

**Arthroskopische vs. mini-open Fadenankertenodese**

**bei Pulley-Läsionen –**

**Eine retrospektive Kohortenanalyse des klinischen Outcomes**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Philosophie des Fachbereichs Sportwissenschaft

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Corinna Christiane Hartleb

aus Offenbach a.M.

2012

Prodekan: Prof. Dr. Georg Friedrich  
1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Frank C. Mooren  
2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Jörg Jerosch  
Tag der Disputation: 17.01.2013

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG UND FORSCHUNGSINTERESSE</b>	<b>1</b>
	1. Einführung in die Thematik	1
	2. Aktueller Forschungsstand	2
	3. Zielsetzung und Hypothesen	4
<b>2.</b>	<b>THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>6</b>
	1. Anatomie der Schulter	6
	1. Knöcherne Strukturen	7
	1. Der Humerus	7
	2. Die Scapula	9
	3. Die Clavicula	10
	2. Haupt- und Nebengelenke	11
	1. Articulatio glenohumerale	12
	2. Articulatio acromioclaviculare	12
	3. Articulatio sternoclaviculare	13
	4. Nebengelenke	13
	3. Kapsel des Articulatio glenohumerale	14
	4. Bänder des Articulatio glenohumerale	15
	5. Rotatorenmanschette	16
	6. Musculus biceps brachii und lange Bizepssehne	19
	7. Arterielle und nervale Versorgung	22
	8. Biomechanik des Schultergelenks	23
	1. Bewegungsachsen	24
	2. Schulterbewegungen	27
	2. Rotatorenintervall und Pulley-System	32
	1. Anatomie des Rotatorenintervalls	32
	2. Pulley-System	33
	3. Biomechanik des Pulley-Systems	34
	3. Die Pulley-Läsion	36
	1. Pathologie	36
	2. Klassifikation	38
	3. Ätiologie	39
	1. Trauma	42
	2. Mikrotrauma	42
	3. Degeneration	43

4. Begleitpathologien	43
4. Diagnostik	44
1. Anamnese	45
2. Klinische Untersuchung	46
3. Sonographische Diagnostik	50
4. Therapie der Pulley-Läsion	52
1. Konservative Maßnahmen	53
2. Operative Maßnahmen	55
1. Tenotomie und Tenodese	56
2. Arthroskopische und (mini-) offene Rekonstruktion	57
3. Fixationstechniken	59
3. Postoperative Maßnahmen	61
5. Arthroskopische Fadenankertenodese	63
6. Mini-open Fadenankertenodese	65
<b>3. METHODOLOGIE</b>	<b>66</b>
1. Studiendesign	66
2. Studienort	67
3. Studiendauer und -umfang	68
4. Identifikationskriterien	68
1. Einschlusskriterien	69
2. Ausschlusskriterien	69
5. Patientenrekrutierung	70
1. Gruppenzuordnung	72
6. Erhebungsinstrumentarien	73
1. Constant-Murley Score	74
2. Langer-Bizepssehnnenscore	80
3. Sonographische Daten	84
7. Statistische Datenanalyse	84
<b>4. ERGEBNISSE</b>	<b>86</b>
1. Patientenkollektiv	86
1. Gesamtgruppen	86
2. Subgruppen	88
2. Querschnittergebnisse	91
1. Gesamtgruppen:	
arthroskopische vs. mini-open Fadenankertenodese	91

2. Subgruppen	97
1. Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2)	98
2. Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4)	103
3. Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6)	110
3. Längsschnittergebnisse	114
1. Arthroskopische Fadenankertenodese (AFT-1 vs. -3 vs. -5)	114
2. Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6)	122
<b>5. DISKUSSION</b>	<b>130</b>
1. Patientenkollektiv	130
2. Methodendiskussion	133
1. Erhebungsinstrumentation	133
2. Operative Einflusskriterien	136
3. Postoperative Einflusskriterien	138
3. Ergebnisdiskussion	139
1. Querschnittergebnisse	139
1. Gesamtgruppen:	
Arthroskopische vs. mini-open Fadenankertenodese	140
2. Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2)	145
3. Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4)	147
4. Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6)	149
2. Längsschnittergebnisse	150
1. Arthroskopische Fadenankertenodese (AFT-1 vs. -3 vs. -5)	151
2. Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6)	153
4. Fazit und Perspektiven	155
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>157</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>160</b>
<b>8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>170</b>
<b>9. TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>174</b>
<b>10. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>176</b>
<b>11. ANHANG</b>	<b>179</b>
<b>12. DANKSAGUNG</b>	<b>184</b>
<b>13. ERKLÄRUNG</b>	<b>186</b>

## 1. EINLEITUNG UND FORSCHUNGSINTERESSE

### 1.1. Einführung in die Thematik

Schulterpathologien und insbesondere Rotatorenmanschettenläsionen werden zu den häufigsten Erkrankungen des Bewegungsapparates gezählt (*Gohlke et al., 2007*).

Pulley-Läsionen stellen pathologische intrinsische oder extrinsische Veränderungen eines oder mehrerer Anteile der Rotatorenintervallschlinge dar, welche als Führungsapparat der langen Bizepssehne (LBS) agiert und mit Pathologien derer korreliert. Es werden von *Habermeyer et al., 2004* vier Klassifikationen von Pulley-Schädigungen definiert, die als isolierte Läsionen des Ligamentum glenohumerale superius (SGHL) oder aber mit kombinierten, partiellen artikulärseitigen Sehnenläsionen der Mm. supraspinatus und / oder subscapularis (SSP / SSC) auftreten. Schädigungen des Pulley-Systems – unabhängig von einer intakten oder geschädigten LBS – sowie deren optimale operative Versorgungsstrategien gelten bislang noch als Minorität unter den eruierten Schultererkrankungen und standen noch nicht im Fokus der empirischen Forschung – im Gegensatz zu Omarthrosen, Frakturen und Luxationen, kapsulären Instabilitäten oder Rupturen der Rotatorenmanschette.

Die Ursachen für das Auftreten von Pulley-Läsionen können intrinsischer oder extrinsischer Natur sein. Traumatisch bedingte Rupturen der Rotatorenmanschette bzw. der LBS können jedoch bei degenerativer Vorschädigung allein durch Alltagsbewegungen provoziert werden (*Uthoff et al. aus Resch et al., 1989*). Deren degenerative Läsionen nehmen mit steigendem Alter an Häufigkeit zu. Während sich zwischen dem 40. und 60. Lebensjahr 25 % der Patienten mit Rotatorenmanschettendefekten finden, steigt die Zahl bis zu 100 % bei Patienten über dem 70. Lebensjahr, wobei Männer etwa zweimal häufiger betroffen sind als Frauen (*Gschwend et al. aus Helbig und Blauth, 1986; McLaughlin, 1962*).

Zu der etablierten operativen Therapie der geschädigten LBS gehörten lange Zeit offene chirurgische Techniken wie z.B. die Tenotomie, aber auch diverse Tenodeseverfahren mit Weichteil- oder Ankerfixationen. Demgegenüber nahmen in den letzten Jahren verstärkt mini-open und sogar arthroskopische Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette und LBS einen immer größeren Stellenwert unter den Kliniken sowie Operateuren und Patienten ein. Dennoch konnte bislang noch keine uniforme operative Behandlungsstrategie von Rotatorenmanschetten, der LBS und folglich von Pulley-Läsionen definiert werden.

Das nachfolgende Kapitel 2. bietet eine ausführliche Darstellung der anatomischen und funktionellen Strukturen des Schultergelenks sowie des Pulley-Systems und deren Pathologie als zentraler Bestandteil der vorliegenden Untersuchung.

## 1.2. Aktueller Forschungsstand

Der Literaturabgleich der letzten Jahre brachte mehrere Vergleiche zwischen arthroskopischen und mini-open Operationsverfahren der Rotatorenmanschette sowie die Gegenüberstellung von Tenotomie und Tenodese bei Läsionen der LBS. Daneben wurden verschiedene epi- und intraossäre sowie transossäre Tenodesetechniken hinsichtlich des subjektiven und objektiven Outcomes anhand von bildgebenden Verfahren sowie unterschiedlichen Scoresystemen (z.B. Constant-Murley Score, Simple Shoulder Test, American Shoulder and Elbow Surgeons, etc.) recherchiert.

Aufgrund der Tatsache, dass die Pulley-Läsion noch als relativ junge Schulterpathologie gilt, wurden jedoch in der Literaturrecherche keine exakt vergleichbaren Studien gefunden, welche die arthroskopische und mini-open Rekonstruktion mittels Fadenankertechnik von Pulley-Läsionen gegenüberstellt.

Folgende, die dieser Erhebung nahe kommenden Vergleichsstudien, können teilweise herangezogen werden:

1. *Baumann et al., 2008* ermittelten in ihrer Studie „Arthroscopic prevalence of pulley lesions in 1007 consecutive patients“ unter den verifizierten Schulterarthroskopien eine pathologische Inzidenz an Pulley-Läsionen von 7,1 %. Darunter fanden sie 73 % isolierte SGHL-Läsionen (Pulley-Läsionsgröße I) und 27 % kombinierte intervallnahe Unterflächendefekte der Rotatorenmanschette (Pulley-Läsionsgrad II bis IV). Das klinische Outcome von isolierten SGHL-Schädigungen brachte nach der Erhebung des Constant-Murley Scores deutlich bessere Resultate, als kombinierte Pulley-Läsionen. Des Weiteren wiesen die Autoren unter dem Patientenkollektiv der Pulley-Läsionen 90,3 % pathologische Veränderungen der LBS auf.
2. *Braun et al., 2011* fanden in ihrer Studie „Lesions of the Biceps Pulley“ eine Korrelation von Läsionen des Rotatorenintervalls bzw. Pulley-Systems und der Rotatorenmanschette. Auch signifikante Zusammenhänge zwischen anteromedialen bzw. posterolateralen Pulley-Schädigungen mit subluxierter bzw. dislozierter Sehne des M. biceps brachii caput longum konnten



nachgewiesen werden. Des Weiteren zeigte sich in jener Untersuchung ein Zusammenhang von Pulley- und SLAP-Läsionen.

*Bauer u. Löbig, 2011* fassten die Erkenntnisse verschiedener Autoren zusammen und bekräftigten die Korrelation von Läsionen der Rotatorenmanschette mit pathologischen Veränderungen der LBS.

3. Einen Vergleich zwischen arthroskopischer und mini-open Fadenankertenodese bei Läsionen der Rotatorenmanschette lieferten *Kim et al., 2003* und *Severud et al., 2003*, *Sauerbrey et al., 2005* und *Warner et al., 2005*. Obgleich die Strata wie beispielsweise Identifikationskriterien, Nachuntersuchungszeitraum und Score-Systeme mit denen der hier vorliegenden Untersuchung nicht exakt übereinstimmen, ist hinsichtlich der operativen Maßnahmen ein ähnliches klinisches Outcome erkennbar. Grundsätzlich zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Schmerzstärke, Kraft, Beweglichkeit und Funktionsfähigkeit der behandelten Schulter. Dennoch fanden *Severud et al., 2003* eine Abweichung hinsichtlich der Beweglichkeit. Infolge der Arthroskopie erreichten jene Patienten insbesondere innerhalb der ersten postoperativen 12 Wochen eine größere Bewegungsamplitude. *Kim et al., 2003* ermittelten des Weiteren eine Abhängigkeit von Läsionsgröße und Outcome: Je größer die Läsion war, desto schlechter präsentierte sich das Resultat in den Beweglichkeits- und Funktionsparametern – unabhängig von der operativen Maßnahme.
  
4. Eine weitere wichtige Grundlage stellte die Studie von *Scheibel et al., 2011* „Arthroscopic Soft Tissue Tenodesis vs. Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps Tendon“, wengleich nur selektierte Teilergebnisse für die hier vorliegende Erhebung herangezogen werden konnten. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass bei der Indikation zur Tenodese die Ankerfixation (Fadenanker bzw. knotenlose Ankerfixation) einer Weichteiltenodese bevorzugt werden sollte, da die knöcherne Fixation signifikante Vorteile hinsichtlich der strukturellen Integrität und dem klinischen Outcome lieferte. Der Fokus dieser Vergleichsstudie war auf den dabei angewandten, erst kürzlich entwickelten Langen-Bizepssehnen score gerichtet, der gleichermaßen in der hier vorliegenden Untersuchung Einsatz fand.

### 1.3. Zielsetzung und Hypothesen

Die vorliegende retrospektive Erhebung befasst sich mit den operativen Therapiemöglichkeiten der noch relativ unangetasteten Pulley-Läsion. Die im Rahmen dieser Arbeit zum Einsatz gekommene arthroskopische und mini-open Fadenankertenodese bei einem großen Patientenkollektiv wird hinsichtlich ihres klinischen und strukturellen Outcomes gegenübergestellt. Es soll eruiert werden, ob und in wieweit sich die beiden Operationsmethoden in Bezug auf die objektiven Parameter Beweglichkeit, Kraft und Funktionsfähigkeit, sowie der subjektiven Variable Schmerz im Gesamten, aber auch unter Gliederung in drei Nachuntersuchungszeitspannen unterscheiden. Ein weiterer wesentlicher Faktor bildet das postoperative kosmetische Resultat mit der Evaluation insbesondere der objektiven Beurteilung. Es sollen diesbezüglich Aussagen der biomechanischen Eigenschaften sowie der Dislokationsrate getroffen werden.

Zu den o.g. Themenkomplexen werden als Forschungsgrundlage fünf Arbeitshypothesen aufgestellt, die im Folgenden erläutert werden:

- H1: Es besteht ein Unterschied zwischen den arthroskopisch und mini-open operierten Patienten via Fadenankertenodese bei Pulley-Läsionen in Bezug auf die Schmerzsymptomatik sowohl im Gesamten, als auch in den drei zeitlichen Nachuntersuchungschroniken
- H2: Die Patienten infolge der arthroskopischen bzw. mini-open Fadenankertenodese bei Pulley-Läsionen unterscheiden sich hinsichtlich der Beweglichkeit sowohl in der gesamten Gegenüberstellung, als auch im Kurz-, Mittel- und Langzeitvergleich.
- H3: Die allgemeine sowie die in drei Nachuntersuchungszeiträume eingeteilte Gegenüberstellung der arthroskopischen vs. mini-open Repair mittels Fadenanker bei Pulley-Läsionen zeigen Unterschiede bezüglich der Kraftentwicklung.
- H4: Die Operationsgruppen der arthroskopischen vs. mini-open Fadenankertenodese bei Pulley-Läsionen im Gesamten, sowie auch in deren Kurz-, Mittel- und Langzeitvergleich differenzieren sich hinsichtlich der Einsatz- und Funktionsfähigkeit im Alltag.

H5: Es wird sowohl in der gesamten Gegenüberstellung, als auch in den drei Nachuntersuchungschroniken ein Unterschied zwischen den arthroskopisch und mini-open operierten Patienten mittels Fadenankertenodese bei Pulley-Läsionen in Bezug auf das objektive kosmetische Resultat deutlich.

Jenen formulierten fünf Arbeitshypothesen steht die Nullhypothese entgegen, die folglich impliziert, dass kein Unterschied zwischen der arthroskopischen und mini-open Fadenankertenodese bei Pulley-Läsionen – sowohl in Gegenüberstellung der Gesamtgruppen, als auch in den Kurz-, Mittel- sowie Langzeitvergleichen – hinsichtlich der o.g. Merkmale erkennbar ist.

## 2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

### 2.1. Anatomie der Schulter

Das Schultergelenk (Glenohumeralgelenk, Articulatio / Art. glenohumerale) ist das beweglichste Gelenk des menschlichen Körpers. Durch seine Funktion der Kraftübertragung dient es Bewegungen der Anteversion bzw. Flexion, der Retroversion bzw. Extension, der Abduktion und Adduktion, sowie der Innen- und Außenrotation.

Die volle Funktionsfähigkeit dieses Gelenks geht mit der Gebrauchsfähigkeit des Armes einher. Nahezu jede Bewegung des Armes entsteht aus dem Zusammenwirken der Strukturen der oberen Extremität. Es ermöglicht uns, die Hand im Raum zu positionieren und für vielseitige Zwecke zu gebrauchen (*Habermeyer, 2002*).

An dem großen Bewegungsumfang des Armes im Schulterbereich sind insgesamt fünf Gelenke beteiligt, die in Haupt- und Nebengelenke unterteilt werden (*Schünke et al., 2007*). Viele Bewegungen, die scheinbar im Art. glenohumerale ausgeübt werden, ereignen sich jedoch in diesen kleinen bzw. Nebengelenken, sodass ohne deren Beteiligung die Beweglichkeit der oberen Extremität zu großen Teilen beeinträchtigt wäre (*Friedebold und Zilch aus Witt et al., 1982*).

Der Bewegungsumfang ist sowohl von der Gelenkform, als auch von den gelenkumgebenden Strukturen wie Muskeln, Bändern und der Kapsel abhängig. Das Art. glenohumerale zählt zu den dreiachsigen bzw. kugelförmigen Gelenken, was zu größtmöglicher Bewegungsamplitude führt und sogar Rotationsbewegungen erlaubt. Es ist ein hauptsächlich muskelgeführtes Gelenk und nur zu geringem Anteil durch Bänder gesichert. Das heißt, dass die gelenkige Verbindung weitestgehend aus Muskeln besteht und nicht wie beispielsweise das Hüftgelenk seine Stabilität durch eine große Gelenkfläche bzw. -pfanne sowie sehr belastbare und widerstandsfähige Bänder erhält. Ebenfalls sind zahlreiche Bursen vorhanden. Sie vermindern auftretende Reibungen, bilden einen dämpfenden Reserveraum zwischen Muskelplatten bzw. zwischen Muskeln und Knochen und kommunizieren häufig mit der Gelenkhöhle.

Diese muskuläre Führung des Art. glenohumerale geht als Vorteil hervor, wenn man die Beweglichkeit in Betracht zieht. Jedoch kann sich aus dieser Verbindungsart auch ein Nachteil ergeben, da die Stabilität – verglichen mit dem Hüftgelenk – deutlich geringer und die Anfälligkeit für Traumata wie Frakturen, Rupturen oder Luxationen sowie degenerative Schädigungen somit größer ist (*Staubesand et al., 1985; Jungermann und Gumpert, 2008*).

### 2.1.1. Knöcherne Strukturen

Knöchern besteht die Schulter aus dem Schultergürtel, der sich aus drei Knochen – der Scapula, dem Humerus sowie der Clavicula – zusammensetzt und die oberen Extremitäten mit dem Rumpf verbindet (Abb. 2.2.).

