	12 2007-12 2009
Alter (22-59)	Mittel 48,2	Mittel 38,4
Geschlecht (m/w)	13/6	18/8

**Tab. 3: Demografie**

Die jeweiligen Begleitpathologien waren Tenosynovitis, RM-Läsionen und zusätzliche Biceps-Sehnenläsionen. Im Mittel hatten 82% Tenosynovitis [17 von 19 in Tenotomiegruppe und 20 von 26 in Tenodesegruppe], 60% Rotatorenmanschetten-Läsionen [12 von 19 in Tenotomiegruppe und 15 von 26 in Tenodese], 58,5% Biceps-Sehnen-Läsionen [15 von 19 in Tenotomiegruppe und 10 von 26 in Tenodese]. Eine übersichtliche Zusammenfassung sowie weitere Pathologien sind in Tab. 4: Begleitpathologien zu sehen.

<b>Pathologie</b>	<b>Tenotomie (Gesamt 19)</b>	<b>Tenodese (Gesamt 26)</b>
BS-Tenosynovitis	89 % (17/19)	76 % (12/26)
BS-Läsion	79 % (15/19)	38 % (10/26)
BS-Luxation	16 % (3/19)	15 % (4/26)
SLAP-Läsion	16 % (3/19)	8 % (2/26)
RM-Läsion	63 % (12/19)	57 % (15/26)
Chondrale Läsion	11 % (2 /19)	9 % ( 3/26)

**Tab. 4: Begleitpathologien**

Ansonsten lagen keine für die Studie relevanten internistischen Vorerkrankungen vor, die das Outcome beeinflussen könnten.

### **5.3 Statistische Methoden**

Die Auswertung erfolgte mittels deskriptiver Statistik. Für numerische Daten werden – abhängig von der Verteilung – Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Die Fallzahl ergibt sich aus der Anzahl der behandelten Patienten. Es handelt sich um 45 Datensätze. Da es sich um eine rein explorative Studie handelt, wurde auf eine formale Fallzahl-Power-Berechnung verzichtet.

Mittels einer fortlaufenden Nummer codierte (pseudonymisierte) man alle Patienten. Die auszuwertenden Daten wurden nur mit diesem Code versehen in einer Excel-Tabelle auf einem PC mit Zugriffsbeschränkung gespeichert und anschließend ausgewertet. Nur autorisierte Personen haben Zugriff auf die Originaldaten.

Die eingeschlossenen Patienten haben keinen direkten Nutzen von der Studie. Da es sich allerdings um die rein retrospektive Auswertung ihrer Daten handelt, ist auch kein Risiko zu erwarten. Das einzig mögliche Risiko, das Bekanntwerden der sensiblen Patientendaten, wurde durch die Pseudonymisierung und Zugriffsbeschränkung (s.o.) aufgehoben. Die Ergebnisse dieser Studie können als Grundlage zur Hypothesengenerierung für weitere Studien dienen.

## 5.4 Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchung erfolgte mittels klinischer Tests. Es wurden sowohl der Constant Score als auch der Biceps-Score dafür herangezogen. Da in den Ergebnissen nur der Constant Score dargestellt wird, bedarf dieser einer kurzen Erläuterung.

Dieser Score besteht aus zwei subjektiven und zwei objektiven Kriterien. Die subjektiven Kriterien sind Schmerz und Alltagsaktivitäten (=ADL). Sie bringen maximal 35 von 100 Punkten. Die objektiven Kriterien sind Beweglichkeit (=ROM) und Kraft, welche die restlichen 65 von 100 Punkten ausmachen.

Die Ausprägung des *pop-eye signs* ist eine Beobachtung, die gesondert zu sehen ist. Sie soll nur als zusätzliches Kriterium eine bessere Beurteilung der Ergebnisse ermöglichen, fließt aber nicht in den Score mit ein.

Der Gesamtscore ergibt sich aus der Summe aller einzelnen Werte und beträgt maximal 100 Punkte. Jede angeführte Kategorie wird mit einer gewissen Punktezahl bewertet. In der nachfolgenden Tabelle ist eine übersichtliche Erklärung zu sehen.

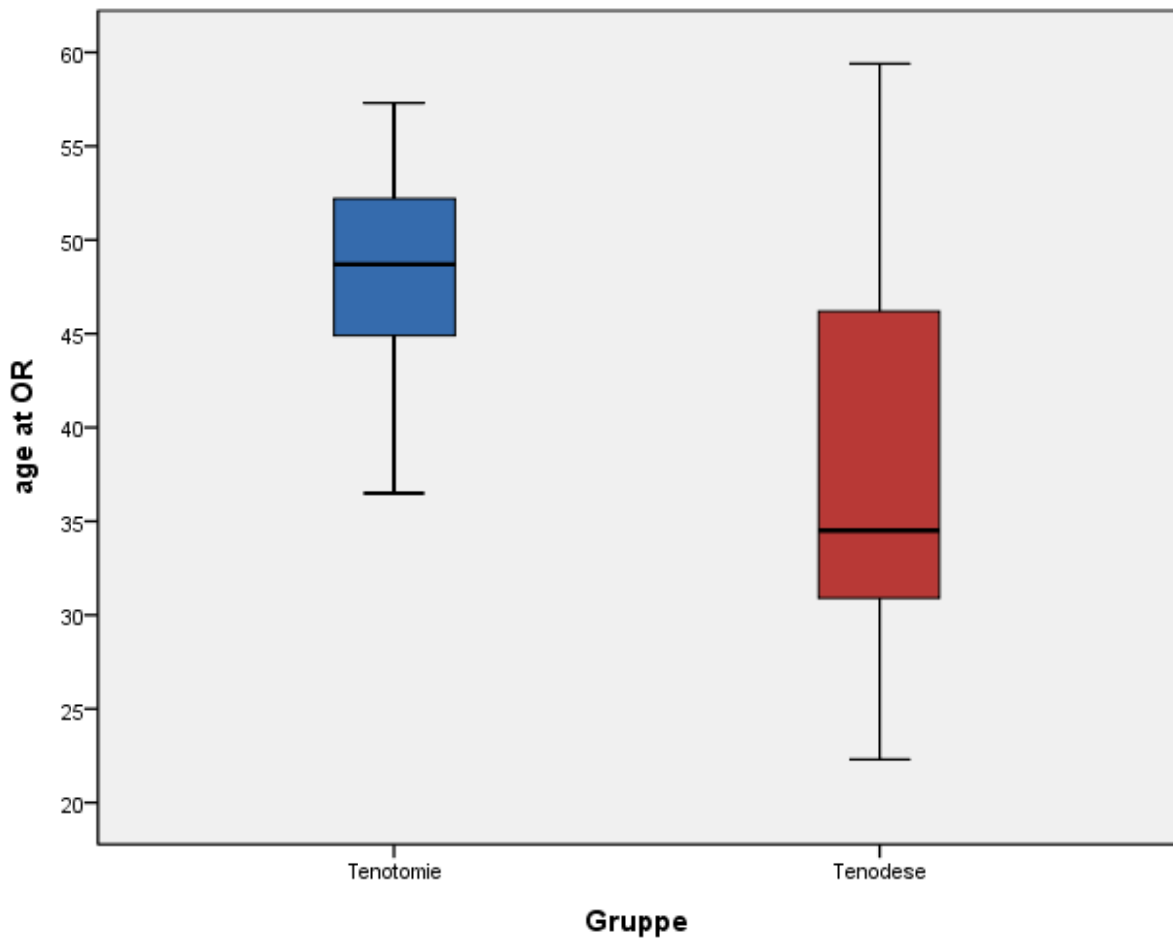
	Schmerz	ADL	ROM	Kraft	Gesamt
Punkte	15*	20	40	25	100