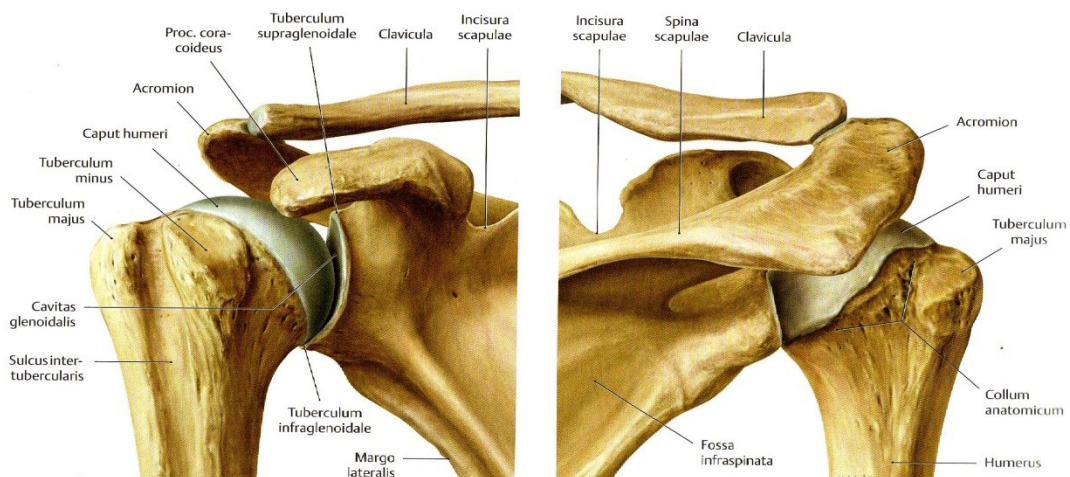


Abb. 2.1.: Schultergelenk – Die artikulierenden Skelettelemente eines rechten Schultergelenks links: Ansicht von ventral; rechts: Ansicht von dorsal (Schünke et al., 2007)

#### 2.1.1.1. Der Humerus

Der Humerus bzw. Os humeri ist einer der längsten und dicksten Röhrenknochen. Der Caput ossis humeri befindet sich am oberen Ende des Humerus, ist lateral auf dem Schaft angesetzt und steht in einem Neigungswinkel von  $45^\circ$  gegenüber der Schaftachse. Er ist mit  $40^\circ$  gegenüber der Kondylenachse des distalen Humerus retrovertiert. Mit seiner nahezu kugelförmigen Gelenkfläche bildet er mit der Cavitas glenoidalis der Scapula das Art. glenohumerale. Sein Collum anatomicum humeri dient als Ansatz für die Gelenkkapsel und grenzt den Gelenkkopf vom übrigen Teil der Epiphyse ab (Abb. 2.1.; Hochschild, 2005; Kapanji, 1999).

Seine kraniale und abgerundete Oberfläche ist, wie alle Gelenke auch, mit einer Schicht von hyalinem Knorpelgewebe überzogen. Er teilt sich in zwei Knochenvorsprünge, dem Tuberculum (Tub.) majus und minus. Der größere Vorsprung liegt an der lateral-ventralen Seite des proximalen Humerus, an dem von proximal nach distal folgende Muskeln ansetzen, die mit einigen weiteren als

Rotatorenmanschette bezeichnet werden: M. supraspinatus, M. infraspinatus und M. teres minor.

Das Tub. minus ist zwar kleiner, springt aber stärker frontal hervor und weist in die Zugrichtung des M. subscapularis, der dort ansetzt und als letzter der vier Muskeln zur Rotatorenmanschette gehört. Zwischen beiden Tubercula (Tubb.) verläuft eine Rinne, der Sulcus intertubercularis (Sulcus bicipitalis), wodurch die lange Sehne des M. biceps brachii verläuft.

Der Caput humeri bildet somit zusammen mit der Scapula ein Kugelgelenk, das den Thorax mit dem Arm verbindet (Abb. 2.1. und 2.2.; *Schünke et al., 2007; Staubesand et al., 1985*).

Der Sulcus intertubercularis befindet sich lateral des Os humeri. Er befindet sich zwischen den Tubb. majus und minus auf der Sagittalebene und verläuft von lateral-kranial nach medial-kaudal, wie aus den Abbildungen 2.1.-3. ersichtlich wird. Dieser osteofibröse Kanal zieht über eine Länge von etwa 2 bis 5 cm nach distal bis etwa zum Beginn des mittleren Knochendrittels und verliert im Verlauf zunehmend an Ausprägung (*Gohlke u. Hedtmann, 2002; Habermeyer, 2002*).

Die Form des Sulcus intertubercularis ist gekennzeichnet durch eine rinnenförmige Vertiefung mit einer Ausziehung des Tub. minus nach kranial bis an das Collum anatomicum mit einer durchschnittlichen Einsenkung von 4 bis 6 mm. An beiden Seiten des Sulcus befinden sich zwei Knochenkämme, die Crista tuberculi majoris und minoris, die von beiden Tubercula entspringen. Durch den Sulcus intertubercularis verläuft die LBS, ummantelt von der Vagina synovialis intertubercularis, sowie einem Ast der Arteria circumflexa humeri anterior. Er wird vom Ligamentum transversum humeri und Ausläufern der Sehne des M. pectoralis major pars sternocostalis bedeckt (*Gohlke und Hedtmann, 2002; Hochschild, 2005*).

Ferner setzen sich auf Höhe der beiden Tubercula oberflächliche Faseranteile der Sehne des M. subscapularis, sowie Anteile der nach lateral ausgerichteten Sehnenplatte des M. supraspinatus bis zur Sehne des M. infraspinatus über den Sulcus hinweg. *Habermeyer, 2002* bezeichnet dieses bandartige Brückengebilde der Rotatorenmanschette als „Ligamentum intertuberculare“.

Der Sulcus liegt bei etwa 30° Innenrotation ventral und ist kaum als deutliche Rinne palpabel, da er von o.g. Strukturen ausgefüllt ist. Lediglich bei passiven Außen- und Innenrotationsbewegungen sind die Ränder der Tubb. majus und minus, sowie die dazwischen liegende Bizepssehne zu ertasten (*Habermeyer, 2002; Hochschild, 2005*).

Das distale Humerusende geht in den Epicondylus lateralis und medialis über und verfügt somit über zwei Gelenkflächen: der Trochlea und Caput humeri (*Kapanji, 1999*).

### 2.1.1.2. Die Scapula

Die Scapula formt den dorsalen Teil des Schultergürtels und dient der Fixierung des Armes sowie als Ursprung und Ansatz u.a. der Mm. trapezius, levator scapulae, serratus anterior, pectoralis minor und den Mm. rhomboidei, wie aus den Abbildungen 2.1. und 2.2. hervorgeht. Die Scapula ist ein platter und dreieckiger Knochen mit zwei Flächen, der Facies posterior und costalis, sowie drei Rändern, der Margo superior, lateralis und medialis und ferner drei Winkeln, dem Angulus superior, inferior und lateralis. Dorsal wird die Scapula durch eine knöchernen Leiste, der Spina scapulae geteilt, die nach lateral im Acromion endet, welches das Glenohumeralgelenk dorsal und kranial überlagert. Das Acromion liegt direkt unter der Haut und kann daher leicht als anatomischer Bezugspunkt palpieren werden (*Faller und Schünke, 2004; Reichert, 2003; Pschyrembel – Klin. Wörterbuch, 2004*).

Der obere Teil der Facies posterior formt eine Grube, die Fossa supraspinata, in der der M. supraspinatus eingebettet ist; die untere Ausbuchtung, die Fossa infraspinata, dient dem M. infraspinatus. Sowohl der M. supraspinatus als auch der M. infraspinatus haben ihren Ursprung in den Fossae und setzen am Humeruskopf an.

Die Scapula liegt in Ruheposition bei dorsaler Betrachtung leicht lateral und reicht von der 2. bis zur 7. Rippe; die Spina scapulae befindet sich auf Höhe von Th3. Sie ist durch den Thorax nach anterior ausgerichtet und formt aus kranialer Sicht mit der Frontalebene einen Winkel von 30°. Zusammen mit der Clavicula bildet sie einen Winkel von 60° und lateral betrachtet ist sie wegen des Thorax um 20° nach ventral geneigt (*Hochschild, 2005; Kapanji, 1999*). Die Verbindung zum Thorax erfolgt durch eine Synsarkose, d.h. sie ist durch eine rein muskulöse Bewegungsführung gekennzeichnet.

Die oval geformte und am oberen äußeren Winkel des Scapulakörpers sitzende **Cavitas glenoidalis** besitzt vertikal einen größeren Durchmesser als horizontal und eine vierfach kleinere Gelenkfläche als die des Humerus. Sie ist um 15° gegenüber der Vertikalen geneigt und durch eine Retroversion von 10° gekennzeichnet (*Frisch, 1995; Kapanji, 1999*). In ihrem Zentrum ist die Knorpelfläche dünner, verdickt sich jedoch weiter peripher bis sie am Knochenrand in das aus dem gleichen Fasermaterial aufgebaute **Labrum glenoidale** übergeht. Dies ist eine etwa 4 mm breite Gelenkklippe aus Bündeln dicht gepackter Kollagenfasern, die den Rand der Cavitas konzentrisch umhüllt und die Pfanne schützt bzw. ihr als Widerlager gegen beachtliche Querdehnungen des Gelenkknorpels dient, die bei größerem Gelenkdruck auftreten können. Dadurch wird sie etwas vergrößert und es kommt zu einer

Verstärkung deren Konkavität, womit eine Kongruenz zwischen den artikulierenden Flächen geschaffen werden kann (*Habermeyer, 2002; Kapanji, 1999*).

Am superioren knöchernen Rand der Cavitas glenoidalis ist das Tub. supraglenoidale befestigt, an dem Fasern der Ursprungssehne des caput longum des M. biceps brachii übergehen (Abb. 2.1. und 2.8.). Des Weiteren strahlen Sehnenfasern des caput longum des M. triceps brachii am Tub. infraglenoidale ein, welches sich am inferioren Teil des Labrums befindet. (*Frisch, 1995; Kapanji, 1999*)

Die exakte Befestigung des Labrums lokalisiert sich entlang des Scapulahalses. *Habermeyer, 2002* kennzeichnet das Labrum glenoidale als ein Teil des periartikulären Fasersystems, da es sowohl mit der Gelenkkapsel, aber auch mit dem caput longum des M. biceps brachii und dem caput longum des triceps brachii eine funktionelle Einheit bildet.

Der **Processus coracoideus** als weitere prominente Struktur, ist kein eigenständiger Knochen, sondern ein Fortsatz der Scapula. Er entspringt kranial des Scapulakopfs und verläuft bogenförmig zunächst nach ventral in Richtung Kopf und Körpermitte, dann aber lateral zur Körperaußenseite. Er endet leicht verdünnt und abgerundet und dient dem Ursprung des M. biceps brachii (caput breve) und M. coracobrachialis, dem Ansatz des M. pectoralis minor sowie den Ligamenta coracoclaviculare (Lig. trapezoideum, conoideum) und dem Lig. coracoacromiale am peripheren Rand des Processus (Abb. 2.1., 2.3., 2.8.; *Staubesand et al., 1985; Faller und Schünke, 2004; Pschyrembel - Klin. Wörterbuch, 2004; Hochschild, 2005*).

### 2.1.1.3. Die Clavicula

Aus der Abbildung 2.2. geht hervor, dass die Clavicula s-förmig gebogen ist. *Frisch, 1995* bezeichnet sie als die knöcherne Führungsstange des Schultergürtels, verbindet also gelenkig das Sternum mit dem Acromion (Sternoclavicular- und Akromioclaviculargelenk) und kann beim Erwachsenen eine Größe von circa 12 - 15 cm erreichen.

Die Clavicula wird als einziger Extremitätenknochen während der embryonalen Entwicklung auf bindegewebiger Grundlage ausgebildet und nicht knorpelig geformt (*Gohlke und Hedtmann, 2002; Pschyrembel: Klin. Wörterbuch, 2004*). Durch den geringen Schutzmantel und wegen des oberflächlichen Verlaufs unter der Haut kann er vollständig palpiert werden, ist aber auch sehr anfällig für Frakturen.

Als essentieller Teil des Schultergürtels besitzt die Clavicula die Funktion, dem Arm die Elevation durch die Bewegung beider beteiligter Gelenke zu ermöglichen. Ferner



dient er auch als Abstandhalter für den Plexus brachialis, dem Nervengeflecht des Schultergürtels (Schünke et al., 2007; Hochschild, 2005; Kapanji, 1999).

### 2.1.2. Haupt- und Nebengelenke

An dem großen Bewegungsumfang der oberen Extremität sind neben dem Glenohumeralgelenk noch weitere vier Gelenke beteiligt. Mithilfe dieses Gelenkkomplexes kann der Mensch viele Bewegungen der oberen Extremität definieren. Die einzigen knöchernen Gelenkverbindungen zum Thorax sind die Schlüsselbeingelenke (Frisch, 1995).

Schünke et al., 2007 gliedern in drei Diarthrosen, also Haupt- oder echte Gelenke und zwei Synarthrosen, d.h. Neben- bzw. falsche Gelenke. Nebengelenke sind dadurch gekennzeichnet, dass nicht wie bei Hauptgelenken beide kontaktierenden Gelenkflächen mit einer Knorpelschicht überzogen sind, sondern eine Bewegung zwischen gleitenden Weichteilstrukturen abläuft, die zum Teil mit einer Bursa synovialis als Verschiebeschicht versehen sind (Echtermeyer und Sangmeister, 1996).

In der Abbildung 2.2. sind alle fünf Gelenke der Schulter kreisförmig markiert. Zu den drei Hauptgelenken der Schulter gehören das Art. glenohumerale, sternoclavicularis und acromioclavicularis.

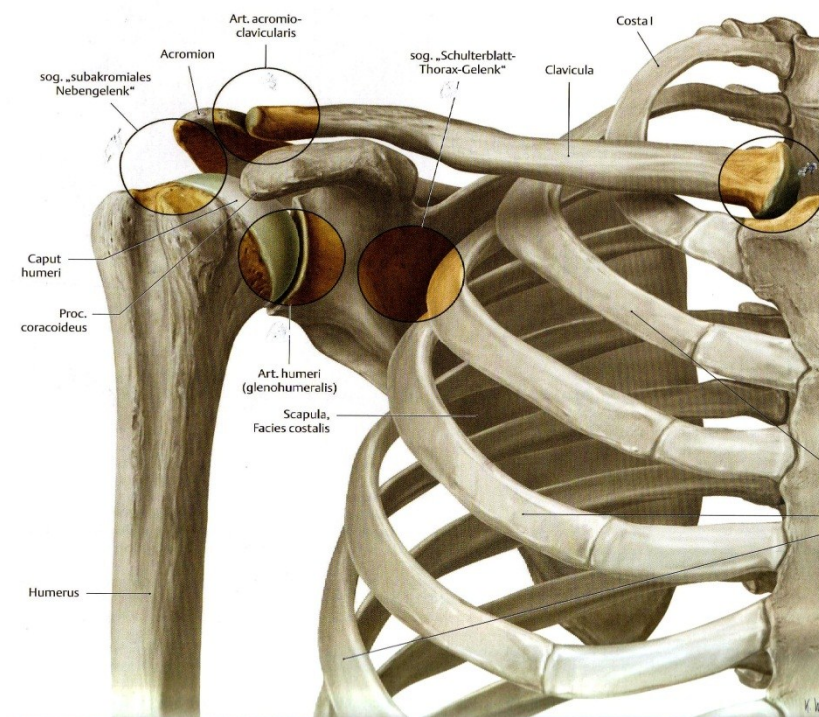


Abb. 2.2.: Die fünf Gelenke der Schulter (Schünke et al., 2007)

### 2.1.2.1. Articulatio glenohumerale

Als Schulterhauptgelenk, wie in der Abbildung 2.2. dargestellt ist, bezeichnet man das Kugelgelenk zwischen Scapula und Humerus. Es hat das größte Bewegungsausmaß aller Gelenke des menschlichen Skeletts. Dies wird durch die kleine Fläche von etwa 6 cm<sup>2</sup> der flach konkaven Cavitas glenoidalis, die lediglich ein Viertel des konvexen caput humeri (Gelenkfläche etwa 24 cm<sup>2</sup>) bedeckt sowie der minimalen knöchernen Kontaktfläche des Gelenks ermöglicht. Die Gelenkspaltbreite beträgt etwa 4 bis 6 mm und der Radius des caput humeri etwa 3 cm in der Frontalebene (*Habermeyer, 2002; Kapanji, 1999*).

Neben dem die Schulterpfanne randumlaufenden Labrum glenoidale bilden beim Art. glenohumerale überwiegend die Weichteile wie Gelenkkapsel, glenohumerale Bänder sowie die Muskeln und Sehnen der Rotatorenmanschette die Führung, was zu minimaler und passiver Stabilität führt und in eine relativ geringe Kraft dieser Strukturen resultiert. Zwar erhöht sich durch die Größenverhältnisse dieses Gelenks die Risikoanfälligkeit für Instabilitäten bzw. Traumata, jedoch ermöglichen sie eine maximale Ausnutzung der Hauptbewegungsachsen (*Habermeyer, 2002*). Für *Staubesand et al., 1985* sind allein durch die Anordnung aller vom Rumpf und Schulterblatt kommenden und die Gelenkpfanne umgebenden Muskeln evident, dass dieses Gelenk fast ausschließlich durch Muskelkraft geführt und gesichert ist, da die Gelenkpfanne sozusagen im Mittelpunkt dieses Muskeltrichters liegt.

Bei lateraler Betrachtung, im Bereich des superioren Pfannenrandes, ist das Labrum nur wenig mit diesem verbunden, um der hier einstrahlenden LBS eine gute Beweglichkeit zu garantieren (*Habermeyer, 2002*).

Die Palpation Art. glenohumerale stellt sich – verglichen mit anderen Gelenken – als verhältnismäßig schwierig heraus und ist vorzugsweise in Neutral-0-Stellung bei herabhängendem Arm von der Achselhöhle möglich (*Hauser-Bischof, 2003; Staubesand et al., 1985*).

### 2.1.2.2. Articulatio acromioclaviculare

Neben dem Art. glenohumerale zählen desgleichen beide Claviculargelenke als Diarthrosen der Schulter. Sie sind meist zusammen aktiv. Jede Positionsänderung der Scapula bedingt auch eine Bewegung in beiden Gelenkverbindungen (*Frisch, 1995*).

Das Art. acromioclaviculare (Abb. 2.2.) bildet die gleichnamige Verbindung zwischen dem Acromion und der Clavicula. Am lateralen Ende des Schlüsselbeins findet man

eine plane bis gering konvexe Gelenkfläche vor, die sich in eine ebenso flache bzw. leicht konvexe, knorpelüberzogene Mulde des Acromions einfügt. In diesem Gelenk findet sich für den optimalen Gelenkschutz und die Druckverteilung ein Diskus, der jedoch unvollständig ausgeprägt bzw. beim Erwachsenen meist durchlöchert ist. Der Gelenkspalt ist etwa 2 bis 4 mm breit und befindet sich bei normalem Stand des Schultergürtels und der Brustwirbelsäule nahezu in der Sagittalebene (*Frisch, 1995*), wobei er aus kranialer Betrachtung etwas von dorsomedial nach ventrolateral und aus ventraler Sicht nach kaudomedial abweicht (*Habermeyer, 2002; Hochschild, 2005*).

Die Bewegungsamplitude ist durch die unmittelbare Nähe des Thorax eingeschränkt. Stabilisiert wird das Art. acromioclaviculare durch die Gelenkkapsel sowie deren verstärkenden Ligamenta (Ligg.) acromioclaviculare superius und inferius, die mit der Kapsel verwachsen sind. Auch ziehen einige Anteile an Sehnenfasern des M. deltoideus und M. trapezius ein (*Hochschild, 2005*).

#### **2.1.2.3. Articulatio sternoclaviculare**

Das Art. sternoclaviculare (Abb. 2.2.) bildet die einzige gelenkige Verbindung zwischen Sternum und Clavicula und somit die alleinige Verbindung zum Rumpf. Es steht cranial leicht über dem Manubrium sterni und ist durch die Haut sicht- und fühlbar. Die Clavicula kreuzt in ihrem Verlauf die 1. Rippe und liegt mit ihrem medialen Ende in der Grube des Sternums. Diese sattelförmige Gelenkfläche ist von einem starken Apparat der Ligg. sternoclavicularis, costoclavicularis und interclaviculare überzogen und lässt Bewegungen nach kranial-ventral sowie nach kaudal und dorsal zu. Die Gelenkkapsel ist zu allen Seiten mit dem Diskus verwachsen (*Echtermeyer und Sangmeister, 1996*).

#### **2.1.2.4. Nebengelenke**

Das sogenannte „subacromiale Nebengelenk“ (subakromialer Gleitraum; Abb. 2.2.) bildet die Verbindung zwischen Acromion und Humeruskopf und stellt ein Gleitlager aus Schleimbeuteln zwischen Schulterdach und Rotatorenmanschette dar. Der Abstand zwischen Acromion und Humerus beträgt etwa 9 mm. Der subacromiale Raum wird durch das knöcherne Dach aus Acromion, Coracoid und das diese überspannende Lig. coracoacromiale eingegrenzt. Dieser Raum wird von der Bursa

subacromialis, des darunter liegenden M. supraspinatus (teilweise M. infraspinatus) und der mit ihr verlaufenden LBS ausgefüllt (*Hochschild 2005, Kapanji, 1999*).

Die Bursae ermöglichen durch einen dünnen Flüssigkeitsfilm den Gleitmechanismus und verhindern Reibungen zwischen Schulterdach und Sehnenplatte.

Störungen des Gleichgewichts von Rotatorenmanschette und M. deltoideus haben unwillkürlich eine Dysbalance in der Kraftverteilung und somit Funktionseinbußen der Schulter zur Folge (*Habermeyer, 2002*).

Es bilden sich in diesem Zwischenraum zahlreiche degenerative Prozesse. Nach *Hauser-Bischof, 2003* haben außerdem morphologische Veränderungen sowie Spornbildungen des Acromions im Subacromialraum große Auswirkungen auf die Rotatorenmanschette.

Das Zusammenspiel zwischen Scapula und Thorax wird als fünftes und unechtes Gelenk bezeichnet. Das sogenannte „Schulterblatt-Thorax-Gelenk“ (Scapulothorakales Gleitlager, Scapulathorakale Gleitebene) ist ein Gleitlager aus lockerem Bindegewebe zwischen den Muskeln Subscapularis und Serratus anterior. In Ruheposition befindet sich das Schulterblatt von der 2. bis zur 7. Rippe und die Spina scapulae auf Th3 (*Kapandji, 1999; Hochschild, 2005*).

### **2.1.3. Kapsel des Articulatio glenohumerale**

Die Gelenkkapsel des Art. glenohumerale ist – bedingt durch seine große Bewegungsamplitude – elastisch, relativ weit und dünn, damit sie dieser den extrem weiten Bewegungsspielraum ermöglichen kann. Folglich sind ihre Anteile nur unzureichend fähig, eine Stabilitätsfunktion einzunehmen. Eine mit der Gelenkkapsel unmittelbar verwachsene Sehnenkappe umschließt den Humeruskopf und hält ihn in jeder Bewegungsstellung in der Pfanne. Die kapsulären Strukturen werden jedoch anhand von Recessi erweitert. Kaudal befindet sich als Umschlagfalte der Recessus axillaris, um v.a. Bewegungen in Abduktion zu ermöglichen. Ventral über dem M. subscapularis befindet sich der Recessus subscapularis, der mit dem Labrum glenoidale verwachsen ist. Am Humerus setzt die Gelenkkapsel am Collum anatomicum an und geht ventral in die Sehne des M. subscapularis, kranial in die des M. supraspinatus und dorsal in die der Mm. infraspinatus und teres minor über (*Hochschild, 2005*). In Neutral-0-Gelenkposition befinden sich die kranialen Kapselanteile in einem Spannungszustand, während der kaudale Teil entspannt ist. In 90° Armabduktion liegt der Recessus subscapularis in Falten, der Recessus axillaris

unter Spannung und folglich sind beide Anteile der Kapsel in etwa 45° Abduktion gespannt (*Hauser-Bischof, 2003; Hochschild, 2005*).

#### 2.1.4. Bänder des Articulatio glenohumerale

Zusätzlich zur muskulären und kapsulären Gelenkstabilisation sind Bänder vorhanden, die der Kapsel direkt anliegen bzw. deren Verstärkung bilden. Im Verhältnis zu seiner Beanspruchung hat das Schultergelenk jedoch einen relativ schwach ausgebildeten Bandapparat, der nur aus drei Bändern besteht und dem Gelenk keine hinreichende Führung gewährt. Die Ligg. coracohumerale und glenohumerale bilden kranial und ventral eine Kapselverstärkung des Schultergelenks.

Das **Lig. coracohumerale** (CHL) verläuft vom Processus coracoideus und unterteilt sich in zwei Bandstränge. Ein Teil hat seinen Ursprung am Processus coracoideus und inseriert am Tub. majus mit dem Sehnenansatz des M. supraspinatus. Der zweite Teil entspringt ebenfalls am Processus coracoideus und setzt am Tub. minus zusammen mit dem Sehnenansatz des M. subscapularis an. Das Band deckt durch seine Faserausläufer tunnelartig den proximalen Abschnitt des Sulcus intertubercularis mit darin liegender LBS ab. Es trägt zur Zentrierung des Humeruskopfes und der Begrenzung der Flexion und Adduktion sowie zur Außenrotation in 90° Abduktionsstellung bei.

Das **Lig. glenohumerale** gliedert sich in drei Teile, die sehr dünn mit der Kapselwand verwachsen sind und in z-Form auf ihr liegen. Der Pars superior (Lig. glenohumerale superior; SGHL) entspringt am anterosuperioren Labrum, verläuft ventral der LBS und inseriert am oberen Anteil des Tub. minus. Er wird durch den M. subscapularis überlagert. Die Pars mediale und inferior verlaufen unterhalb der Pars superior und verstärken auch die Kapsel.

Durch Spannung aller Bandanteile wird die Außenrotation limitiert und eine inferiore Subluxation verhindert. Bei der Innenrotation entspannen sich alle Anteile.

Während das **Lig. coracoacromiale** – verlaufend vom Processus coracoideus bis zum ventralen Akromionneck – einen Teil des Schulterdachs bildet und eher weniger zur glenohumeralen Stabilisation beiträgt, verhindert es jedoch durch die faserige Verbindung zum Lig. coracohumerale eine inferiore Subluxation (*Hochschild, 2005; Kapanji, 1999; Habermeyer, 2002*). Der komplexe Bandapparat des Art. glenohumerale wird aus nachfolgender Abbildung 2.3. deutlich.

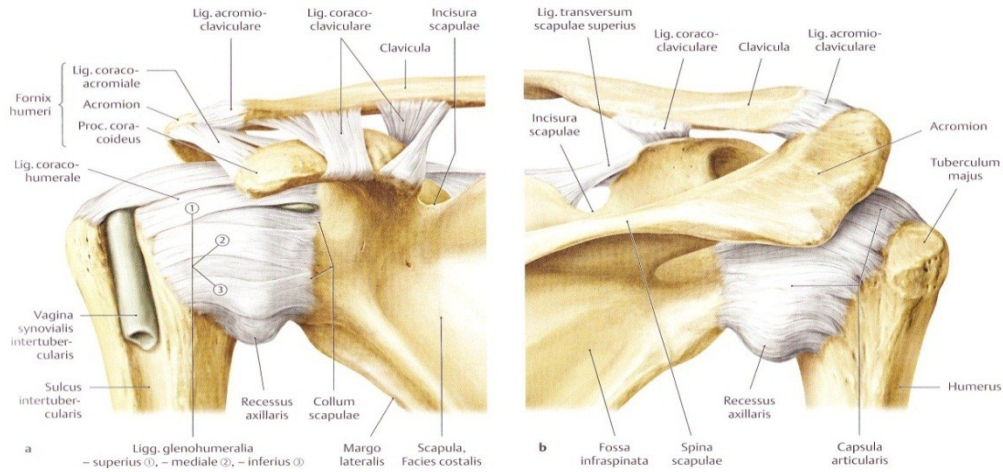


Abb. 2.3.: Bänder des Art. glenohumerale; a) Ansicht von ventral; b) Ansicht von dorsal (Schünke et al., 2007)

### 2.1.5. Rotatorenmanschette

Die Rotatorenmanschette ist eine relativ kleine Muskelgruppe, unmittelbar der Gelenkkapsel anliegend. Sie wird für gewöhnlich unter dem Begriff „Rotatorenmanschette“ zusammengefasst, da sie das Schultergelenk wie eine Manschette bzw. eine Kappe umgreift. Diese funktionell wichtige Muskelgruppe besteht aus vier Hauptmuskeln, den Mm. supraspinatus (SSP), infraspinatus (ISP), subscapularis (SSC), teres minor sowie deren dazugehörigen Sehnen. Alle vier Sehnen haben ihren Ansatz am Tub. majus bzw. minus am ventro-lateralen Humerus (Abb. 2.4.). Als Hilfsmuskel der Rotatorenmanschette wird auch häufig der M. biceps brachii mit seiner langen Sehne genannt (Kap.2.1.6.; Hochschild, 2005; Pschyrembel – Klin. Wörterbuch, 2004).

Der Rotatorenmanschette wird die wichtige Aufgabe zugeschrieben, den Humeruskopf in jeder Stellung des Armes im Raum in die sehr flache Pfanne des Glenoids zu fixieren und zentrieren („Zentriermanschette“). Fehlt die Rotatorenmanschette, stößt der Humeruskopf beim Heben des Armes am Schulterdach an (Echtermeyer u. Sangmeister, 1996; Hauser-Bischof, 2003).

Sie ist für die Drehung und Hebung des Armes mitverantwortlich, was in eine extreme Beweglichkeit in mehreren Beugeebenen und Drehachsen resultiert (Kapandji, 1999).

Darüber hinaus spannt jeder Muskel der Rotatorenmanschette die Kapsel des Schultergelenks an. Wegen der geringen knöchernen Führung des Schultergelenks und des schwachen Kapsel-Bandapparates wird die Sicherung des Schultergelenks

vor allem von der Rotatorenmanschette und dem M. deltoideus, der wie eine äußere Hülle um das Schultergelenk und die Rotatorenmanschette liegt, übernommen.

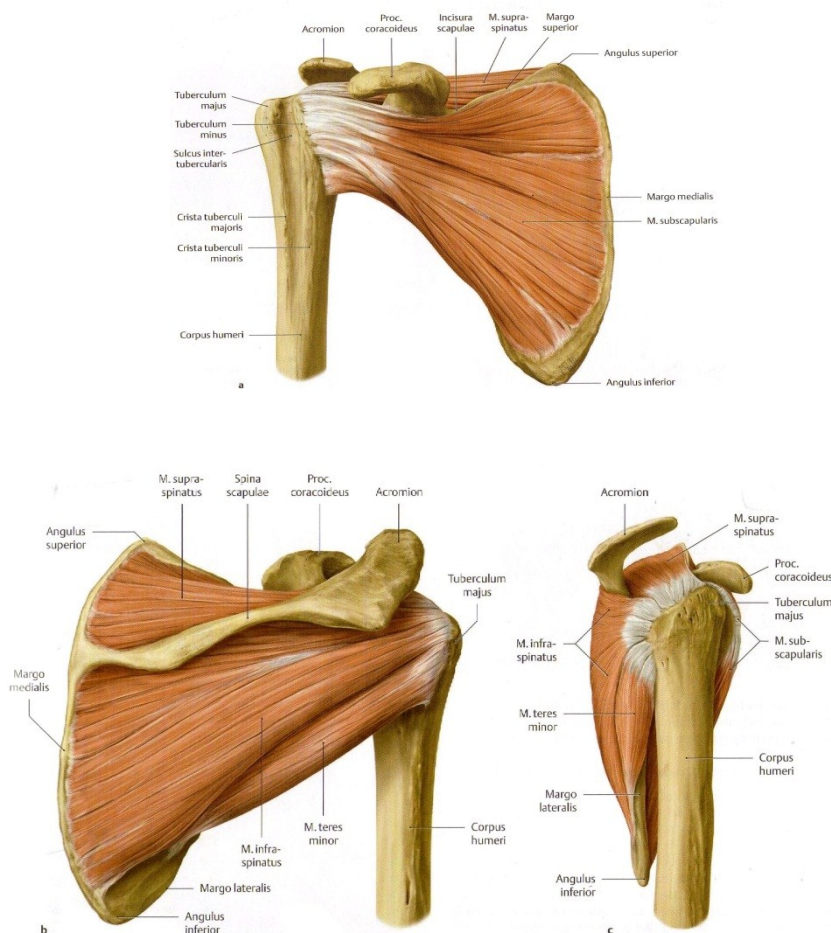


Abb. 2.4.: Muskeln der Rotatorenmanschette eines rechten Schultergelenks;  
oben (a): Ansicht von ventral; unten links (b): Ansicht von dorsal;  
unten rechts (c): Ansicht von lateral (Schünke et al., 2007)

Der **M. supraspinatus** entspringt am oberen Anteil der Rückfläche des Schulterblattes (Fossa supraspinata der Scapula) und verläuft unter dem Schulterdach zum lateralen Humerus, dem Tub. majus. Seine Hauptaufgabe besteht – neben der Stabilisation des Schultergelenks von kranial – in der Abduktion, insbesondere in der Startphase des am Körper anliegenden Arms.

Am unteren Anteil des dorsalen Schulterblattes (Fossa infraspinata der Scapula) entspringt der **M. infraspinatus** und setzt ebenfalls am Tub. majus des Humerus, etwas hinter dem M. supraspinatus an. Er verläuft unterhalb der Spina scapulae,

stabilisiert die dorsale Seite des Schultergelenks und ist der stärkste Außenrotator des Oberarmes.

Der **M. subscapularis** hat seinen Ursprung an der ventralen Seite der Scapula (Fossa subscapularis) und endet an der ventralen Seite des Humerus, dem Tub. minus. Er stabilisiert das Schultergelenk von ventral. Wenn er sich anspannt, wird der Oberarm nach innen gedreht (stärkster Innenrotator) und an den Körper adduziert.

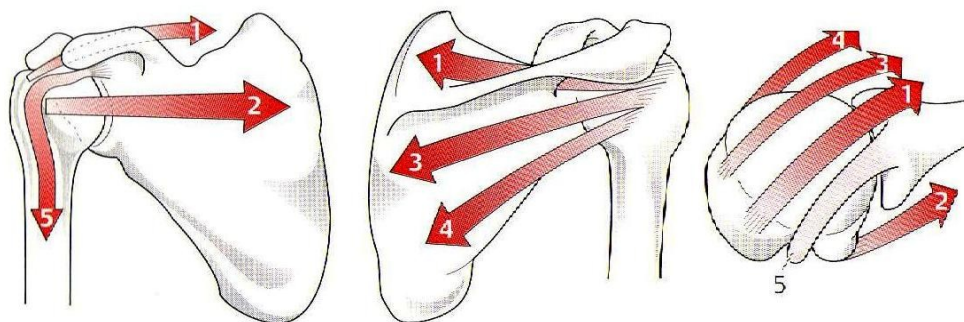
Als letzter Muskel der Rotatorenmanschette entspringt der **M. teres minor** am Seitenrand des Schulterblattes (Margo lateralis) und setzt auch am Tub. majus an. Funktionell ist er ein schwacher Außendreher des Oberarms; seine Hauptaufgabe besteht jedoch in der Adduktion des Oberarms. Er führt – zusammen mit dem M. infraspinatus – zu einer erhöhten Stabilisation des Schultergelenks von dorsal.

Die Sehnen dieser Muskeln sind breitflächig, liegen unmittelbar dem Kapsel-Band-Apparat auf und sind mit der Kapsel verwachsen.

Die Rotatorenmanschette ist folglich für die Beweglichkeit des ganzen Armes wichtig und verleiht zusammen mit der größer flächigen Muskulatur (z.B. M. deltoideus und teres major) des Schultergelenks den größten Bewegungsspielraum aller Gelenke des menschlichen Skeletts. *Held, 2008* betont, dass diese vier Muskeln immer jeweils synergistisch mit Muskeln außerhalb der Rotatorenmanschette arbeiten.

Der große Humerus und das Glenoid haben eine nur sehr geringe Kontaktfläche, weswegen sich aufgrund dieser enormen Belastungen gehäuft Erkrankungen im Bereich der Rotatorenmanschette finden.

Die Abbildung 2.5. macht die Zugwirkung der Rotatorenmanschette auf den Humerus deutlich:



*Abb. 2.5.: Muskuläre Zugwirkung der Rotatorenmanschette*

*links: Frontalebene von ventral; mitte: Frontalebene von dorsal; rechts: Horizontalebene:*

*1. SSP; 2. SSC; 3. ISP; 4. M.teres minor; 5. LBS (Echtermeyer und Sangmeister, 1996)*



An letzter Stelle ist der **Musculus deltoideus** (Abb. 2.6.) zu erwähnen. Er gehört nicht zur Rotatorenmanschette, hat aber durch seine anatomische Lage große Auswirkungen auf alle darunter liegenden Muskeln (v.a. den M. supraspinatus) (Hochschild, 2003).