**Tab. 5: Erklärung Constant Score**

Für die erste Kategorie stellt man dem Patienten die Frage nach den Schmerzen. Die Punkte sind in diesem Fall höher, wenn der Patient weniger Schmerzen hat, d.h. bei gar keinem vorhandenen Schmerz erreicht der Patient die volle Punktezahl von 15 Punkten. Die zweite Kategorie zielt auf die Alltagsaktivitäten ab und ist, wie bereits oben erwähnt eine subjektive Einschätzung des Patienten.

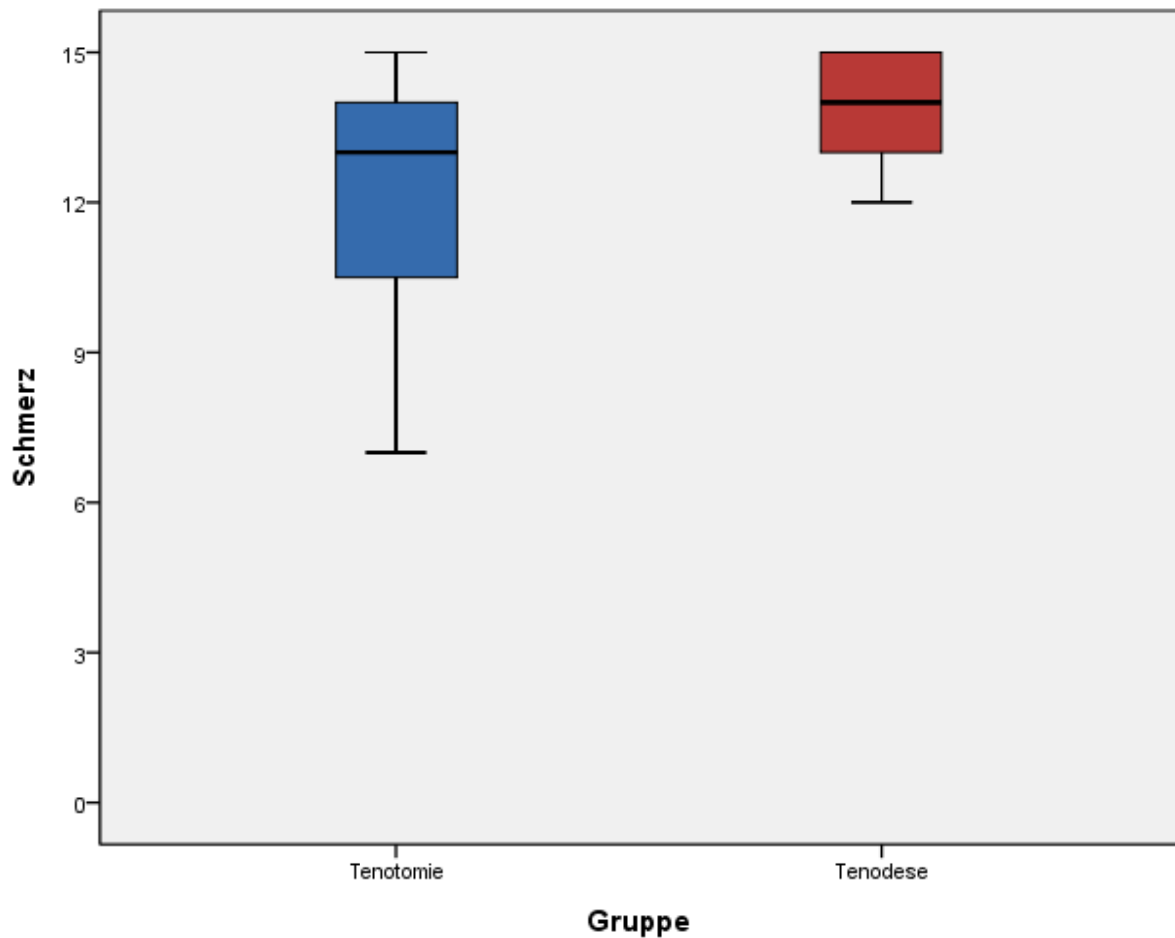
Die Kategorie Beweglichkeit und Kraft wird durch den Untersucher ermittelt. Hier gibt es ganz klare Richtlinien, wie die Ergebnisse zu werten sind. Es kann allerdings auch hier vorkommen, dass ein gewisser Grad an Subjektivität bzw. Ungenauigkeit des Untersuchers kleine Abweichungen verursachen. Da postoperativ das Wichtigste ist, die Beweglichkeit wiederherzustellen, ist auch diese Kategorie am höchsten bewertet. Hier gibt es für jede Bewegung (Abduktion, Flexion, Außen- und Innenrotation) zehn Punkte.