Der M. deltoideus, v.a. dessen mittlerer Anteil (Pars acromialis), ist der kräftigste Abduktor im Schultergelenk. Unterstützt wird er vom anterioren und posterioren Anteil (Pars clavicularis und spinalis). Der M. deltoideus hat seine Ursprünge an der vorderen Kante des lateralen Drittels der Clavicula, der lateralen Kante und oberen Fläche des Acromions sowie am unteren Rand der Spina scapulae (von anterior nach posterior). Alle drei Anteile setzen an der Tuberositas deltoidea am Humerus an. Zusätzlich zu seiner Hauptaufgabe, der Armabduktion, wirkt der anteriore und posteriore Faseranteil stabilisierend und zudem bei der Armelevation in den Bewegungsrichtungen der Flexion und Extension. Durch den starken kranialen Zug hebt der M. deltoideus (v.a. Pars acromialis) den Humeruskopf in die Gelenkpfanne. Bei einer Ruptur der Rotatorenmanschette (v.a. des M. supraspinatus) kann der Humeruskopf dann nicht mehr kaudalisiert werden. Eine Störung des Gleichgewichts zwischen Rotatorenmanschette und dem M. deltoideus führt auch automatisch zu einer unausgeglichene Kraftverteilung und somit zu Funktionseinbußen (Valerius et al., 2006).

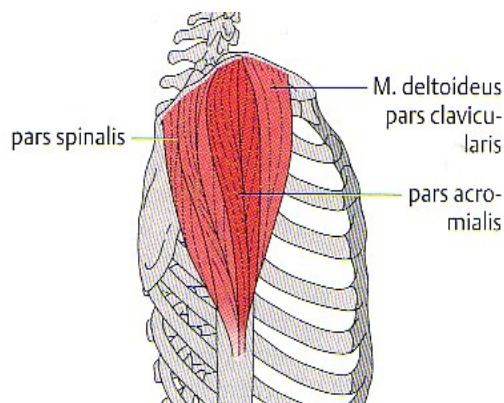


Abb. 2.6.: Musculus deltoideus (Hochschild, 2005)

### 2.1.6. Musculus biceps brachii und lange Bizepssehne

Eine weitere, äußerst bedeutsame Rolle spielt der M. biceps brachii (Abb. 2.8.) der anatomisch zur Oberarmmuskulatur gehört, da er über das Schulter- sowie das Ellenbogengelenk zieht. Funktionell gehört er jedoch ebenfalls zur Rotatorenmanschette.

Der Caput longum entspringt am Tub. supraglenoidale intrakapsulär. Er verlässt die Kapsel und läuft zwischen dem M. supraspinatus und dem M. subscapularis in den Sulcus intertubercularis weiter in Richtung Muskelbauch.

Die Synovia umgibt komplett die lange Bizepssehne (LBS) in der Kapsel und heftet sie an dessen Innenseite. Der die LBS ummantelnde Schleimbeutel (Vagina synovialis intertubercularis) verläuft mit jener distal durch den Sulcus intertubercularis. Das Lig. transversum humeri liegt mit seinen querverlaufenden Fasern über den Tubb. majus und minus und hält die Bizepssehne im Sulcus (Abb. 2.3., 2.8.).

*Hauser-Bischof, 2003* erwähnt, dass in der Literatur keine genaue Beschreibung für eine exakte LBS-Funktion im Schultergelenk besteht, sie dennoch mechanisch als Humeruskopfdepressor und Stabilisator nach anterior und posterior gilt. Der M. biceps brachii caput longum hilft bei Bewegungen der Abduktion, Flexion (beide Capita) und Innenrotation. Die Weglänge der LBS im Sulcus ist von größter Bedeutung, da sie umso mehr Spannung aufweist, je näher sie am Gelenk ist. Dadurch ergibt sich eine stärkere Depression des Humerus ins Glenoid und somit eine erhöhte Schulterstabilität. Demgegenüber ist die Spannung in der Innenrotation am geringsten (Abb. 2.7.; *Held, 2008*).

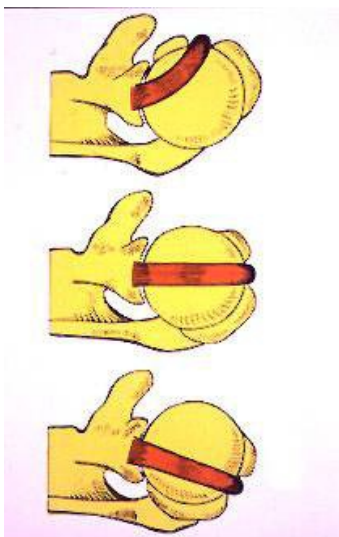


Abb. 2.7.: Biomechanik der LBS; oben: in IRO; mitte: in Neutral-0-Stellung; unten: in ARO (*Held, 2008*)

Wegen ihrer Position und des damit verbundenen mechanischen Stresses, wird die LBS vom Ursprung bis zum Muskelbauch von umliegendem Gewebe geschützt. Von der glenoidalen Fixierung an ihrem Ursprung wird sie intrakapsulär durch das Pulley-System und Ligamente bis zum Humerus stabilisiert, um dann im synovialen Schlauch weiter distal zu verlaufen.

Häufig trägt die LBS bei Veränderungen und Verletzungen der Rotatorenmanschette – insbesondere im Rotatorenintervall- bzw. Pulley-Bereich – einen Schaden (Kap. 2.3.). Bizepsläsionen, v.a. die des Caput longum, haben einen bedeutsamen Anteil aller Sehnenrupturen (Loitz u. Klonz, 2010).

Sehnenveränderungen und -verletzungen kommen meist aufgrund des mechanischen Stresses im distalen Sulcus (der engsten anatomischen Stelle) oder auch am superioren Ursprung am Tub. supraglenoidale zustande (Valerius et al., 2006).

Der **Caput breve** setzt am Processus coracoideus an und verbindet sich faserig mit dem Lig. coracoacromiale. Er kranialisiert den Humerus und verhindert eine Luxation des Kopfes nach kaudal. Der M. biceps brachii caput breve trägt zur Adduktion, Innenrotation und Flexion (beide Capita) bei. Durch das v-förmige Zusammenspiel der beiden Capita um das Glenohumeralgelenk ergänzen sie sich teilweise in ihrer Funktion und stellen die Rolle des Agonisten und Antagonisten dar.

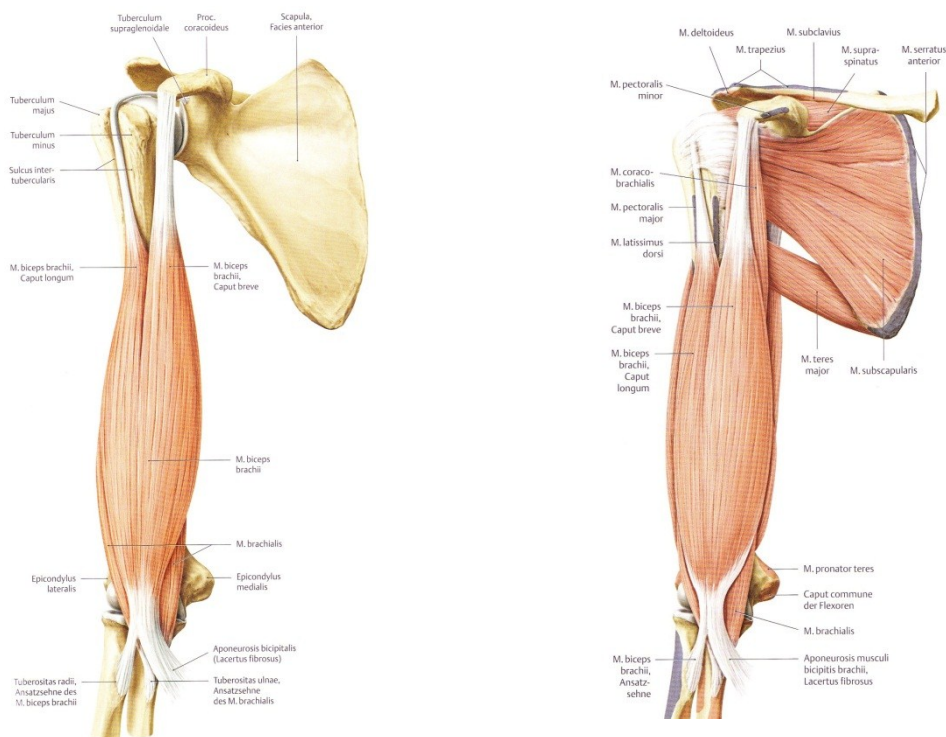


Abb. 2.8.: M. biceps brachii; links: M. biceps brachii caput longum und breve; rechts: M. biceps brachii caput longum und breve mit Rotatorenmanschette (Schünke et al., 2007)

### 2.1.7. Arterielle und nervale Versorgung

Abgehend vom Truncus brachiocephalicus sowie der Aorta geht die Arteria (A.) subclavia im Bereich der äußeren ersten Rippe in die A. axillaris über, die die Schulter mit ihren Ästen arteriell versorgt.

Von der A. subclavia geht (über den Truncus thyrocervicalis) die A. suprascapularis ab, die zusammen mit der A. circumflexa scapulae (von der A. axillaris abgehend) die Schulter im dorsalen Gebiet versorgen. Ventral sorgt die A. thoracoacromialis (abgehend von der A. axillaris) mit ihren Rami für arterielles Auskommen. Im mittleren und unteren Abschnitt der A. axillaris gehen u.a. die Äste Aa. thoracoacromialis, circumflexae humeri anterior und posterior ab. Sie versorgen neben der Kapsel in erster Linie die Rotatorenmanschette, fließen ventral um den Humerus zum Tub. majus zusammen und stellen somit ein hypovaskularisiertes Gebiet und somit „kritische Zone“ an der Rotationsmanschetteninsertion dar (*Löhr u. Uthoff, 2007; Hochschild, 2005*).

Die geringe Gefäßversorgung der Sehnen am Schultergelenk (v.a. des M. supraspinatus) ist wesentlich für das Verständnis der Pathophysiologie degenerativer Veränderungen der Rotatorenmanschette: Der relativ gefäßarme Bereich der Sehne des M. supraspinatus nahe dem Tub. majus erfährt die stärkste mechanische Beanspruchung bei der Abduktion des Armes, wobei die relative Enge unter dem Schulterdach zu einer Kompression dieses Sehnenanteils führt. Diese Unterversorgung kann zu einem eingeschränkten Gleiten führen, was das degenerativ bedingte Impingementsyndrom, Verkalkungen im Sehnenansatz und Rupturen der Sehne zur Folge haben kann (*Echtermeyer und Sangmeister, 1996*).

Die nervale Versorgung der Gelenkkapsel, deren umgebenden Bänder und Muskeln, geschieht über ein Nervengeflecht, das von den Nervenwurzeln C5-7 ausgeht und sich entlang der A. subclavia bzw. axillaris weiter distal über den Plexus brachialis ausweitet. Überwiegend wird die kranial-dorsale Kapsel und Rotatorenmanschette über Verästelungen der Nervi (Nn.) axillaris (M. teres minor) und suprascapularis (Mm. supraspinatus und infraspinatus) innerviert; ventro-kranial versorgen die der Nn. musculocutaneus (M. biceps brachii) und subscapularis (M. subscapularis) (*Weinstabl aus Habermeyer 2002*).

Die arterielle und nervale Versorgung der Rotatorenmanschette wird aus den folgenden Abbildungen 2.9. und 2.10. ersichtlich.

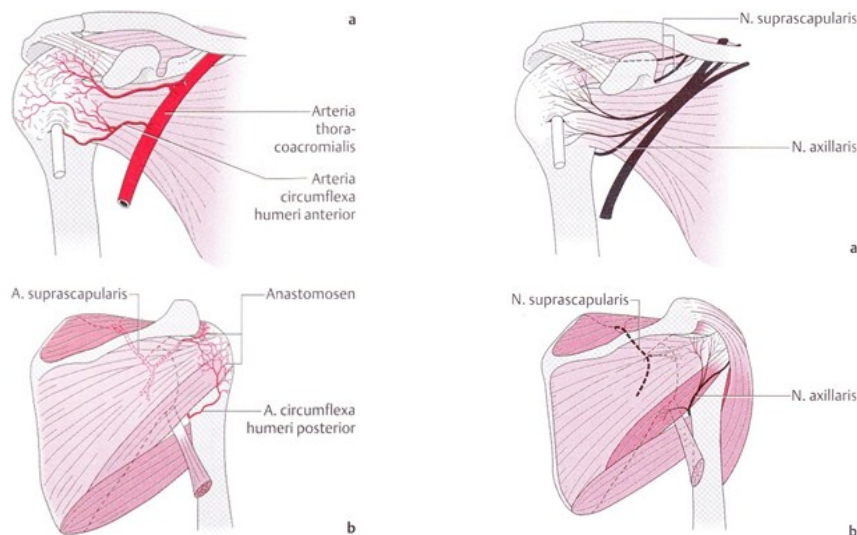


Abb. 2.9.: Arterielle Versorgung (links);  
 oben (a): Ansicht von ventral; unten (b): Ansicht von dorsal  
 Abb. 2.10.: Nervale Versorgung (rechts);  
 oben (a): Ansicht von ventral; unten (b): Ansicht von dorsal  
 (Hochschild, 2005)

### 2.1.8. Biomechanik des Schultergelenks

Eine Bewegung des Armes im Art. glenohumerale allein ist nur etwa bis zur Horizontalen möglich, da bei Bewegungen darüber hinaus das Schulterblatt mitdreht. Durch das Zusammenspiel aller fünf Schultergelenke wird der Bewegungsspielraum des Arms erheblich vergrößert. Bei allen größeren Bewegungen des Arms werden die Gelenke gleichzeitig aktiviert und ermöglichen große Bewegungsamplituden in allen drei Raumebenen um drei Hauptachsen (Abb. 2.11.-15.; Hochschild, 2005):

Transversalachse: Anteversion / Flexion, Retroversion / Extension, Rotation  
 Sagittalachse: Abduktion, Adduktion, Rotation  
 Vertikalachse: Vor- und Rückführung (in Horizontalebene)

### 2.1.8.1. Bewegungsachsen

In der **Transversalachse** (Abb. 2.11.) ist eine Anteversion bzw. Flexion bis  $90^\circ$  im Schultergelenk und eine Elevation darüber (bis maximal  $170^\circ$ ) unter Mitwirkung der Gelenke des Schultergürtels möglich.

Die vollständige Elevation ( $180^\circ$ ) geschieht zusätzlich durch die Streckung der Wirbelsäule. Die Anteversionsstellung von maximal  $180^\circ$  ist auch ein Ergebnis einer Abduktion von  $180^\circ$ , kombiniert mit einer axialen Rotation. Die Retroversion ermöglicht die Schulter bis maximal  $50^\circ$ , wobei hierbei nur eine geringgradige Adduktion als Kombinationskomponente gilt (Kapandji, 1999).

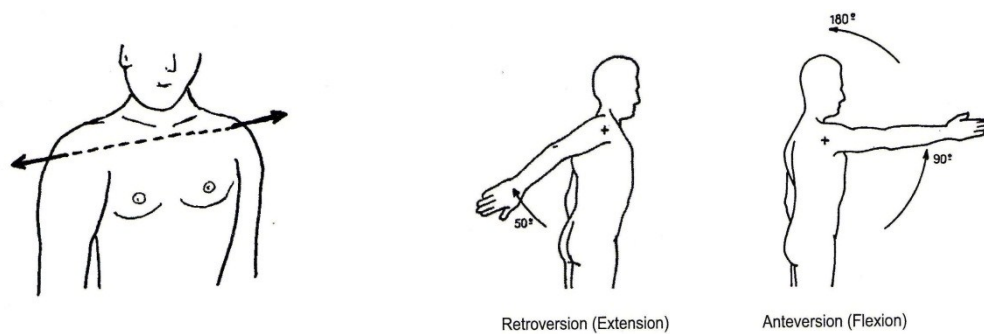


Abb. 2.11.: links: Transversalachse des Schultergelenks (Fenske und Frey, 2005);  
mitte: Retroversion; rechts: Anteversion (Kapandji, 1999)

In der **Sagittalebene** kann der Arm bis  $90^\circ$  mithilfe des Schultergürtels und der Wirbelsäule bis  $180^\circ$  abduziert werden (Abb. 2.12.).

Man teilt die Abduktionsbewegung in drei Phasen auf: Die 1. Phase geschieht unter alleiniger Führung des Schultergelenks von  $0$  bis etwa  $60^\circ$ , in der 2. Phase von etwa  $60^\circ$  bis  $120^\circ$  beteiligt sich das Schulterblatt an dieser Bewegung, also das Acromio- sowie das Sternoclavikulargelenk. In der 3. Phase, in der der Arm bis etwa  $180^\circ$  abgespreizt wird, bedarf es der Mitbeteiligung und Neigung des Rumpfes zur Gegenseite. Eine reine, in der Frontalebene ablaufende Abduktionsbewegung kommt in Alltagsbewegungen kaum vor, sodass diese häufig mit einer Elevation bzw. Anteversion kombiniert ist (z.B. Hand zu Mund oder Nacken etc.).

(Kapandji, 1999; Hochschild, 2005).

Die Adduktion ist bis maximal  $50^\circ$  möglich, wobei diese Bewegung in der Frontalebene über die Grundstellung hinaus nur durch die Kombination von

Anteversion und Retroversion (horizontale Adduktion; Heranführen des Armes vor und hinter dem Körper) möglich ist.

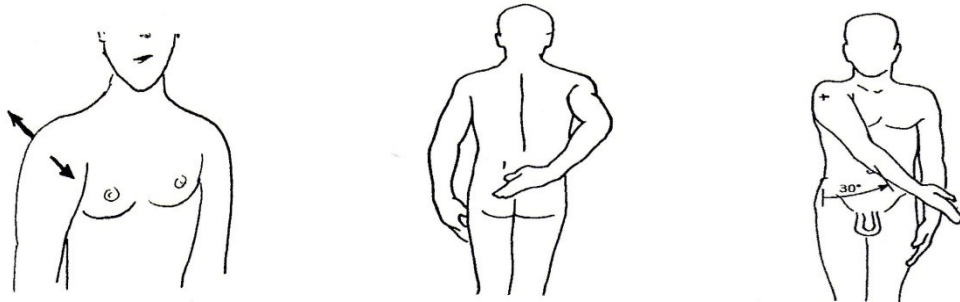


Abb. 2.12.: links: Sagittalachse des Schultergelenks (Fenske und Frey, 2005); mitte: Adduktion in Kombination mit Retroversion; rechts: Adduktion in Kombination mit Anteversion (Kapandji, 1999)

Die **Vertikalachse** als dritte Ebene des Raumes erlaubt die Vor- und Rückführung des um  $90^\circ$  abduzierten Armes und ist durch die Schnittlinie der Sagittalen mit der frontalen Ebene festgelegt. Es handelt sich hierbei um Armbewegungen in der Horizontalebene um eine Folge von Vertikalachsen. Die Bewegungen finden nicht allein im Schultergelenk statt, sondern beziehen Scapula und Thorax mit ein. Aus der Grundstellung ( $90^\circ$  Abduktion in Frontalebene) kann der Arm um etwa  $140^\circ$  nach vorn in die Horizontalebene geführt werden. Diese Kombination von Abduktion auf horizontaler Ebene ist jedoch bei etwa  $30^\circ$  in der Rückwärtsbewegung beschränkt (Abb. 2.13.) (Kapandji, 1999).

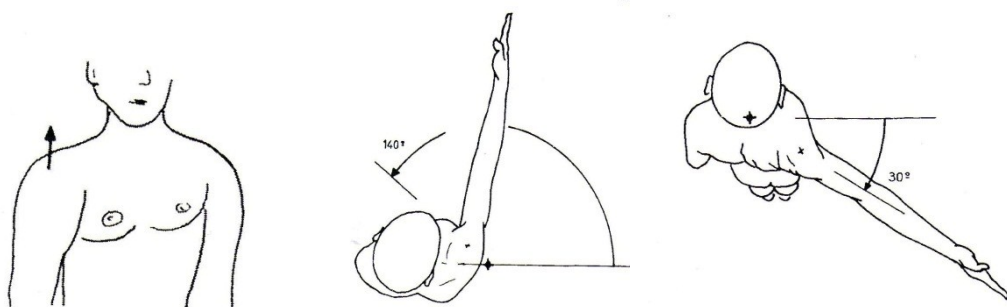


Abb. 2.13.: links: Vertikalachse des Schultergelenks (Fenske und Frey, 2005)  
mitte: Vorwärtsführung des Armes in der Horizontalen; rechts: Rückwärtsführung des Armes in der Horizontalen (Kapandji, 1999)

Die **Längsachse** des Humerus erlaubt dem Arm eine Innen- und Außenrotation (Abb. 2.14. und 2.15.). Für die Grundstellung bzw. Innen- sowie Außenrotations-Nullstellung muss der herunterhängende Arm einen 90°-Winkel im Ellenbogengelenk bilden, sodass der Unterarm in sagittaler Richtung steht und ca. 30° Innenrotation einnimmt. Die Hand befindet sich vor dem Rumpf. Nur durch diese Ausgangsposition befinden sich die Rotatoren in ihrem Ruhetonus und zusätzliche Drehbewegungen des pro- und supinierenden Unterarms können ausgeschlossen werden.

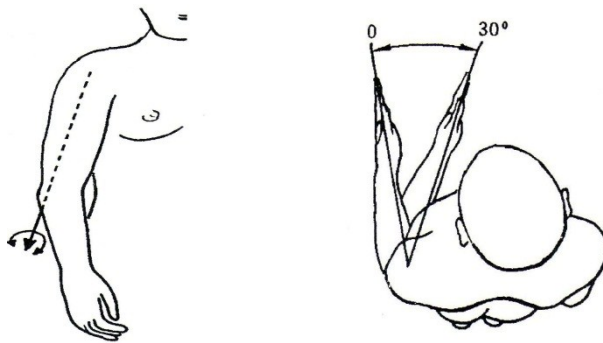


Abb. 2.14.: links: Längsachse des Humerus; rechts: Außen-Innenrotations-Nullstellung (Fenske und Frey, 2005)

Die Außenrotation beträgt etwa 80°, jedoch wird das gesamte Bewegungsausmaß selten ausgeschöpft. Bei der vollständigen Innenrotation muss der Arm hinter den Rücken geführt werden. Nur so kann die gesamte Bewegungsamplitude von maximal 90° erreicht werden.

Für diese Position ist eine Retroversion im Schultergelenk nötig, die mit einer Anteversion verbunden ist, sodass die Hand während der Bewegung vor dem Rumpf bleibt (Fenske und Frey, 2005; Kapandji, 1999).

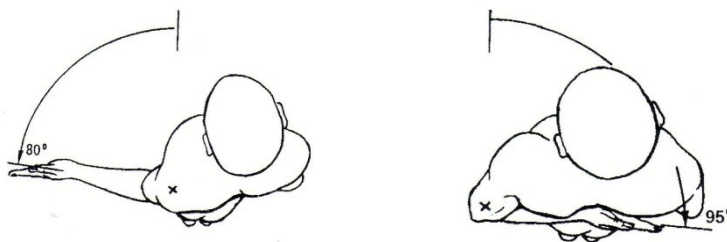


Abb. 2.15.: links: Außenrotation; rechts: Innenrotation (Kapandji, 1999)



### 2.1.8.2. Schulterbewegungen

An der Muskelführung des Schultergelenks beteiligen sich im Wesentlichen – v.a. in den Startphasen – die Muskeln der Rotatorenmanschette. Bei weiterführender Bewegung greifen additiv Muskeln des Schultergürtels bzw. der oberen Extremität ein (z.B. M. deltoideus).

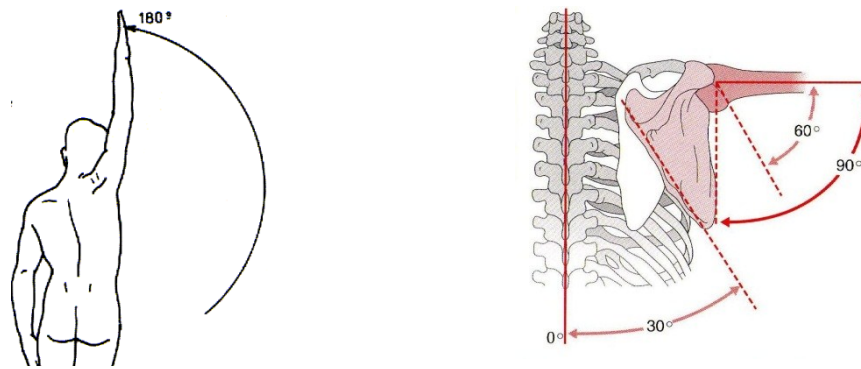


Abb. 2.16.: links: Abduktionsbewegung bis 180° - Sagittalachse (Kapandji, 1999); rechts: Bewegungsanteile von Humerus und Scapula bei 90° Abduktion (Hochschild, 2005)

Das Bewegungsausmaß der **Abduktion** (ABD) beträgt 180° (Abb. 2.16.), wobei der M. supraspinatus nur bis zu einem Winkel von etwa 30° abduziert; anschließend greift der M. deltoideus ein.

Die Bewegung kann in drei Phasen eingeteilt werden. In der ersten Phase wird der Arm im Glenohumeralgelenk abduziert, wobei die Muskeln tätig sind, die vom Arm an der Scapula ziehen (Mm. supraspinatus, deltoideus, biceps brachii, coracobrachialis). In der zweiten Phase bewegt sich die Scapula mit. Die Bewegung ist immer mit einer Beteiligung im Acromioklavikular- und Sternoclavikulargelenk gekoppelt. Es arbeiten die o.g. Muskeln; die des Schultergürtels greifen zusätzlich ein: Die Mm. trapezius pars descendens und ascendens sowie serratus anterior. Die letzten 20° (jedoch etwas früher als 160° Bewegungsführung übernimmt die Wirbelsäule, und die Rippen heben sich. Der M. erector spinae kommt verstärkend hinzu. Bei dem funktionellen Zusammenspiel zwischen der Rotatorenmanschette und dem M. deltoideus ist zu erwähnen, dass bei der Abduktion überwiegend der M. deltoideus arbeitet, er jedoch auf die Mitarbeit der Rotatorenmanschette angewiesen ist, da sie mit einer Kraft entgegenwirkt, die eine Kompression gegen das Schulterdach verhindert. Ihre Kontraktion bewirkt also eine geringe Depression in die Gelenkpfanne und setzt sich

so der kranialen Komponente des M. deltoideus entgegen (Hochschild, 2005; Kapandji, 1999; Fenske und Frey, 2005).

Bei großen Abduktionsbewegungen eines gesunden Menschen bewegen sich der Arm und die Scapula in einem Verhältnis von 2:1 mit. Beispielsweise finden bei 60° Abduktion des Armes 40° im Humeroscapulargelenk und 20° Schultergürtelbewegung statt, jedoch nur, wenn die Scapula der Abduktionsbewegung folgt.

Dieser sogenannte „**humeroscapuläre Rhythmus**“ ist häufig bei Patienten mit rupturierter Rotatorenmanschette gestört und das Verhältnis kehrt sich um. Es finden deutliche Ausweichbewegungen (z.B. eine Elevation) der Schulter statt, wie aus der Abbildung 2.17. hervorgeht.

Die Scapula bewegt sich zu früh oder von Beginn der Bewegung mit. Ursächlich dafür beschreibt Hochschild, 2005 einen erhöhten Muskeltonus oder aber eine deutliche Schwäche der Adduktoren.

Bei der **Adduktion** (ADD) beträgt die Bewegungsamplitude maximal 40 - 50° (Abb. 2.17.). Da in Neutral-O-Stellung wegen des Rumpfes keine Adduktion möglich ist, wird die Standardmessung vor dem Körper vorgenommen. Sie erfolgt je nach Bauchumfang aus 45° oder 90° Anteversion. Die dafür zuständigen Muskeln der Rotatorenmanschette sind die Mm. subscapularis, infraspinatus und teres minor. Die Mm. biceps brachii (caput longum), teres major sowie pectoralis major, coracobrachialis und latissimus dorsi übernehmen die weitere Bewegungsamplitude (Hochschild, 2005; Fenske und Frey, 2005).

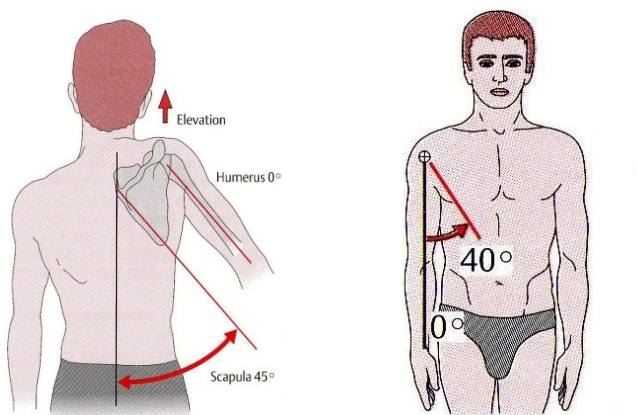


Abb. 2.17.: links: Ausweichbewegung bei Störung des humeroscapulären Rhythmus; rechts: Bewegungsausmaß der Adduktion (Hochschild, 2005)

Die **Anteversion bzw. ventrale Flexion (FLEX)** beträgt, wie auch die Abduktion,  $180^\circ$  und wird in drei Phasen eingeteilt (Abb. 2.18.). Diese können allerdings nicht wie bei der Abduktion exakt festgestellt werden; die Übergänge finden wesentlich früher statt. Hier bewegt sich die Scapula von Beginn an mit, und Bewegungen der Rippen sowie der Brustwirbelsäule können bereits ab einem Winkel von ca.  $100^\circ$  beobachtet werden. *Hochschild, 2005* unterscheidet drei Phasen: In der ersten Phase (ca.  $0^\circ$  - max.  $60^\circ$ ) wird der Arm von den Mm. biceps brachii, deltoideus, pectoralis major und coracobrachialis bewegt. In der zweiten Phase aktivieren den Schultergürtel (ca.  $60^\circ$  -  $120^\circ$ ), wie auch bei der Abduktion, die Mm. trapezius und serratus anterior und zuletzt der M. erector spinae. Jener bewegt ebenfalls die Wirbelsäule und kennzeichnet die dritte Phase (ca.  $120^\circ$  -  $180^\circ$ ). Es wird deutlich, dass bei der Flexion die Rotatorenmanschette im Hintergrund steht, jedoch nicht außer Acht gelassen werden darf. Zur Anteversion muss der Arm zunächst abduziert werden, was u.a. die Aufgabe des M. supraspinatus ist. Bei einer Verletzung dieser Strukturen können Patienten keine bzw. kaum eine Flexion ausüben (*Hauser-Bischof, 2003; Hochschild, 2005; Valerius et al., 2006*).

Das Bewegungsausmaß der **Extension** beträgt etwa  $40 - 50^\circ$  (Abb. 2.19.). Hierbei ist die Funktion der Rotatorenmanschette ebenfalls eher zu vernachlässigen. Die ausführenden Muskeln sind: Mm. teres major und minor, latissimus dorsi, deltoideus, triceps brachii, trapezius, sowie die Mm. rhomboidei (*Hochschild, 2005*).

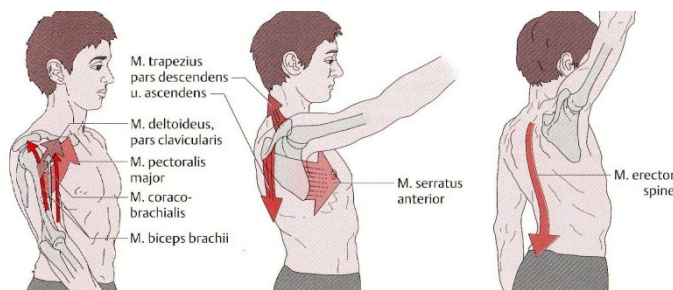


Abb. 2.18.: Flexion; links: durch Bewegungen im Glenohumeralgelenk; mitte: durch Außenrotation der Scapula; rechts: durch Wirbelsäulenbewegung (*Hochschild, 2005*)

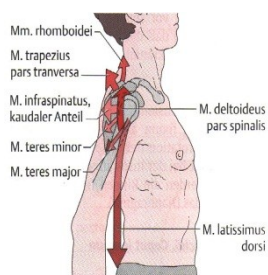


Abb. 2.19.: Extension (*Hochschild, 2005*)

Die Rotatorenmanschette erhält ihren Namen daher, dass sie der Schulter den größtmöglichen Bewegungsspielraum aller Gelenke ermöglicht und somit **Rotationsbewegungen** erlaubt. Das natürliche Bewegungsausmaß der Rotationsfähigkeit wird üblicherweise aus der Grundstellung (Neutral-0-Stellung) gemessen. In dieser Position kann man einen Ruhetonus der Rotatoren erreichen. Diese Grundstellung wird bestimmt, indem der Arm am Körper herabhängt, im Ellenbogengelenk um 90° gebeugt ist und der Unterarm in sagittaler Richtung steht. Um die Außenrotationsfähigkeit (ARO) zu bestimmen, die etwa 80° beträgt, jedoch selten erreicht wird, muss der Unterarm möglichst weit nach außen, vom Körper weg geführt werden. Die Innenrotationsamplitude (IRO) liegt bei etwa 100 - 110°. Um dies zu erreichen, muss der Unterarm hinter den Rumpf geführt werden. Nur die ungehinderte Ausführung gibt Aufschluss über eine funktionierende Rotatorenmanschette (Hauser-Bischof, 2003; Hochschild, 2005).

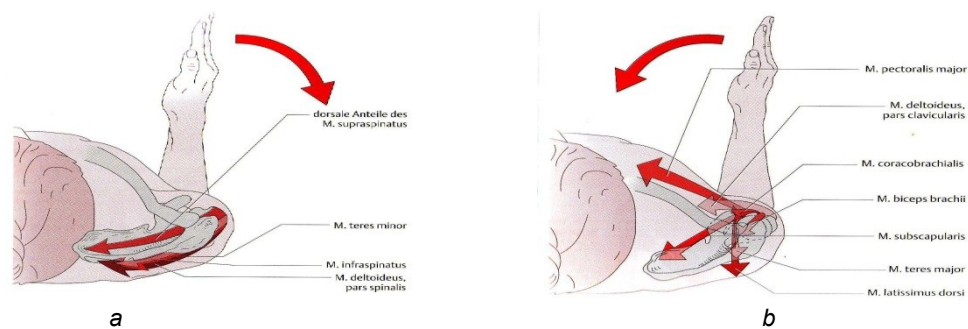


Abb. 2.20.: Muskeln der Rotatorenmanschette; links (a): Außenrotatoren; rechts (b): Innenrotatoren (Hochschild, 2005)

Die Abbildung 2.20 zeigt die Außenrotatoren, zu denen die Mm. infraspinatus und teres minor, deltoideus und triceps brachii zählen. Zu den Innenrotatoren, die im Vergleich zu den Außenrotatoren in ihrer Anzahl und Kraft überlegen sind, gehören v.a. der M. subscapularis, aber auch die Mm. latissimus dorsi, teres major, pectoralis major, biceps brachii, coracobrachialis und deltoideus.

Die nachstehende Tabelle 2.1. fasst noch einmal die Funktion der Muskeln der Rotatorenmanschette und die der weiterführenden Muskeln bei den entsprechenden Bewegungen des Armes zusammen:

Bewegung	Rotatorenmanschette	Muskeln des Schultergelenks bzw. -gürtels
Abduktion (ca. 180°)	<b>M. supraspinatus</b>	M. deltoideus M. biceps brachii M. coracobrachialis
Adduktion (ca. 40-50°)	<b>M. subscapularis</b> <b>M. teres minor</b>	M. teres major M. biceps brachii M. coracobrachialis M. latissimus dorsi M. pectoralis major
Innenrotation (ca. 100-110°)	<b>M. subscapularis</b>	M. biceps brachii M. coracobrachialis M. deltoideus M. teres major M. latissimus dorsi M. pectoralis
Außenrotation (ca. 80°)	<b>M. infraspinatus</b> <b>M. teres minor</b>	M. deltoideus M. triceps brachii
Flexion		M. biceps brachii M. deltoideus M. coracobrachialis M. pectoralis
Extension	<b>M. teres minor</b>	M. triceps brachii M. teres major M. latissimus M. deltoideus M. trapezius Mm. rhomboidei

*Tab. 2.1.: Schulterbewegungen und die Beteiligung der Rotatorenmanschette sowie der Muskeln des Schultergelenks bzw. -gürtels (Schünke et al., 2007 und Hochschild, 2005)*

## 2.2. Rotatorenintervall und Pulley-System

Das folgende Kapitel gibt eine detaillierte Beschreibung über die Anatomie und Biomechanik des Rotatorenintervalls als ein Teil der Rotatorenmanschette sowie des Pulley-Systems als zentralen Bestandteil des Rotatorenintervalls.

### 2.2.1. Anatomie des Rotatorenintervalls

Das Rotatorenintervall ist ein Teil der Rotatorenmanschette und bildet das nahezu dreieckige anatomische Areal zwischen der anterosuperioren Kapsel, dem ventralen Rand der Supraspinatussehne und dem superioren Rand der Subscapularissehne. Es stellt den Übergang zwischen deren Faseranteilen dar, indem die Kapsel und Muskulatur stark ausgedünnt sind (*Harrymann et al., 1992*).

Das Pulley-System, oder auch Rotatorenintervallschlinge („reflection pulley“) bzw. Aufhängeapparat der LBS genannt, spielt dabei die zentrale Rolle als wichtigster Teil des Rotatorenintervalls und wird im nächsten Abschnitt erläutert (Abb. 2.21.).