## 6 Ergebnisse



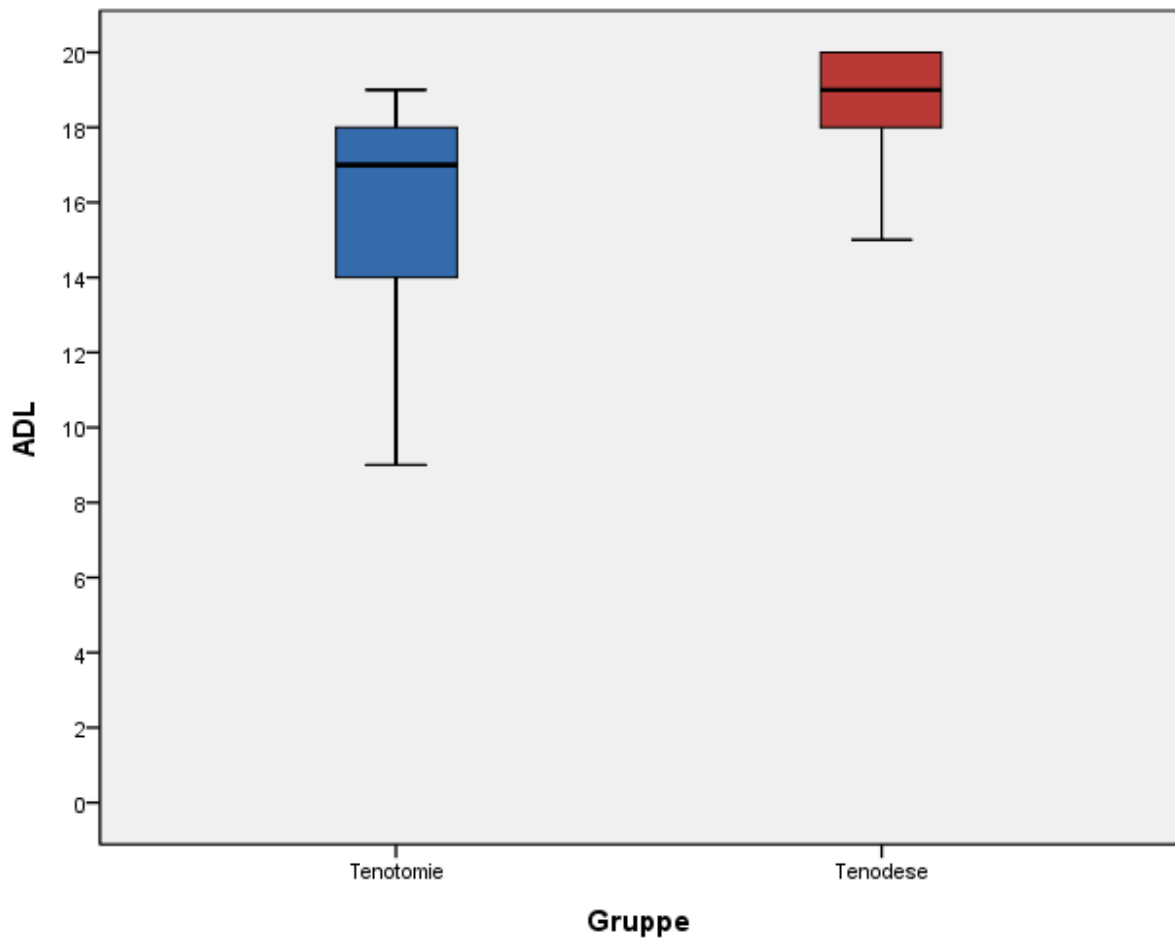
**Abb. 41: Altersverteilung**

Wie in Abb. 41: Altersverteilung zu sehen ist, gab es einen signifikanten Unterschied in der Altersverteilung beider Gruppen mit einer Signifikanz von  $p=0,02$ . Die Altersspanne der Tenotomie-Gruppe ist wesentlich kleiner als jener der Tenodese-Gruppe. Sowohl der Mittelwert, als auch der Median sind signifikant unterschiedlich.



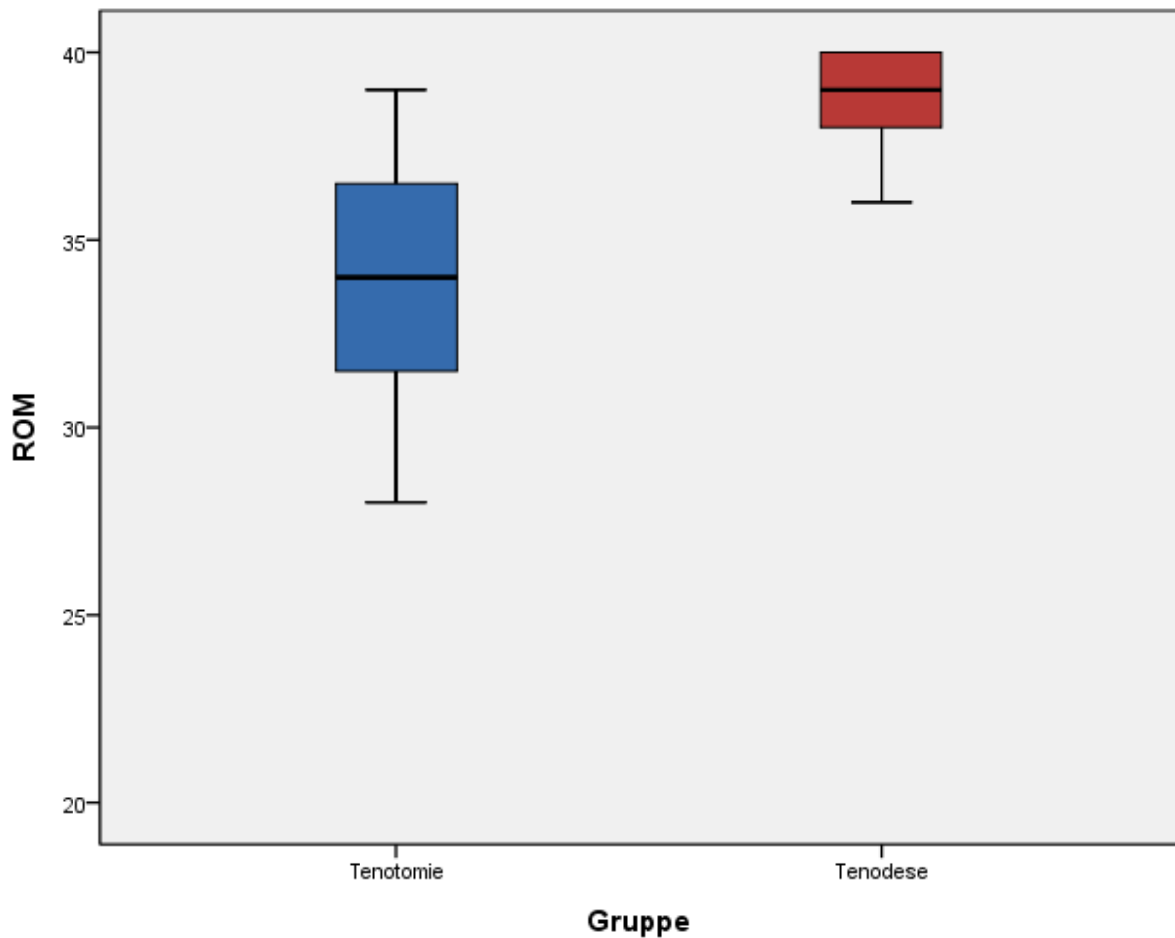
**Abb. 42: Ergebnis: Schmerz**

Beim subjektiven Schmerz kann bei einem p-Wert von 0,02 eine Signifikanz gezeigt werden. Zwar haben Patienten aus beiden Gruppen die Höchstpunktezahl erreicht (bedeutet ohne Schmerzen), aber die Streuung nach unten (geringere Punktezahl) ist bei der Tenotomie-Gruppe größer. Hier muss erwähnt sein, dass die Untersuchung nicht unmittelbar postoperativ erfolgte, sondern in einem Zeitraum beginnend ab mindestens 3 Monaten nach der Operation. Die Ergebnisse würden unmittelbar postoperativ erfahrungsgemäß besser für die Tenotomie-Gruppe ausfallen, was allerdings in dieser Studie nicht gezeigt werden kann. Dieser Aspekt wird in nachfolgenden Kapiteln genauer besprochen.



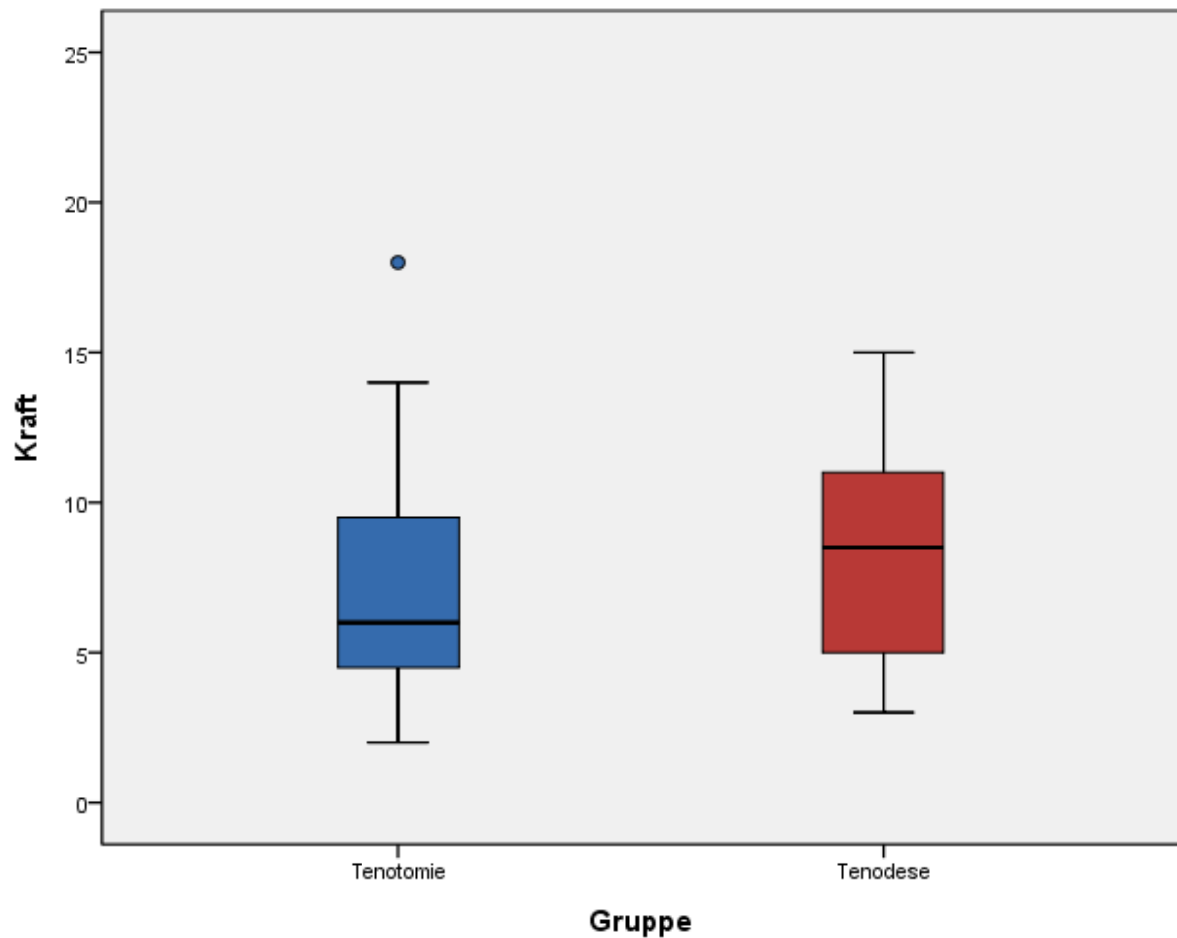
**Abb. 43: Ergebnis: ADL**

Die „activities of daily living“ sind genauso wie der Schmerz eine subjektive Einschätzung des Patienten. In der Tenodese-Gruppe konnten die Höchstwerte erreicht werden, während in der Tenotomie-Gruppe der höchste Wert knapp unter der Maximalpunktezahl liegt. Auch die Streuung in der Tenotomie-Gruppe ist größer. So liegt der Durchschnitt der Tenodese-Gruppe nahe an der Maximalpunktezahl, während er in der Vergleichsgruppe der Tenotomie mit einem p von 0,01 signifikant niedriger liegt.