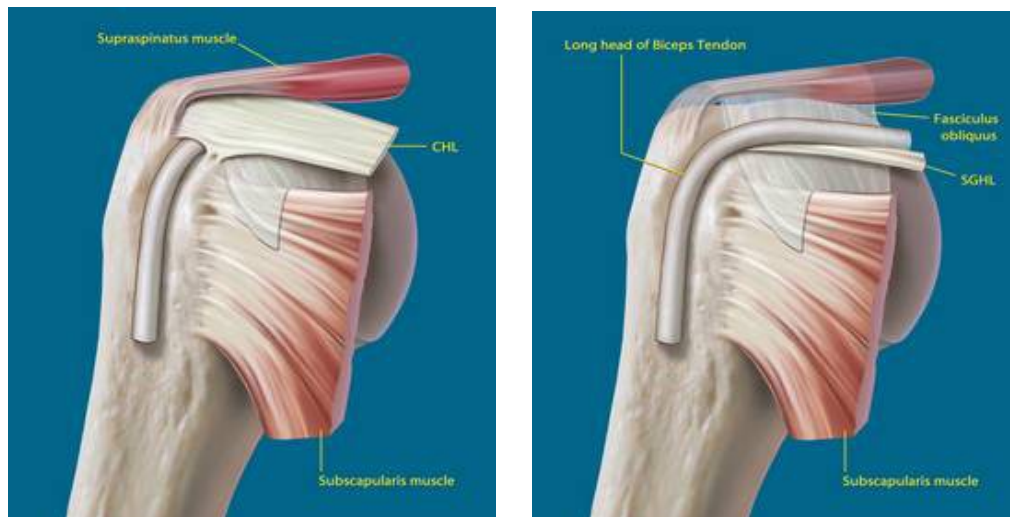


Abb. 2.21.: Rotatorenintervall – isolierte Ansicht von ventral; links: oberflächlicher Strang = CHL; rechts: tiefer Strang = SGHL (*Held, 2008*)

### 2.2.2. Pulley-System

Das Pulley-System (engl. Umlenkrolle, Flaschenzug) ist das ligamentäre Sicherungsorgan des Rotatorenintervalls. Es stellt eine Verankerung bzw. ein Führungsapparat dar und sichert den Verlauf der LBS.

Das Pulley-System besteht aus den Lig. coracohumerale (CHL) und glenohumerale superius (SGHL), die die LBS ummanteln und schlingenförmig intraartikulär sichern. Diese Schlinge wird zusätzlich von Sehnenäusläufern der Mm. supraspinatus und subscapularis verstärkt (Abb. 2.22.).

Das Pulley-System wird in vier Strukturen (CHL, SGHL, SSP und SSC) und zwei Lagen (oberflächlich und tief) gegliedert (*Werner et al., 2000*):

- ❖ Oberflächliche Schicht
  - CHL (Lig. coracohumerale)
  - SSP (Fasern verstärken das Dach der Schlinge)
- ❖ Tiefe Schicht
  - SGHL (Lig. glenohumerale superius)
  - SSC (Fasern verstärken den Boden der Schlinge)

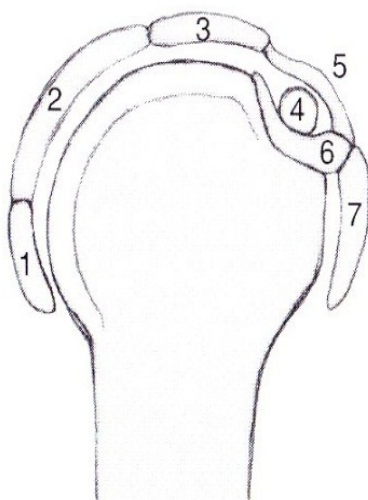


Abb. 2.22.: Die Strukturen des SGHL (6) und des CHL (5) bilden eine Schlinge (Pulley-System) um die LBS (4) im Rotatorenintervall

1 = *M. teres minor*,

2 = *ISP*;

3 = *SSP*;

4 = *LBS*;

5 = *CHL*;

6 = *SGHL*;

7 = *SSC*

(*Habermeyer et al., 2002*)

Das SGHL entspringt Nahe dem Ursprung der LBS am Kapselansatzbereich des anterosuperioren Labrums am Tub. supraglenoidale. Es verläuft U-förmig unterhalb der LBS am Boden des Pulley-Systems kapselverstärkend in Richtung Sulcus intertubercularis und setzt am Tub. minus an. Dessen kaudale Verstärkungsschicht wird durch Fasern des posterioren Anteils der Subscapularissehne unterstützt, die an der proximalen Seite des Tub. minus über dem SGHL insertieren.

Das breite aber dünne CHL hat seinen Ursprung am Processus coracoideus und teilt sich in humerale Richtung in zwei Hauptstränge. Der eine verbindet sich mit den bursaseitigen Fasern der Supraspinatussehne und insertiert mit diesen am Tub. majus. Der andere CHL-Hauptstrang kommt mit wenigen ventralen Fasern der Subscapularissehne und zieht mit dieser zum Tub. minus. Diese kapsulo-ligamentäre Verbindung des CHL zwischen zwei Sehnen wird von *Harrymann et al., 1992* als Rotatorenintervallkapsel bezeichnet. Das Lig. transversum humeri wird zusätzlich von einem mittleren Zügel des CHL inseriert, dient als dessen Verstärkung und bildet somit die laterale Spitze des Pulley-Systems.

Die kraniale Schlinge bzw. das Dach des Pulley-Systems wird also aus CHL, hauptsächlich SSP-Seehne und zu einem geringen Teil von Lig. transversum humeri gebildet und überspannt den Sulcus intertubercularis mit innenliegender LBS zwischen den Tub. majus und minus (*Werner et al., 2000; Harrymann et al., 1992*).

### **2.2.3. Biomechanik des Pulley-Systems**

Das ligamentär-tendinöse Pulley-System stellt das Sicherungsorgan der LBS dar. Jenes gewährleistet und begleitet den Verlauf der LBS von ihrem Verlassen aus dem kapsulären Gelenkbereich in Richtung Eingang des knöchernen Sulcus intertubercularis.

Dem SGHL ist eine wichtige Funktion als Stabilisator der LBS im Pulley-System zuzuschreiben, da seine Fasern am Sulcuseingang längs der LBS und somit auf die hohe Stresseinwirkung proximal auf den Sulcus ausgerichtet sind. So können die LBS und das SGHL die gegen den Humeruskopf gerichteten Scherkräfte in 60° Armabduktion und 90° Außenrotation stabilisieren. Das CHL dient als Widerstand bei der Armaußenrotation bei 60° glenohumeraler Abduktion, Extension und Zug des Armes nach kaudal. Eine Schädigung der SGHL und CHL bringt häufig die Luxation der LBS mit sich.

Bei anliegendem Arm in Neutral-0-Stellung ist der Verlauf der LBS intraartikulär nahezu horizontal und verlängert, im Sulcus intertubercularis vertikal. Den Übergang



an der äußerst kritischen Stelle muss die Pulley-Schlinge gewährleisten. Da sich das Pulley-System bei starker Abduktion und Außenrotation zum proximalen Teil der LBS mitbewegt, verkürzt er somit ihre intraartikuläre Länge (Abb. 2.23.).

Demzufolge sind dem Pulley-System zwei Funktionen zuzuschreiben: die Führung und Standhaltung der LBS gegen vordere Scherkräfte sowie ihrer intraartikulären Positionierung, was es für Veränderungen und Schädigungen traumatischer- oder allein degenerativer Natur anfällig macht. (Choi et al., 2004; Weishaupt et al., 1999; Kapanji, 1999; Gohlke et al. aus Gohlke u. Hedtmann, 2002)



Abb. 2.23.: links: bei Adduktion ist der Verlauf der LBS intraartikulär nahezu horizontal, im Sulcus intertubercularis senkrecht. Den Übergang muss das Pulley-System gewährleisten; mitte: Scherkräfte in Normal-0-Stellung; rechts: Scherkräfte bei Innenrotation (Habermeyer et al., 2004)

## 2.3. Die Pulley-Läsion

### 2.3.1. Pathologie

Die Pulley-Läsion ist eine pathologische – intrinsische oder extrinsische – Veränderung eines oder mehrerer Anteile der Rotatorenintervallschlinge. Da das Pulley-System in seiner Funktion sozusagen als Umlenkrolle zwischen der intraartikulär horizontal und im Sulcus intertubercularis vertikal verlaufenden LBS (bei adduziertem Arm) agiert, kommt es zu Spitzenbelastungen durch den nahezu 90° zueinanderstehenden Vektorverlauf. Diese werden durch Scherkräfte v.a. von (teilweise kombinierten) Rotationsbewegungen weiter verstärkt und können von der Intervallschlinge nicht gewährleistet werden – es kommt zu Einrissen des Schlingensystems. Die Pulley-Läsion entspricht folglich einer Schädigung der gemeinsamen Insertion von SSC- und SSP-Sehne, sowie von CHL und SGHL, die eine Veränderung bzw. Instabilität der LBS vorbestimmt und eine mögliche Tendopathie, Läsion oder (Sub-) Luxation verursachen kann (*Habermeyer, 1989*).

*Braun et al., 2011* bestätigen in einer prospektiven arthroskopischen Kohortenstudie die signifikanten Korrelationen zwischen anteromedialen und posterolateralen Pulley-Läsionen, verbunden mit Instabilitäten, insbesondere einer subluxierten oder dislozierten LBS sowie mit einer Schädigung der Rotatorenmanschette. Die 229 Untersuchten wiesen mit 32,4 % eine Pulley-Läsion auf, womit ein häufiges Aufkommen dieser Schulterpathologie belegt wird. In einer weiteren Untersuchung konnte die Korrelation von Rotatorenmanschettenrupturen und Instabilitäten der LBS festgestellt werden. Bei Patienten mit Rotatorenmanschettenschädigung fanden *Lafosse et al., 2007* bei 45 % LBS-Instabilitäten. Ergänzend traten bei LBS-Instabilität in 85 % der Fälle Partialrupturen der LBS auf, wohingegen nur 30 % eine Partialruptur bei intaktem Rotatorenintervall zeigten. Desgleichen wurden in dieser Studie die Korrelation zwischen Größe der Rotatorenmanschettenruptur und dem Grad der LBS-Schädigung nachgewiesen.

*Habermeyer et al., 2004* beschreiben zwei **mögliche Folgen einer LBS-Luxation**: Einerseits wird aufgrund der Schädigung der Pulley-Schlinge das kontrollierte glenohumerale Gleiten der LBS gestört und durch die damit hervorgerufene Instabilität in diesem Bereich weiterer Abrieb der ligamentär-tendinösen Strukturen und somit ein fortschreitendes Ausreißen der Sehnenanteile des Pulley-Systems verursacht. Die instabile LBS kann abhängig vom Bewegungsmechanismus des Oberarms ventrale, dorsale oder kombinierte Läsionen auslösen. Anteromedial ist die tiefe Pulley-Schicht mit der SSC-Sehne betroffen. Bei jenen kommt es nach *Bartl und*

*Imhoff, 2007* zu einer Zerreißung des anterioren Kraftschenkels und folglich zu einer Dezentrierung des Humeruskopfes. Sie geben weiter an, dass eine isolierte SSC-Sehnenruptur selten und überwiegend traumatisch existiert sowie begleitende LBS- und Pulley-Läsionen mit über 50 % der Fälle vorliegen. Posterolaterale Läsionen der LBS in der Schlingenoberflche betreffen die SSP-Sehne. Nach Berichten von *Habermeyer et al., 2002* liegt der Lsionsursprung im Insertionsbereich von SSP und CHL. Sehnenläsionen des SSP resultieren häufig aus Rotatorenintervall-Schädigungen, da v.a. bei degenerativen Prozessen primär die ligamentäre Bizepsschlinge beschädigt wird. Erst von dort an greift die Läsion progressiv auf die anderen Strukturen über.

Die entstandenen vorderen und / oder hinteren Schädigungen des Pulley-Systems führen zur Subluxation der LBS, die nun unfixiert über den Humeruskopf reibt, Knorpelschäden verursachen und die zunehmende Schädigung bis zur kombinierten SSP- und SSC-Sehnenruptur fortsetzen kann (*Werner et al., 2000*).

Als zweite Folge einer Pulley-Läsion wird beschrieben, dass durch die Fehlposition der LBS die Funktion, den Humeruskopf im Gelenk zu stabilisieren und zu fixieren, somit aufgehoben ist. Dieser migriert nun bei Innenrotation und horizontaler Adduktion anterosuperior gegen das Glenoid und klemmt die LBS zusammen mit der Sehne des SSC ein. Es resultiert eine Entzündung dieser Strukturen, die schließlich zu einem **anterosuperioren Impingement** (nach Charles Neer, 1972) führen kann (*Habermeyer et al., 2004*).

Bei einer Läsion der LBS gleitet diese weiter distal im Sulcus und kann zu einem Zusammenrollen des Muskelbauchs führen, welcher als „**Popeye-Sign**“ definiert wird (Abb. 2.24.; Kap 2.4.2.1.; *Scheibel und Habermeyer, 2005*). Bei einem Abriss der LBS ist die absolute Abduktionskraft um 20% vermindert (*Kapanji, 1999*).



Abb. 2.24.: Popeye-Sign als Folge einer ruptierten LBS; links: LBS-Ruptur; mitte: distales LBS-Gleiten im Sulcus; rechts: Popeye-Sign (<http://www.shoulderdoc.co.uk>; 08.12.2011)

An der Schulter sind Läsionen der **kurzen Bizepssehne** selten und stellen nach Aussagen von *Lorbach et al, 2010* eine Rarität dar. Demgegenüber treten Läsionen der LBS häufiger auf und sind klinisch bedeutsamer. Auch ist das Aufkommen von proximalen Bizepsläsionen größer, als distale Schädigungen.

Aufgrund der im vorherigen Kapitel erläuterten engen anatomischen Beziehung treten Läsionen der LBS häufig in einer Verkettung mit Veränderungen der Rotatorenmanschette – insbesondere im Intervallbereich – zwischen den Sehnen des SSP und SSC auf.

### 2.3.2. Klassifikation

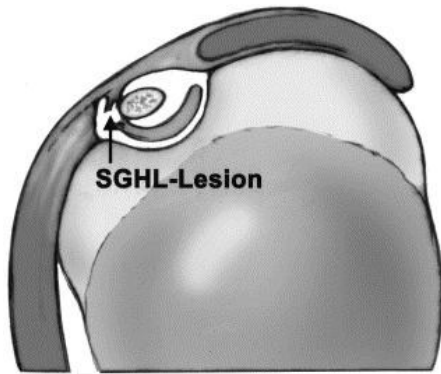
Die Einteilung von Pulley-Läsionen erfolgt nach einer Studie von *Habermeyer et al., 2004* – abhängig von den geschädigten Strukturen – in vier Schweregrade.

Typ I, die isolierte SGHL-Läsion, führt zu einer Instabilität der LBS bei Innenrotation.

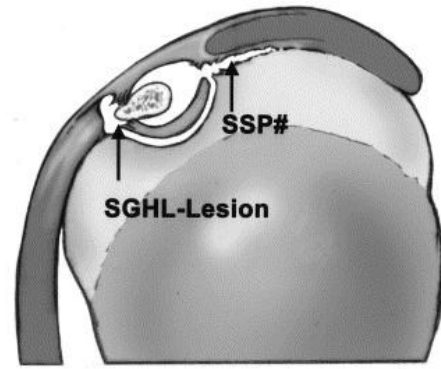
Typ II betrifft die Läsion von SGHL und ist mit einer posterolateralen Schädigung der SSP-Sehne kombiniert. Bei Typ III liegt eine Läsion von SGHL und SSC-Sehne vor, bei der die LBS nach medial subluxiert und es zu Einrissen der tiefen Sehnenanteile kommt. Typ IV wird als Läsion des SGHL, kombiniert mit SSP- und SSC-Sehnenschädigung definiert.

I	SGHL
II	SGHL + SSP
III	SGHL + SSC
IV	SGHL + SSP + SSC

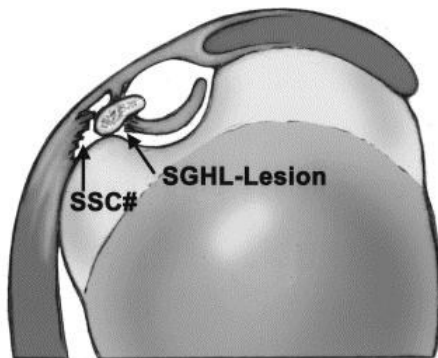
Die nachfolgende Abbildung 2.25. untermauert die Klassifikation von Pulley-Läsionen.



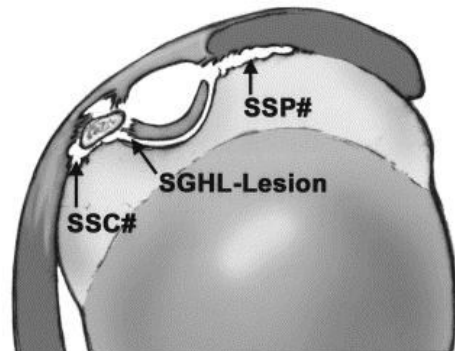
Typ I: Isolierte SGHL-Läsion



Typ II: SGHL-Läsion in Kombination mit SSP-Sehnenschädigung (#)



Typ III: SGHL-Läsion in Kombination mit SSC-Sehnenschädigung (#)



Typ IV: SGHL-Läsion in Kombination mit SSP- und SSC-Sehnenschädigung (#)

Abb. 2.25.: Stadien der Pulley-Läsion (Habermeyer et al, 2004)

### 2.3.3. Ätiologie

Schädigungen der Rotatorenmanschette und der LBS treten häufig auf: Langjährige Überkopfarbeit im Beruf oder Sport kann dazu führen. In vielen Fällen geht in solchen Situationen ein Impingement voraus, welches meist aufgrund einer Sehndegeneration entsteht. Auch Stürze auf den Arm bzw. die Schulter können zu Läsionen in der Rotatorenmanschette führen. Diese traumatisch bedingten Rupturen können jedoch bei degenerativer Vorschädigung allein durch beispielsweise das Auffangen schwerer Gegenstände provoziert werden.

Uhthoff et al. (aus Resch et al., 1989) unterscheiden bei pathologischen Veränderungen der Rotatorenmanschette und der LBS zwischen primären bzw. intrinsischen und sekundären bzw. extrinsischen Tendopathien, wie aus der Abbildung 2.26. hervorgeht.



Abb. 2.26.: Faktoren, die für Veränderungen der Rotatorenmanschette verantwortlich sind links (a): extrinsische Faktoren; rechts (b): intrinsische Faktoren (Habermeier, 2002)

Laut Neer (Echtermeyer und Sangmeister, 1996) haben 90 % aller vorkommenden **primären oder intrinsischen degenerativen Veränderungen** an Sehnenursprüngen oder -ansätzen ihren Beginn im Sehngewebe selbst. Sie können Kalzifizierungen, Ansatzendopathien o.ä. sein. Ursächlich dafür sind lokale Vascularisationsstörungen in der Sehne. Durch das vermindert gefüllte Gefäßnetz v.a. der Supraspinatussehne reibt diese bei der Abduktion am Acromion und es kommt zu makroskopischen Veränderungen in Form von Aufsplitterungen, Verwerfungen und partiellen Rissen.