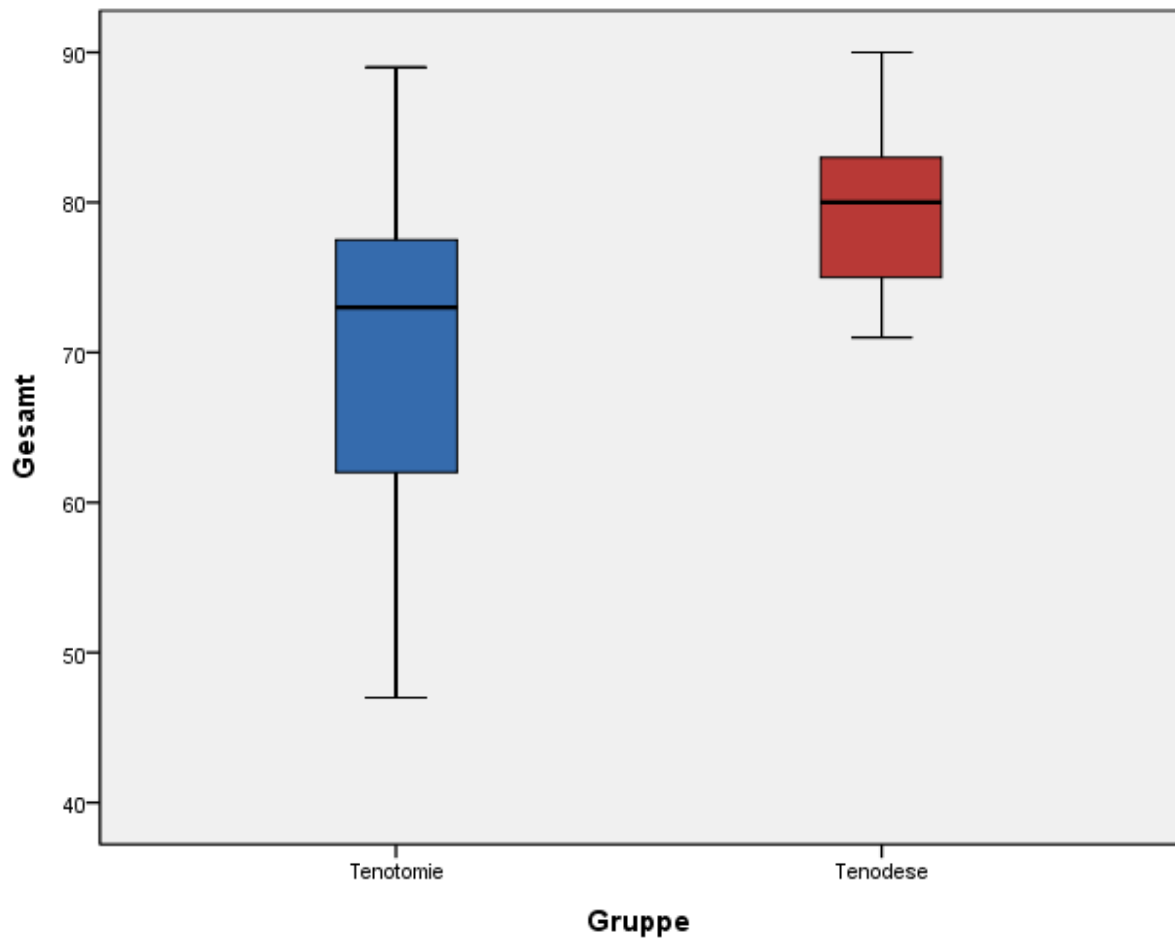
**Abb. 44: Ergebnis: ROM**

Die Beweglichkeit als wichtigstes Kriterium der postoperativen Beurteilung einer Schulteroperation ist nach streng objektiven Richtlinien ausgewertet worden. Hier zeigt sich mit einem Signifikanzniveau von  $p=0,00$  ein deutlicher Unterschied in den Ergebnissen. Der Durchschnitt der Tenodese Gruppe liegt in etwa so hoch wie der Maximalwert der Tenotomie-Gruppe, in deren Durchschnitt bereits der niedrigste Wert der Tenodese-Gruppe zu liegen kommt. Die Streuung der Werte ist abermals bei der Tenotomie-Gruppe deutlich ausgeprägter.



**Abb. 45: Ergebnis: Kraft**

Die Kraft als zweites objektives Kriterium wird mittels speziellen Vorrichtungen oder unter Verwendung von Gewichten getestet. Der Test der Kraft darf nur unter absoluter Schmerzfreiheit erfolgen. Sobald ein Schmerz auftritt, ist die Testung abzubrechen. Man verwendet also entweder den Maximalwert, der erreicht wurde, oder den letzten Wert, bevor Schmerzen aufgetreten sind für die Auswertung. Für dieses Kriterium zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei einem p von 0,273.

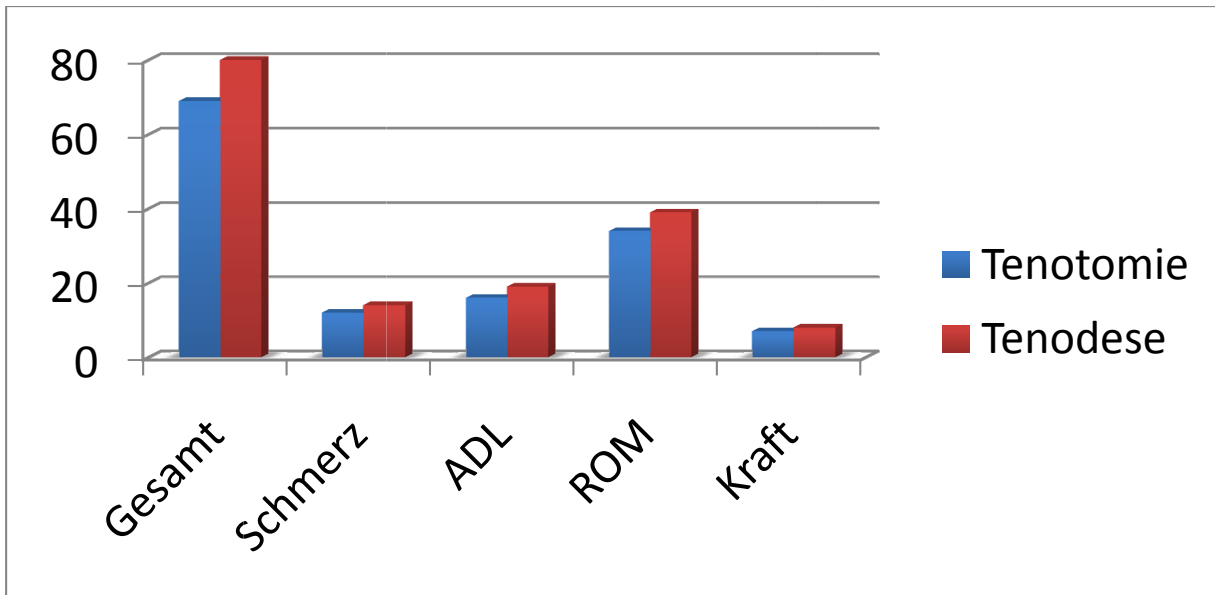


**Abb. 46: Gesamtergebnis**

Die Auswertung mittels des Constant Scores (siehe Abb. 47) hat ergeben, dass die Patienten der Tenodese-Gruppe einen besseren Gesamtscore als die Tenotomie-Gruppe erreichen. In den Kategorien Schmerz, ADL und ROM konnte ein signifikanter Unterschied der Ergebnisse gezeigt werden, wohingegen in der Kategorie Kraft kein signifikanter Unterschied zu erkennen war.

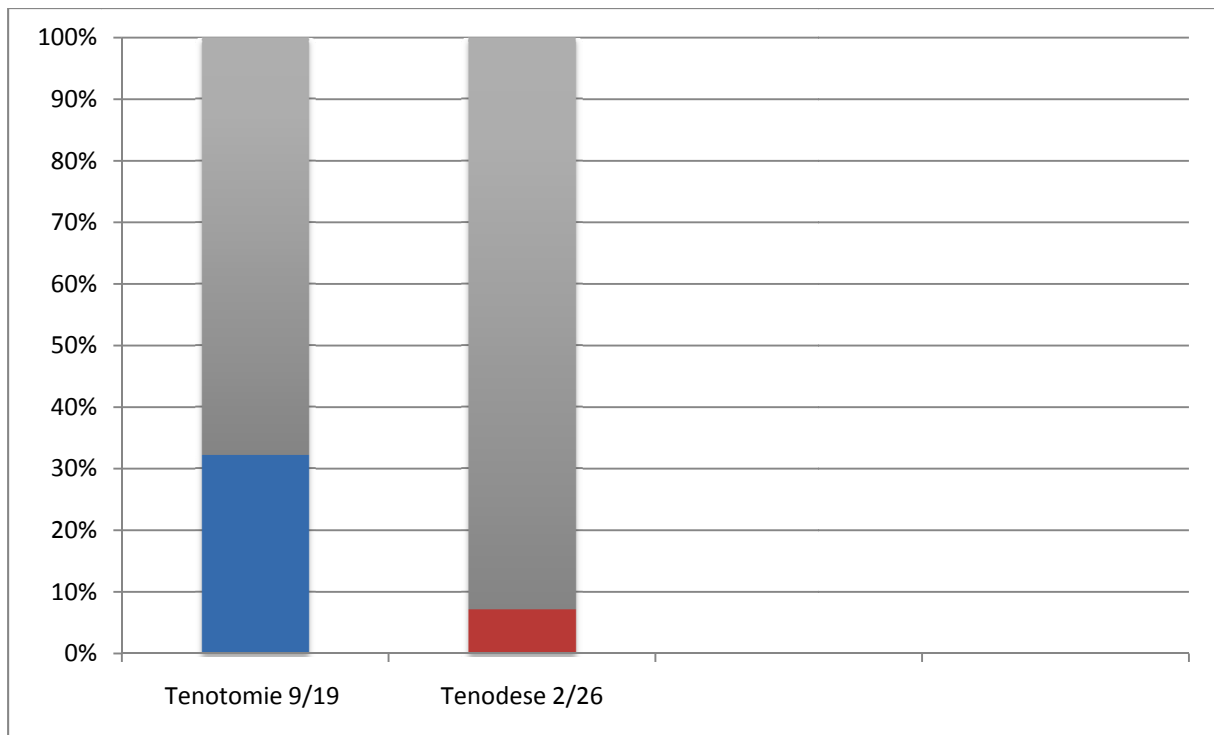
Die Gesamtergebnisse der Tenotomie-Gruppe sind breiter gestreut als die der Vergleichsgruppe.

In der nachfolgenden Abbildung sieht man noch einmal eine übersichtliche Darstellung aller Ergebnisse des *Constant Scores*.



**Abb. 47: Constant Score**

Grafik aus: Kriffter, Rolf-Michael, 2010, „Die schmerzhafte Bizeps-Pulley Läsion: Tenotomie vs arthroskopisch intraartikuläre Anker-Tenodese+RM-Refixation“; Vortrag aus AGA-Kongress Wien



**Abb. 48: Kosmetisches Ergebnis – *pop-eye sign***

Grafik basierend auf: Kriffter, Rolf-Michael, 2010, „Die schmerzhafteste Bizeps-Pulley Läsion: Tenotomie vs arthroskopisch intraartikuläre Anker-Tenodese+RM-Refixation“; Vortrag aus AGA-Kongress Wien

Das kosmetische Ergebnis wurde mittels *pop-eye sign* (siehe Abb. 48: Kosmetisches Ergebnis – *pop-eye sign* S. 69), das nach distal Gleiten des Muskelbauches, ausgewertet. Dieses kam bei der Tenodese, mit zwei von 26 Patienten, signifikant seltener vor als bei der Tenotomie, wo mit neun von 19 Patienten beinahe 50% das *pop-eye sign* zeigten.

## 7 Diskussion

Bevor ich die Ergebnisse genauer unter die Lupe nehme, möchte ich kurz auf die Limitationen der Studie eingehen. Nachdem die Planung der Studie zu einem Zeitpunkt stattfand, an dem einige der Patienten bereits operiert wurden, konnte man die präoperativen Untersuchungen nicht mit einbeziehen. Dadurch fällt ein direkter Vergleich des präoperativen mit dem postoperativen Zustand weg. Daraus habe ich gelernt, dass man durch vorzeitige und optimale Planung die Voruntersuchungen mit den Nachuntersuchungen vergleichen könnte, um das Ergebnis noch anschaulicher zu gestalten. Es ginge hier im speziellen um die in den Scores erhobenen Punkte Schmerz und Beweglichkeit.

Man kann auf den Ergebnissen basierend behaupten, dass es teilweise Unterschiede im Outcome beider Methoden gibt.

Da wäre zum einen der zeitliche Mehraufwand in Frage zu stellen. Die Tenodese, im speziellen die intraartikuläre Fadenankertenodese mit Lassoloop-Stich, bedeutet einen zusätzlichen Zeitaufwand für den Operateur. Abhängig von dessen Routine kann es von etwa fünf Minuten bis hin zu einer halben Stunde reichen. Für die Entscheidung ist der Nutzen des jeweiligen Verfahrens zu bedenken. Dazu sei erwähnt, dass im Bezug auf den Mehraufwand die technischen Möglichkeiten der arthroskopischen Methoden klare Benefits gegenüber der offenen Chirurgie aufweisen.

Auch wenn der finanzielle Aspekt in der Medizin bei der Wahl der bestmöglichen Therapie auf keinen Fall eine Rolle spielen sollte, sei zumindest erwähnt, dass die Kosten der Tenodese höher sind. Es handelt sich hier hauptsächlich um Materialkosten.

Ein weiterer Punkt ist das *popeye sign*. Es ist zwar unter dem Aspekt des kosmetischen Ergebnisses ausgewertet worden, kann aber auf Dauer Beschwerden wie plötzlich auftretende Krämpfe und somit Schmerzen machen. Ein nach distal verlagertes Muskelbauch macht deutlich häufiger schmerzhaft Kontraktionen, die sich als „Krampf“ bemerkbar machen, als ein normal positionierter Muskel. D.h., dass bei der Tenodese die schmerzhaften Kontraktionen sehr selten (2 von 26), während sie bei der Tenotomie signifikant häufiger vorkommen (9 von 19). Es ist in dieser Auswertung trotzdem gesondert unter „kosmetisches Ergebnis“

gereiht worden, weil es in den Testmodalitäten des *Constant Scores* nicht berücksichtigt wird. Es konnte also nur der kosmetische und nicht der schmerzhafteste Aspekt des *popeye signs* in die Ergebnisse mit einbezogen werden. Da man jedoch über diese Beschwerden Bescheid weiß, darf man sie nicht außer Acht lassen. Für eine gute Abschätzung muss man bedenken, dass diese Schmerzen nicht von jedem Patienten gleich empfunden werden. Je nach körperlicher Konstitution und Schmerzempfindlichkeit sind derartige Beschwerden für den einen unerträglich, während sie für den anderen vernachlässigbar sein können.

Aus persönlicher Erfahrung kann ich behaupten, dass die Tenodese-Gruppe stärkere Schmerzen zu ertragen hatte, was allerdings nur für den Zeitraum bis max. acht Wochen nach Operation zutrifft. Daraus geht hervor, dass die anfängliche Schonung bei der Tenodese länger ist als in der Vergleichsgruppe. Man muss den Patienten im Vorfeld der Operation darauf hinweisen. Eine Entscheidungsgrundlage ist hier wiederum der körperliche Anspruch des Patienten. Diejenigen, die geringeren körperlichen Anspruch haben, wollen meist so schnell wie möglich den „normalen“, also schmerzfreien Zustand erreichen, während Patienten, die sportlich aktiver sind, zumeist eine längere Pause in Kauf nehmen um längerfristig gesehen wieder voll belastbar sein zu können. Da unsere Nachuntersuchungen allerdings zu einem späteren postoperativen Zeitpunkt stattgefunden haben, kann man diese Aspekte nicht beweisen.

## 8 Schlussfolgerungen

Aus dieser Studie geht hervor, dass es keine eindeutige Richtlinie bezüglich der Operationswahl gibt. Man kann hier eher von Anhaltspunkten oder Empfehlungen sprechen, die in gewisser Weise einem Grad an Subjektivität unterliegen. Entscheidend ist, dass man so genau wie möglich auf den jeweiligen Patienten eingeht, Pro und Kontra beider Operationsmethoden bespricht und erst nach Einbeziehen aller Faktoren wie Alter und Aktivitätsgrad eine Entscheidung trifft.

Unter Berücksichtigung aller Aspekte kann man zusammenfassend sagen, dass die Wahl der Methode eindeutig auf den Anspruch des Patienten abzustimmen ist.