Lorbach et al, 2010 berichten von einer Studie von Brewer, 1979 über den Alterungsprozess der Rotatorenmanschette, in der morphologische Veränderungen in Sehnen, Knochen und Knorpel festgestellt wurden. Mit zunehmendem Alter fand man häufiger eine Osteitis des Tub. majus mit zystischer Degeneration, Diskontinuitäten im Sehnen-Knochen-Übergang, Fragmentationen der SSP u.v.m. Es ist jedoch noch nicht endgültig geklärt, ob diese allein durch einen Alterungsprozess oder kontinuierliche mechanische Verschleiß verursacht wurden.

Ferner gibt Speer, 2005 an, dass mit zunehmendem Alter die Sehnen an Elastizität u.a. durch den Wasserverlust des kollagenen Gewebes verlieren und dadurch auch ihre ursprüngliche Form und Größe verändern. Auch endokrine Veränderungen tragen verstärkt dazu bei. Die daraus resultierende Verflechtung des Gewebes führt zu einer stärkeren Fixation am Knochen und kann somit die auf den Muskel bzw. die Sehne einwirkenden Belastung im Gegensatz zu jungem Gewebe nicht standhalten.

Zu den **primären, nicht-degenerativen Tendopathien** zählen die traumatischen Rupturen. Diese kommen nach *Neer (Echtermeyer und Sangmeister, 1996)* in etwa 5 % der Fälle vor. Ein isoliertes Trauma kann zu einer massiven Ruptur, eine Mikrotraumatisierung zu einer inkompletten Läsion führen. Ein Sturz auf den ausgestreckten Arm oder ebenfalls in 5 % der Fälle durch eine Luxation kann beispielsweise ein einmaliges adäquates Trauma auslösen. Beim Sport werden Rotatorenmanschettenrupturen v.a. in zweikampf-, wurf- und rückschlagstarken Disziplinen beobachtet. Bei degenerativer Vorschädigung kann ein solches Trauma auch allein durch das Auffangen eines schweren Gegenstandes ausgelöst werden. Die meisten Sehnenrupturen sind infolgedessen auf primäre Tendopathien zurückzuführen.

**Sekundäre oder extrinsische Tendopathien** gehen nach *Pate (aus Resch et al., 1989)* von den umliegenden Strukturen aus oder sind Folgen von Systemerkrankungen wie Gicht, Rheuma oder chronischer Polyarthrit. Sekundäre Tendopathien können aber auch nach Kortisoninjektionen oder durch lokale Symptome wie z.B. eine acromiale Spornbildung und ein Impingementsyndrom ihren Ursprung haben.

**Sekundäre lokale Tendopathien** kommen oftmals als Fortsetzung biomechanischer Beanspruchung bei Überkopftätigkeit zustande. Bei Abduktion müssen die Rotatorenmanschette und LBS unter dem Schulterdach hindurchziehen. Es kann bei dieser ständigen Reibung zu einer Konfliktsituation kommen, wenn entweder der subacromiale Raum eingeengt oder die durchziehenden Strukturen voluminös durch beispielsweise eine entzündlich verdickte Sehne oder einen Hochstand des Humerus zugenommen haben (*Resch et al., 1989*).

Die Ursachen für das Auftreten von Pulley-Läsionen erfolgen dementsprechend degenerativ oder traumatisch und können miteinander assoziiert werden. Läsionen des Pulley-Systems sind nach *Habermeyer et al., 2002* bei einer rein traumatischen Dislokation eher selten verbreitet, jedoch bei den atraumatischen Instabilitäten genauer zu beachten. *Lorbach et al., 2010* geben weiter an, dass Rupturen der LBS überwiegend degenerativer Natur sind. Die SSP-Sehne wird durch mechanische oder chronisch-entzündliche Vorgänge unter dem Acromion aufgerieben, wodurch sich zusätzliche Pathologien des Subacromialraums wie beispielsweise Pulley-Läsionen und weitere Rotatorenmanschettenläsionen oder chronische Bursitiden ergeben. Im folgenden Abschnitt wird die Schädigung des Pulley-Systems in Traumata, Mikrotraumata, Degeneration und vorbelastende Begleiterkrankungen gegliedert.

### 2.3.3.1. Trauma

Durch stumpfe Krafteinwirkungen entstandene Traumata führen häufig zu Rupturen der Rotatorenmanschette, die insbesondere die mechanisch schwächste Stelle des Rotatorenintervalls und Pulley-Systems schädigen. Ein für die Pulley-Läsion typischer Unfallmechanismus folgt auf einen Sturz auf den ausgestreckten Arm in voller Außen- oder Innenrotation, sowie der Sturz rückwärts auf die Hand oder den Ellenbogen. Hierbei wird kraftvoll der Humeruskopf unter das Acromion gedrückt, woraufhin eine Quetschung des CHL erfolgt, welches einreißt und infolgedessen die Luxation der LBS prädestiniert (anteriorer Subluxationsmechanismus; *Le Huec et al., 1996*).

Ein weiterer klassischer Traumamechanismus erfolgt – wie beispielsweise bei Tennisspielern – durch die Kombination aus Flexion und Innenrotation ggf. über der Horizontalebene. Das Pulley-System und insbesondere die SSC-Sehne werden dabei durch starke Friktion zwischen Tub. minus und Cavitas glenoidalis eingeklemmt. Auch bei aktiver Kontraktion des M. biceps brachii bei kombinierter Innenrotation und Adduktion ist ein ähnliches Phänomen zu erwähnen. Die LBS erfährt dadurch keine Fixation im Sulcus intertubercularis und subluxiert (*Gerber et al., 2000; Habermeyer et al., 2004*). Diesen Pathomechanismus deklarieren *Gerber et al., 2000* als anterosuperiores Impingementsyndrom. Die o.g. mechanischen Verletzungsmuster werden von *Bartl und Imhoff, 2007* durch Patientenberichte bei kompletten SSC-Sehnenrupturen bestätigt.

### 2.3.3.2. Mikrotrauma

Mikrotraumata entstehen durch häufig degenerativ vorgeschädigte Pulley-Strukturen. Wie bereits erwähnt, wird bei bestehenden degenerativen Prozessen anfänglich die Bizepsschlinge beschädigt. Erst von dort aus breitet sich bei rezidivierenden kleineren Traumata die Läsion auf die oberen äußeren Fasern der SSC-Sehne aus (*Weishaupt et al., 1999*). Zu einem kompletten Sehnenriss bedarf es dementsprechend keiner außergewöhnlich starken Gewalteinwirkung mehr, denn es entstehen Spontanrupturen (*Lorbach et al., 2010*).



### 2.3.3.3. Degeneration

Degenerative Läsionen der Rotatorenmanschette und LBS nehmen mit steigendem Alter an Häufigkeit zu. Während sich zwischen dem 40. und 60. Lebensjahr 25 % der Patienten mit Rotatorenmanschettendefekten finden, steigt die Zahl bis zu 100 % bei Patienten über dem 70. Lebensjahr. *Gschwend et al. (Helbig und Blauth, 1986)* fanden bei autoptischen Untersuchungen heraus, dass nahezu jeder Mensch davon betroffen ist, es jedoch nicht immer bemerkt wird. Die Rupturen heilen teilweise befriedigend von selbst aus oder werden oft als rheumatisch interpretiert. Männer sind etwa zweimal häufiger betroffen als Frauen (*McLaughlin, 1962*). *Jungermann und Gumpert, 2008* vermuten, dass dies an der höheren körperlichen Belastung bei beruflichen Tätigkeiten liegt. Vor allem Überkopparbeiten veranlassen diesen vorzeitigen Verschleiß der Rotatorenmanschette. Jedoch finden sich in der Literatur nahezu keine Daten, die den Einfluss der beruflichen Tätigkeit auf die Entstehung von Rotatorenmanschettenrupturen belegen. Auch ist die Dauerbelastung bei Sportlern, ligamentäres bzw. knöchernes Impingement im Gleitlager der Sehne oder auch eine langzeitige Kortison-Therapie für eine solche Schädigung verantwortlich (*Lorbach et al., 2010*).

Zudem ist bei dieser Erkrankung zu 70 % der dominante Arm betroffen. Außerdem wird erwähnt, dass bei ausgeprägter Läsion auf der einen Seite mit hoher Wahrscheinlichkeit auch ein Schaden an der anderen Schulter zu erwarten ist (*Gschwend et al. aus Helbig und Blauth, 1986*). *Gerber et al, 2000* unterstützen die Hypothese des gesteigerten Läsionsaufkommens in höherem Alter sowie der dominanten Seite.

### 2.3.3.4. Begleitpathologien

Begleiterkrankungen wie beispielsweise Infektionen, Osteodystrophie, Diabetes mellitus, Adipositas, arterielle Hypertonie sowie entzündlich rheumatische Erkrankungen spielen nach *Lorbach et al., 2010* ebenfalls eine bedeutsame Rolle und können einer Pulley-Läsionen Anlass geben.

Eine Korrelation zwischen Pulley-Läsion und **LBS-Tendinitis** besteht insofern, dass der entzündliche Prozess am Impingementsyndrom beteiligt ist. Durch die Sehnenscheide der LBS, die als Verlängerung der Synovia des Art. glenohumerale fungiert, können Entzündungen u.a. der Rotatorenmanschette leicht auf die LBS

übergreifen. Überdies unterliegt die LBS demselben mechanischen Stress wie die Sehnen der Rotatorenmanschette und deren chronische Veränderungen wurden proportional zu Partial- oder Komplettrupturen der Rotatorenmanschette festgestellt. LBS-Tendinitiden können häufig am SSP-Insertionsbereich innerhalb des Sulcus intratubercularis unter dem Lig. transversum lokalisiert werden (*Baumann et al., 2008*). Dies fanden *Werner et al., 2003* in arthroskopischen Untersuchungen heraus. Des Weiteren können sie bestätigen, dass Pulley-Läsionen als isolierte ligamentäre Pathologien sowie in Zusammenhang mit partiellen Läsionen der Rotatorenmanschette vorkommen.

*Roos, 2009* gibt einen Erklärungsansatz zur Beziehung zwischen Läsionen der Rotatorenmanschette, der LBS und einer **SLAP-Läsion**. Durch einen Sturz in Abduktion wird der SLAP-Komplex komprimiert und zusammen mit einer folgenden kranialen Subluxation des Humeruskopfes das Labrum glenoidale beschädigt. Eine komplette Luxation kann möglicherweise zu kombinierten Verletzungen, wie z.B. der Hill-Sachs-, Bankart- oder Rotatorenmanschettenläsion führen. Ein inferiorer Zug bei maximaler exzentrischer Anspannung des M. biceps brachii (z.B. plötzliches Auffangen eines Gegenstandes) kann eine passive Überdehnung des Bizepsankers bzw. Einrisse entstehen. *Braun et al., 2011* bestätigten diese Aussage mit einer signifikanten Korrelation, bei der die SLAP-Pathologie zusammen mit einer Schädigung des Pulley-Systems auftrat und *Bennett, 2009* bezifferten diesen Zusammenhang mit 43 %.

#### 2.3.4. Diagnostik

Wegen der vielfältigen Schmerzmotive im Schulterbereich erweist es sich häufig als schwierig für den Arzt, die exakte Ursache und geeignete Therapiemaßnahmen herauszufinden. Viele Krankheitsbilder – so auch die Läsionen der Rotatorenmanschette und des Pulley-Systems – haben ähnliche charakteristische Beschwerdekongstellationen, so dass sie bei mehreren gleichzeitig vorherrschenden Erkrankungen schwierig voneinander zu trennen sind. Nach einer Studie von *Gretenkord (Helbig und Blauth, 1986)* könne es trotz lange bekannter klassischer Symptome mehrere Jahre dauern, bis eine Ruptur entdeckt wird. Aus diesem Grund liefert nur ein ausführlicher und korrekter, individuell auf den Patienten abgestimmter Untersuchungsbefund die Voraussetzung für die Therapie der Pulley-Läsion mit möglichen Begleiterscheinungen.

Die funktionellen Zusammenhänge von Halswirbelsäule, Schultergürtel und Glenohumeralgelenk erfordern eine selektive Beurteilung, daher besteht die Diagnostik neben der Anamnese und Inspektion über den Gebrauch und die Funktionsansprüche der Schulter aus klinischen und bildgebenden Untersuchungsverfahren, wie sie im Folgenden erläutert werden. Ziel einer solchen Diagnose ist in einem standardisierten Untersuchungsvorgang eine Arbeitsdiagnose zu erstellen und diese anschließend anhand bildgebender Verfahren zu verifizieren (Scheibel u. Habermeyer, 2005).

#### 2.3.4.1. Anamnese

Die allgemeine Befragung des Patienten enthält personenbezogene Informationen über den derzeitigen Gesundheitszustand, Nebenerkrankungen und Medikamenteneinnahme.

Die traumatologische Befundung gibt Auskunft über den Hergang der Verletzung, d.h. ob die Schulter einer Überbeanspruchung, einem Trauma oder repetitiven Mikrotraumata ausgeliefert war, wie diese beispielsweise durch berufliche oder sportliche Situationen herbeigeführt werden. Der Patient wird aufgefordert, die Schuldersituation, insbesondere Bewegungseinschränkungen sowie den Schmerzcharakter exakt zu definieren und zu lokalisieren, dessen zeitliches Auftreten und den Beschwerdebeginn zu erläutern. Wichtig für die Auswertung sind ferner Fragen über (nicht mehr) durchführbare Alltagsaktivitäten und mögliche Haltungsänderungen zur Entlastung der Schulter.

Hat sich die Ruptur beispielsweise durch einen Sturz ereignet, ist die Hinterfragung des genauen Unfallhergangs essentiell, da somit leichter auf die Art und Lokation der Läsion zu schließen ist. Gleichermäßen sollte bei länger andauernden Beschwerden vorgegangen werden, um degenerative Prozesse zu hinterleuchten. Durch die Anamnese kann die Diagnose eingegrenzt und durch weitere, gezielte Untersuchungsinstrumentarien spezifiziert werden.

Anamnestisch werden häufig anteriore, chronische oder progressive Schulterschmerzen genannt, besonders bei voller Elevation und Innenrotation. Desgleichen wird über einen Funktions- und Kraftnachlass sowie Nachtschmerzen geklagt (Baumann et al., 2008; Braun et al., 2011). Bei Beteiligung der LBS-Luxation mit großen Rotatorenmanschettendefekten geben 37 % der Patienten an, ihren Arm nicht mehr heben zu können. Witt et al., 1982 berichten in diesem Fall von einer „Pseudoparalyse“ (Pseudolähmung) des Armes.

Hierbei gelten die Symptome als unspezifisch und äußern den Verdacht auf eine Rotatorenmanschettenruptur, wobei sich die Symptome der LBS-Luxation und Subluxation klinisch anders verhalten und in Zusammenhang mit kleinen SSC- und SSP-Sehnenläsionen gebracht werden. Gemeinsam ist ihnen jedoch der Druckschmerz über dem Sulcus sowie eine limitierte Innen- und Außenrotation der Schulter, die auch der Impingement- und entzündeten LBS-Symptomatik gleich kommt (*Habermeyer et al., 2002; Baumann et al., 2008*).

#### **2.3.4.2. Klinische Untersuchung**

Auch wenn oftmals allein durch die Beobachtung des Patientenverhaltens Rückschlüsse auf die Symptomatik gezogen werden können, sollten weitere diagnostische Mittel zum Einsatz kommen. Die klinische Untersuchung stellt den wichtigsten Bestandteil der Diagnostik von Schultererkrankungen dar und stützt sich auf Inspektion, Palpation, Beweglichkeitsprüfung sowie der Provokations- und Funktionstests, um ein verbessertes Verständnis der Pathomorphologie und Kenntnis über die zugrundeliegenden Mechanismen zu erhalten (*Scheibel und Habermeyer, 2005*).

Im Anschluss an die Anamnese erfolgt die Inspektion und Palpation. Bereits während sich der Patient entkleidet, können Bewegungsstörungen beobachtet werden. Die körperliche Inspektion soll sich nie nur auf die Untersuchungen des Schultergelenks beschränken, sondern auch die Halswirbelsäule, das Ellenbogengelenk sowie eine Erhebung des Gefäß- und Nervenstatus miteinbeziehen (*Jungermann und Gumpert, 2008*). Neben der Inspektion der Körperhaltung (Skoliose, Rundrücken, Scapula alata) wird nach äußeren Verletzungszeichen untersucht. Hämatome weisen auf Rupturen im Sehnenansatzgebiet hin. Die Symmetrie der Schultern steht u.a. im Fokus, da Muskelatrophien und ein Schulterhochstand Hinweise auf eine länger bestehende Schädigung geben. Bei einer traumatisch ruptierten LBS ist ein distalisierter Muskelbauch, das sogenannte Popeye-Sign unübersehbar (*Habermeyer et al., 2002; Rappold, 2009*).

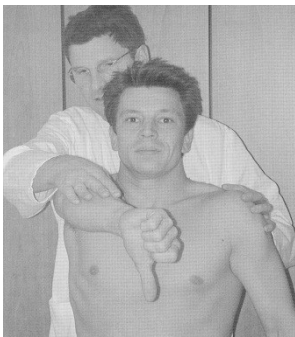
Nach der Inspektion folgt als Teil einer jeden sportmedizinischen und orthopädischen Untersuchungsstrategie die Palpation, insbesondere der Tubb. majus und minus und dem Sulcus intertubercularis mit dem Verlauf der LBS und dessen Muskelbauch. Des Weiteren werden die Mm. subscapularis und supraspinatus mit subacromialem Gleitraum, das Glenohumeral- und Sternoclaviculargelenk sowie der Processus

coracoideus palpirt. Eine luxierte LBS kann durch ein Schnappen oberhalb derer ertastet werden (Hochschild, 2005; Baumann et al., 2008).

Noch vor den klinischen und provokativen Funktionstests folgt die Bewegungsanalyse – nach der Neutral-0-Methode im Seitenvergleich – über die aktive und passive Bewegungsamplitude und deren Harmonie, also der Mitbewegung des Schultergürtels und der Scapula. Der aktive Bewegungsverlust jedoch lässt keinen Rückschluss auf die Rupturgröße zu (Hochschild, 2005; Rappold, 2009).

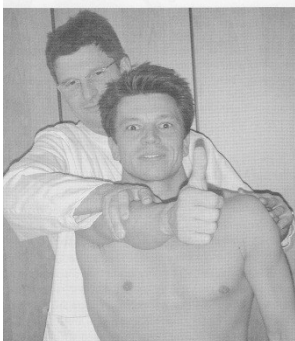
Im Anschluss an die o.g. Untersuchungsabläufe folgen die standardmäßigen klinischen Funktionstests der Schulter. Diese laufen individuell modifiziert und zugleich nach strukturierten Schemata ab.