Meine persönliche Einschätzung aufgrund der Erfahrung, die ich durch diese Studie und das intensive Zusammenarbeiten mit den Patienten erlangt habe ist, dass die Tenodese geringfügig aufwendiger ist als die Tenotomie. Nicht nur aufgrund der längeren Operationszeit, sondern vielmehr wegen der längeren postoperativen Schonung sowie den stärkeren postoperativen Schmerzen. Diese Aspekte gehen keinesfalls aus meiner Studie hervor, sondern sind, wie erwähnt, reine Erfahrungswerte. Um das zu zeigen, müsste man eine Studie designen, die unmittelbar postoperativ den Constant Score ermittelt. Basierend auf den Ergebnissen und Erfahrungswerten, die ein signifikant besseres Langzeitoutcome für die Tenodese-Gruppe beweisen, würde ich meinen, dass Patienten, die so gut wie möglich belastbar sein wollen nach der Operation, die oben erwähnten Punkte eher in Kauf nehmen. Bei Patienten, die weder hohe sportliche noch kosmetische Ansprüche haben, ist die Wahl der Tenotomie wahrscheinlich die Bessere. Allerdings ist dieses Verfahren irreversibel.

Die Grundlage der Entscheidung sollte daher eine Kombination aus den Langzeitergebnissen, die aus der Studie hervorgehen und den Erfahrungswerten sein.

## 9 Literaturverzeichnis

- Abrams, J. S. (2007). Arthroscopic Biceps Tenodesis: Direct Suturing and Results. *Operative Techniques in Sports Medicine* .
- Bauer, G., & Löbig, C. (Dez 2010). Arthroskopische Versorgungsstrategien der langen Bizepssehne. *Der Orthopäde* .
- Boileau, P., & Chuinard, C. (2007). Arthroscopic Biceps Tenotomy: Technique and Results. *Operative Techniques in Sports Medicine* .
- Boileau, P., Krishnan, S., Coste, J., & Walch, G. (Nov-Dec 2002). Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthroscopy-Techniques in shoulder and elbow surgery* .
- Brunner, U. H. (2002). Klinische Untersuchung der Schulter. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie* (S. 45-67). München/ Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Burkhart, S., Morgan, C., & Kibler, W. (2003). The disabled shoulder spectrum of pathology. Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy; 19. Ausgabe* .
- Churgay, C. A. (Sep 2009). Diagnosis and Treatment of Biceps Tendinitis and Tendinosis. *American Family Physician* .
- Constant, C. (1991). Schulterfunktionsbeurteilung. *Der Orthopäde* .
- Constant, C., & Murley, A. (1987). A clinical method of functional assessment of the shoulder. . *Clin Orthop* .
- Curtis AS, S. S. (Jan 1993). Evaluation and treatment of biceps tendon pathology. *Orthop Clin North Am* .
- Drenkhahn D., K. J. (2008). 'Obere Extremität'. In Benninghoff/Drenckhahn, *Anatomie, Band 1* (S. 278-282). München: Urban & Fischer Verlag.
- Dumontier, C., Sautet, A., Gagey, O., & A, A. (Mar 1999). Rotator interval lesions and their relation to coracoid impingement syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* .
- Ebinger, N., Magosch, P., Habermeyer, P., & Lichtenberg, S. (Mai 2008). Der Supine Flexion Resistance Test zur Diagnostik einer SLAP-Läsion. *ATOS NEWS* .
- Fanghänel J., P. F. (2009). *Waldeyer Anatomie des Menschen*. Berlin: Walter de Gruyter GmbH.

- Gerber, C., & Sebesta, A. (November 2000). Impingement of the deep surface of the subscapularis tendon and the reflection pulley on the anterosuperior glenoid rim: A preliminary report . *J of Shoulder and Elbow Surgery, Ausgabe 9* .
- Gerber, C., Schneeberger, A., Perren, S., & Nyffeler, R. (Sep 1999). Experimental rotator cuff repair. A preliminary study. *J Bone Joint Surgery* .
- Gilcreest, E. (1936). Dislocation and elongation of the long head of the biceps brachii. An analysis of six cases. *Annals of Surgery* .
- Ginn, K., & Cohen, M. (August 2004). Conservative treatment for shoulder pain: prognostic indicators of outcome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* .
- Golser, K., Smekal, V., & Resch, H. (2002). Konventionelle Radiologie und Computertomografie. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie* (S. 71-103). München/ Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Green, S., Buchbinder, R., & Hetrick, S. (2010). Physiotherapy interventions for shoulder pain. *The Cochrane Collaboration* .
- Gruber, G., & Konermann, W. (2002). Die Ultraschalluntersuchung der Schulter. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie* (S. 127-147). München/ Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Habermeyer, P. (1989). Isokinetische Kräfte am Glenohumeralgelenk. Hefte zur Unfallheilkunde. Berlin: Springer Verlag.
- Habermeyer, P. (2002). *Schulterchirurgie*. München/ Jena: Urban und Fischer Verlag.
- Habermeyer, P., & Magosch, P. (2002). Operative Zugangswege zum Schultergelenk. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie*. München, Jena: Urban&Fischer Verlag.
- Habermeyer, P., P, M., Pritsch, M., Scheibel, T., & Lichtenberg, S. (2004). Anterosuperior Impingement of the Shoulder as a Result of Pulley Lesions-A. *J Shoulder Elbow Surg; 13. Ausgabe* .
- Harryman DT II, S. J. (4 1992). The role of the rotator interval capsule in passive motion and shoulder stability. *J Bone Joint Surgery* .

Held, M. (2008). Anteriosuperiores Impingement der Schulter als Folge von Pulley-Läsionen: Verletzungsmuster und arthroskopische Therapie.

Jensen, K.-U. (2002). Grundlagen der Arthroskopie des Glenohumeral- und Subacromialraums. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie*. München, Jena: Urban&Fischer Verlag.

Kilicoglu, O., Koyuncu, O., Demirhan, M., Esenyel, C., Atalar, A., Ozsoy, S., et al. (October 2005). Time-dependent changes in failure loads of 3 biceps tenodesis techniques: in vivo study in a sheep model. *Am J Sports Med* .

Klonz, A., & Reilmann, H. (2000). Bizepssehne-Diagnostik, Therapie und Ergebnisse nach proximalen und distalen Rupturen. *Der Orthopäde; Vol 29* .

Konermann W., G. G. (2000). *Ultraschall Diagnostik der Stütz- und Bewegungsorgane*. Stuttgart-New York: Thieme.

Kusma, M., Dienst, M., Eckert, J., Lorbach, O., & Kohn, D. (2007). Arthroskopische und offene Techniken der Tenodese der langen Bizepssehne. *Obere Extremität* .

Kutschmann, M., Bender, R., Grouven, U., & Berg, G. (2006). Aspekte der Fallzahlkalkulation und Powerberechnung anhand von Beispielen aus der rehabilitationswissenschaftlichen Forschung. *Methoden in der Rehabilitationsforschung* .

LeHuec, J., Schaefferbeke, T., Moinard, M., & al, e. (1996). Traumatic tear of the rotator interval. *J Shoulder Elbow Surg* .

Lichtenberg, S., & Habermeyer, P. (2002). Operative Arthroskopie des Glenohumeralgelenks. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie*. München/ Jena: Urban&Fischer Verlag.

Lichtenberg, S., & Habermeyer, P. (2002). Operative Arthroskopie des Subacromialraumes. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie*. München/Jena: Urban&Fischer Verlag.

McMahon, P., Burkart, A., Musahl, V., & al., e. (Jan 2004). Glenohumeral translations are increased after a type II superior labrum anterior-posterior lesion: a cadaveric study of severity of passive stabilizer injury. *J Shoulder Elbow Surg* .

Mutschler. (2009). *Praxis der Orthopädie*.

- Neer, C. (1983). Impingement lesions. *Clinical Orthopaedics*; 173. Auflage .
- Osbahr, D., Diamond, A., & Speer, K. (18. May-Jun 2002). The cosmetic appearance of the biceps muscle after long-head tenotomy versus tenodesis. *Arthroscopy* .
- Richards, D., & Burkhart, S. (2005). A biomechanical analysis of two biceps tenodesis fixation techniques. *Arthroscopy* .
- Scheibel, M., & Habermeyer, P. (kein Datum). Aktuelle klinische Untersuchung der Schulter. *Der Orthopäde* .
- Scheibel, M., & Habermeyer, P. (2008). Aktuelle klinische Untersuchung der Schulter. *Der Orthopäde* .
- Scheibel, M., & Habermeyer, P. (3 2003). Weiterführende klinische Tests an der Schulter. *ATOS NEWS - Fachbeiträge aktuell* .
- Scheibel, M., Schröder, R., Chen, J., & Bartsch, M. (21. January 2011). Arthroscopic Soft Tissue Tenodesis Versus Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps Tendon. *Am J of Sports Med* , S. online publiziert vor Druckversion.
- Schmid, M., & Hodler, J. (2002). MRT und MR-Arthrografie. In P. Habermeyer, *Schulterchirurgie* (S. 103-127). München/ Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Schröder, R., Bostanjoglo, M., Kääh, M., Herzog, H., Hidajat, N., Röttgen, R., et al. (Jul 2003). Treffsicherheit der nativen und kontrastverstärkten MRT im Routineeinsatz bei Supraspinatussehnenrupturen - Vergleich mit operativen Ergebnissen. *Röfo- Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und Nuklearmedizin* .
- Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2005). *Prometheus Lernatlas der Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Vangsness, T., Jorgenson, S., Watson, T., & Johnson, D. (1994). The origin of the long head of the biceps from the scapula and glenoid labrum, An anatomical study of 100 shoulders. *J Bone Joint Surg* .
- Werner, A., Mueller, T., Boehm, D., & Gohlke, F. (2000). The Stabilizing Sling for the Long Head of the Biceps Tendon in the Rotator Cuff Interval: A Histoanatomic Study. *Am J of Sports Med*; 28. Auflage .
- Yergason, R. (1934). Supination sign. *J Bone Joint Surg* .

Zanetti, M., & Hodler, J. (1997). Contrast media in MR arthrography of the glenohumeral joint: intra-articular gadopentetate vs saline: preliminary results. *European Radiology, Vol 7* .

Zanetti, M., Weishaupt, D., Gerber, C., & Hodler, J. (2 1998). Tendinopathy and rupture of the tendon of the long head of the biceps brachii muscle: Evaluation with MR-Arthrography. *American Journal of Roentgenology* .

Zaslav, K. (10 2001). Internal rotation resistance strength test: A new diagnostic test to differentiate intra-articular pathology from outlet impingement syndrome in the shoulder. *J Shoulder Elbow Surgery* .

# 10 Anhang

## 10.1 Constant Score

Constant Score Schulter- und Ellenbogenchirurgie Prof. Dr. med. habil. Peter Habermeyer  
ATOS Proxisklinik, Heidelberg Dr. med. Sven Lichtenberg

Kontaktnummer	Patientennummer
Untersuchungsdatum	Name
Untersucher	Vorname
Untersuchte Seite	Geburtsdatum <span style="float: right;">Alter</span>

**Schmerz**  
Schmerz Anamnese

0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15

**Schmerz**

**Aktivität**

Arbeitsfähigkeit  0  1  2  3  4

Sportfähigkeit  0  1  2  3  4

ungestörter Schlaf  0  1  2

**Aktivität des Armes schmerzlos**

- unterhalb der Taille
- bis Xiphoid
- bis Nacken
- bis Scheitel
- über Kopf

**Aktivität**

**Beweglichkeit**

<b>Flexion</b> <input type="radio"/> 0-30° <input type="radio"/> 31-60° <input type="radio"/> 61-90° <input type="radio"/> 91-120° <input type="radio"/> 121-150° <input type="radio"/> 151-180°	<b>Abduktion</b> <input type="radio"/> 0-30° <input type="radio"/> 31-50° <input type="radio"/> 61-90° <input type="radio"/> 91-120° <input type="radio"/> 121-150° <input type="radio"/> 151-180°	<b>Außenrotation</b> <input type="radio"/> hinter den Kopf, Ellenbogen vorne <input type="radio"/> auf den Kopf, Ellenbogen vorne <input type="radio"/> hinter den Kopf, Ellenbogen hinten <input type="radio"/> auf den Kopf, Ellenbogen hinten <input type="radio"/> volle Elevation	<b>Innenrotation</b> <input type="radio"/> seitl. Oberschenkel <input type="radio"/> Gesäß <input type="radio"/> Sakroiliakalgelenk <input type="radio"/> LWS <input type="radio"/> Th 12 <input type="radio"/> Schulterblatt
<b>Punkte Flexion</b>	<b>Punkte Abduktion</b>	<b>Punkte Aussenrotation</b>	<b>Punkte Innenrotation</b>

**Kraft**

Kraftmessung	kg (max. 12 kg)	Kraft in Punkten
--------------	-----------------	------------------

**erreichte Punkte**  
**Prozent**

## 10.2 LHB-Score

### LHB-Score

Patient: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

Right	Left

#### Cosmetics

subjective cosmetic deformity  
15= none, 10= mild, 5= moderate, 0= severe

--	--

objective cosmetic deformity  
15= none, 10= mild, 5= moderate, 0= severe

--	--

#### Pain/ Cramps

LHB- pain :

strong none

+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

--	--

Tenderness over the bicipital groove:

strong none

+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

--	--

Speed-Test:

strong none

+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

--	--

Cramps

0= always, 10= under strain, 20= none

--	--

#### Strength

Elbow-flexion (0- 20)

--	--

< 6 Kg= 0	11- 12 Kg= 12
6- 7 Kg= 2	12- 13 Kg= 14
7- 8 Kg= 4	13- 14 Kg= 16
8- 9 Kg= 6	14- 15 Kg= 18
9- 10 Kg= 8	> 15 Kg= 20

**Total:**

--	--