Die klinischen Befundungen zur Charakteristik der LBS erfolgen durch den „O'Brien-Test“, „Palm-up-Test“, „Yergason-Test“ und den „Speed-Test“. Je nach den weiteren betroffenen Strukturen kamen die Erkennungszeichen der Rotatorenmanschette „Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy“, sowie der „Lift-off Test“ (nach Gerber) zum Tragen. Jene werden nach Brunner, 2002 (aus Habermeyer et al., 2002) im Folgenden erläutert.



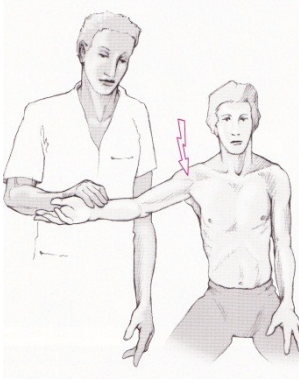
#### (1) O'Brien-Test

Der stehende Patient hält seinen im Ellenbogengelenk gestreckten, 90° flexierten und 10-15° horizontal adduzierten Arm in maximaler Innenrotation (Daumen zeigt bodenwärts). Der Untersucher steht hinter dem Patienten und übt leichten Druck auf dessen Arm aus, der versuchen muss, der gegebenen Krafteinwirkung entgegenzuwirken. Anschließend wird der Test in Außenrotation durchgeführt (Daumen zeigt aufwärts). Der Test fällt positiv aus, wenn sich im ersten Teil (in IRO) Schmerzen zeigen, die sich bei Supination (ARO) verringern (Abb. 2.26.).



Die Intention dieses Tests ist die Diagnose einer SLAP-Läsion, jedoch sehr häufig auffällig bei Pulley-Läsionen und schmerzhaftem AC-Gelenk.

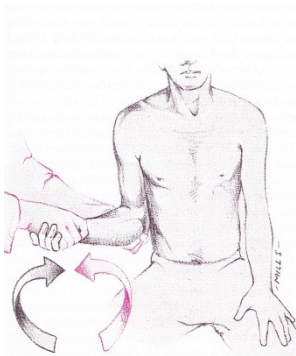
Abb. 2.26.: O'Brien-Test (Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002)



### (2) Palm-up Test

Dieser Test hat neben den Erkennungszeichen einer SLAP-Läsion die Aufgabe, die Entwicklung der langen Bizepssehne und den Verlauf des Bizepsankers zu typisieren. Hier muss der sitzende Patient versuchen, seinen in ca. 90° Abduktion, ca. 30° Horizontalflexion und voller Supination des Unterarms, den vom Untersucher gegebenen leichten Widerstand zu halten (Abb. 2.27.).

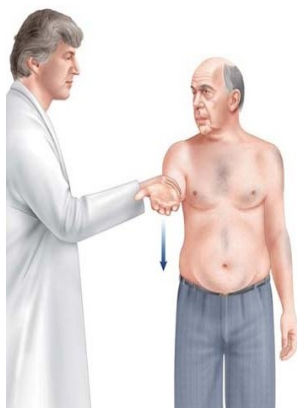
Abb. 2.27.: Palm-up Test (Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002)



### (3) Yergason-Test

Dieser Test zielt darauf ab, Schmerzen im Bereich des Sulcus bicipitalis zu erkennen, der ggf. noch durch palpatorischen Druck intensiviert werden kann. Der abermals sitzende Patient hält sein Ellenbogengelenk rechtwinklig gebeugt. In dieser Position versucht der Patient, bei Anspannung der LBS, die Supination im Unterarm gegen Widerstand zu halten (Abb. 2.28.).

Abb. 2.28.: Yergason-Test (Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002)



### (4) Speed-Test

Das Speed-Zeichen nach *Gilcrest* soll Aufschluss darüber geben, ob sich für die LBS im anterioren Schulterbereich, auf Höhe des Sulcus bicipitalis, typische Schmerzen erweisen. Der sitzende oder stehende Patient muss versuchen, den im Ellenbogengelenk leicht angewinkeltem Arm in Flexions- und Supinationsposition gegen den vom Untersucher erzeugten leichten Widerstand zu halten. Bei diesem Test ist ein mögliches Popeye-Sign erkennbar (Abb. 2.29.).

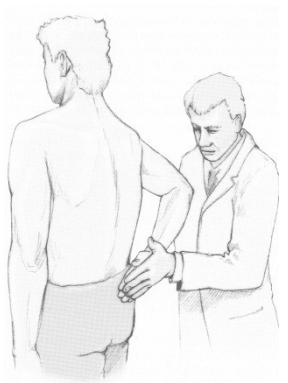
Abb. 2.29.: Speed-Test (<http://www.maitrise-orthop.com>; 15.12.2011)



#### (5) Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy

Dieser Test wird am sitzenden Patient gemessen. Bei mittlerer Flexionsstellung und zunehmender, passiver Innenrotation des betroffenen Armes kann durch den Untersucher ein subacromiales Impingement ausgelöst werden. Eine zusätzliche Adduktionsposition, die ein deutliches Erkennungszeichen eines Pulleys darstellt, kann wiederum ein subcoracoidales Impingementsyndrom verursacht werden (Abb. 2.30.).

*Abb. 2.30.: Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy  
(Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002)*



#### (6) Lift-off Test (nach Gerber)

Beim Lift-off Test hält der stehende Patient seinen maximal innenrotierten Unterarm (Handrücken auf Gürtelhöhe) und versucht gegen den Widerstand des Untersuchers, seine Hand vom Rumpf nach hinten zu entfernen bzw. wegzudrücken. Der Test fällt positiv aus, wenn es dem Patienten nicht gelingt, dem Druck Stand zu halten. Er dient der Überprüfung des M. subscapularis (Abb. 2.31.).

*Abb. 2.31.: Lift-off Test nach Gerber (Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002)*

*Baumann et al., 2008* behauptet dagegen, dass die Muskelfunktionstests zwar auf eine Schwäche der Rotatorenmanschette hinweisen, jedoch keine spezifischen klinischen Tests für eine Instabilität der LBS existieren. Ein positiver O'Brien-Test oder Palm up-Test zeigten in bisherigen Studien keine Korrelation in Bezug auf Pulley-Läsionen. Dagegen fanden *Lorbach et al., 2010* eine sehr hohe Spezifität beim Speed-Test heraus bezüglich der Bizepssehnentendinitis oder Partialläsion.

Im **Anschluss an die klinische Befundung wurde die Sonographie** der betroffenen Schulter durch den behandelnden Operateur durchgeführt, wie im folgenden Kapitel erläutert wird.

### 2.3.4.3. Sonographie Diagnostik

Während Röntgen- und Arthrographiefnahmen einst die Grundlage der bildgebenden Diagnoseinstrumentarien einnahmen, sind heute die Sonographie, konkurrierend mit der Magnetresonanztomographie (MRT) in der Weichteildiagnostik die technischen Mittel der Wahl und eignen sich hervorragend zur Evaluation der häufigsten Rotatorenmanschetten- und Bizepsproblematiken (*Zanetti u. Pfirrmann, 2004*).

Mit der MRT ist gegenwärtig ein bildgebendes Diagnoseverfahren bekannt, welches sich grundsätzlich zu pathologischen Schulterveränderungen und der Darstellung von Weichteilstrukturen eignet, jedoch kortikale Veränderungen nur eingeschränkt abbilden kann. So kann die MRT Sekundärinformationen zu den häufigsten Schulterpathologien geben, jedoch nur schwer zwischen einer Partialruptur und einer Sehnedegeneration an der Rotatorenmanschette differenzieren. Zudem gilt die MRT als kostenreich und schwer verfügbar (*Hedtmann u. Fett aus Gohlke u. Hedtmann, 2002*).

Die Sonographie als bildgebendes Verfahren unter Anwendung von nebenwirkungsfreien Ultraschallwellen wurde in der hier vorliegenden Studie als unerlässliche und unterstützende Maßnahme der Datenerfassung angewandt. Sie zählt als Grundausstattung der hiesigen, orthopädisch orientierten Praxen und stellt somit ein kostengünstiges, leicht verfügbares und schnell durchführbares Mittel dar.

Ein weiterer Vorteil der Sonographie ist die Differenzierung partieller und totaler Rupturen der Rotatorenmanschette. Proximal lokalisierte Läsionen können nach *Zanetti und Pfirrmann, 2004* dahingegen nur unzuverlässig aufgezeichnet werden. Tendinitiden der Bizepssehne und dessen Rupturen können durch einen leeren Sulcus tubercularis sonographisch einwandfrei dargestellt werden.

Zwar können moderne, offene MRT-Geräte bewegte Aufnahmen erfassen, jedoch haben sie sich aufgrund der mangelhaften Resultate bislang nicht etabliert. Als alleinige Eigenschaft besitzt die Sonographie die Möglichkeit einer dynamischen Prüfung der anatomischen Strukturen, also Gelenkbewegungen in Echtzeit zu präsentieren (*Hedtmann u. Fett aus Gohlke u. Hedtmann, 2002*).

Die Autoren berichten des Weiteren bei der Erfassung operationskontrollierter sonographischer Schulteruntersuchungen über eine Genauigkeit (Sensitivität) von 96 % bei Total- und 90 % bei Partialrupturen der Rotatorenmanschette. Sonographisch falsch positive Totaldefekte wurden mit < 2 % und Partialdefekte mit 5 - 10 % diagnostiziert.



*Cowling et. al., 2010* bestätigen in einer aktuellen Studie die Präzision und den Übertragungskoeffizient sonographischer Bilder mit einer Aussagekraft von 65 % der partialen und 94,8 % der totalen Rotatorenmanschettendefekte. Die Gesamtsensitivität bei der LBS lag bei 62,5 %. Luxierte Bizepssehnen wurden in 5 von 6 Fällen (83,3 %) bestätigt. In der Kategorie der LBS-Ruptur konnten 11 von 18 (61,1 %) Patienten positiv identifiziert werden.

Bei der Untersuchung sitzt der am Oberkörper entkleidete Patient mit herabhängendem Arm aufrecht vor dem Ultraschallgerät, der behandelnde Arzt schräg hinter ihm – beide mit Blick auf den Monitor.

Die in der orthopädischen Diagnostik empfohlene Frequenz der Ultraschallwellen beträgt 7,5 MHz – übertragen durch einen Linear-Schallkopf in Real-time-Technik (*Hedtmann, 1990*). *Hedtmann u. Fett aus Gohlke u. Hedtmann, 2002* empfehlen Linearschallköpfe mit bis zu 10 MHz, um eine nochmals verbesserte Auflösung zu erzeugen. Jedoch ist in dieser Eindringtiefe der Fokusbereich bei stark adipösen oder muskulären Patienten nicht ausreichend. So raten *Gruber und Konermann (aus Habermeyer, 2002)* einen Schallkopf mit der Frequenz von 5 MHz zu verwenden.

Der Lokalisation pathologischer Veränderungen dienen verschiedene Schallkopfpositionen. Die *Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin* und die *Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie (DEGUM und DGOOC; Gruber und Konermann aus Habermeyer, 2002)* legen zwar die sechs Standardschnittebenen der Untersuchung fest, um jedoch zusätzliche spezifische Befunde zu definieren, sollten weitere Schallkopfebenen angewandt werden. In der vorliegenden Studie wurden lediglich vier der sechs Standardpositionen verwendet. Im Folgenden werden die von *Gruber und Konermann* beschriebenen Diagnosetechniken erläutert.

Die Standardschnittebenen I (Transversalschnitt) und II (Longitudinalschnitt) dienen der statischen Bildgebung der dorsalen Schulterregion, die hier bei den vorliegenden Befunden nicht benötigt wurden.

In den Standardschnittebenen III (Transversalschnitt/coracoacromialer Schnitt) und IV (Longitudinalschnitt) bilden die lateral-superiore Schulterregion ab. Der Schallkopf wird zum einen längs über dem Lig. coracoacromiale aufgesetzt und parallel nach kaudal bewegt. Es bilden sich u.a. die Sehnen der SSC und SSP ab, sowie medial gelegen die LBS und des Lig. glenohumerale medium. Zum anderen setzt der Untersucher den Schallkopf parallel über den Längsverlauf der Sehne des SSP auf. Hier ist v.a. schematisch die SSP-Sehne dargestellt.

Ventral ist die Schulterregion anhand der Standardschnittebenen V (transversal) und VI (longitudinal) zu sehen. Das Transversalplateau ist für die vorliegende Erhebung essentiell, da sie anhand des streng horizontalen Aufsetzens des Schallkopfes am Schultergelenk die Tubb. majus und minus, des darin gelegenen Sulcus tubercularis mit der LBS abbilden. Auch die SSC-Sehne wird sichtbar.

In der Ventral-Longitudinalschnittebene, in der der Schallkopf von ventral-vertikal an den proximalen Humerusschaft positioniert wird, kann der Untersucher den Längsverlauf der LBS im Sulcus tubercularis beobachten.

Eine erneute Bizepssehnenruptur wäre durch die ventralen Schnittebenen zu erkennen, da die Sehne den Sulcus verlassen und sich nach distal bewegt hätte. Somit würde sich dieser leer und echoarm zeigen.

Alle in diesem Kapitel beschriebenen Schnittebenen werden statisch und dynamisch vorgenommen. Um dynamische Bilder zu erzeugen, bewegt der Untersucher den Arm des Patienten jeweils 20° in Innen- und Außenrotation.

Durch die einzigartige Möglichkeit der Echtzeitaufnahme erbringt die Sonographie Informationen über den Gleitmechanismus der Rotatorenmanschette und Echoveränderungen im Rotatorenmanschettenmuster durch Mitbewegung. Echoarme Zonen geben immer Hinweise auf Rotatorenmanschettendefekte, jedoch dürfen diese nur bei beidseitigen echoarmen Herden der Rotatorenmanschette diagnostiziert werden. Jene sind am deutlichsten bei dynamischen Aufnahmen zu sehen, da sie mitwandern (*Hedtmann, 1990; Hedtmann u. Fett aus Gohlke u. Hedtmann, 2002*). Die Anwendungen und Resultate sind jedoch laut *O'Connor et al., 2005* letztlich von den untersuchenden Ärzten abhängig.

#### **2.4. Therapie der Pulley-Läsion**

Mit dem Ziel, die Schmerzfreiheit, Schulter-Armfunktion und Beweglichkeit wiederherzustellen, sowie einer (weiteren) Schädigung der Strukturen und Progression präventiv entgegenzuwirken, werden bei einer klinisch diagnostizierten Pulley-Läsion – wie auch bei Läsionen der Rotatorenmanschette und LBS – in der Literatur zwei therapeutische Formen unterschieden, die jedoch nicht ausschließlich getrennt zu betrachten sind: die konservative und operative Behandlung.

Das Therapiekonzept hängt in erster Linie vom individuellen Befund und u.a. von den Kriterien der Läsionsart und Defektgröße, Lokalisation und Patientenalter sowie dem Schmerzcharakter und den funktionellen Ansprüchen ab (*Gohlke et al., 2007*).

Zunächst kommen meist konservative Behandlungskonzepte zum Tragen – insbesondere bei kleineren Defekten und älteren Patienten, deren Anspruchsverhalten an die Schulterfunktion und -kraft relativ gering gehalten wird. Bestehen keine weiteren degenerativen Veränderungen und liegt eine intakte Rotatorenmanschette vor, erübrigt sich häufig eine operative Revision. Der Patient sollte jedoch über die verbleibende kosmetische Veränderung eines möglichen Popey-Signs aufgeklärt werden (*Loitz und Klonz, 2011*).

Erweisen sich konservativen Maßnahmen jedoch als resistent oder liegen komplette Rupturen mit Luxation der LBS, Begleitpathologien der Rotatorenmanschette, chronische Schmerzen oder massive Einschränkungen der Aktivitäten des täglichen Lebens vor, ist eine Operation unvermeidlich (*Lorbach et al, 2010*). Bei jüngeren aktiven Patienten wird dahingegen frühzeitig eine operative Therapie befürwortet, um die Schmerzfreiheit, Funktion und Kraft der Schulter, sowie eine Retraktion der Sehne, Atrophie und Degeneration der Muskeln zu vermeiden. Des Weiteren werden bei einem jüngeren Patientenkollektiv ästhetisch-kosmetische Gründe für die Indikation einer Operation hinsichtlich des Popeye-Signs angegeben (*Tingart u. Grifka, 2007; Witt et al., 1982*).

#### **2.4.1. Konservative Maßnahmen**

Gerade bei einer entzündlichen Erkrankung wie einer Rotatorenmanschettennaht stellen physikalische Therapiemaßnahmen eine erfolgreiche und annähernd nebenwirkungsfreie Möglichkeit dar (*Helbig u. Blauth, 1986*). Konservative Therapien – Physiotherapie und medizinische Aufbautherapie – nach einer Naht der Rotatorenmanschette ist besonders bei manuell-tätigen Menschen von größter Bedeutung, da somit der ständige reaktiv-entzündliche Prozess des zerstörten Sehngewebes abgebrochen und das Heilungspotential erhöht werden kann (*Resch et al., 1989*).

Sowohl die Tendinitis als auch eine isolierte Ruptur der LBS sind für die konservative Therapie gut zugänglich. Auch Rotatorenmanschettendefekte werden primär konservativ behandelt (*Echtermeyer und Bartsch, 2005*). Die Maßnahmen einer solchen Therapie bestehen aus einer temporären Schonung des betroffenen Armes (ggf. Gilchrist bei Luxation), einer antiphlogistischen und analgetischen medikamentösen Abdeckung, manueller und krankengymnastischer Therapie. Ziel dieser Behandlung ist eine Schmerz- und Entzündungsreduktion zu erreichen, die Beweglichkeit zu

erhalten und verbessern sowie die zentrierende Funktion der (Rest-) Rotatorenmanschette herzustellen. Die Brustwirbelsäule soll aufgerichtet und insbesondere die schulterblattstabilisierende Muskulatur aufgebaut werden. Ein begleitendes subacromiales Impingementsyndrom wird dabei mittherapiert (*Heers u. Heers, 2007; Heisel u. Jerosch, 2009*).

Infolge eines Traumas empfiehlt sich zur Suppression der Schmerzsymptomatik und zur Volumenverminderung eine lokale Applikation physikalischer Mittel wie Ultraschall und Kälte bzw. Wärme. Ebenfalls eignet sich die Verordnung nichtsteroidaler Antirheumatika oder die selektive Infiltration mit Kortikoidpräparaten (*Heers und Heers, 2007; Hildebrandt, 1990*).

Eine in der **Physiotherapie** häufig angewandte Technik ist die Querfriktion, wodurch Adhäsionen gelöst und „cross-links“ zwischen neu synthetisierten bereits vorhandenen kollagenen Fasern vermieden werden und Entzündungsreaktionen gehemmt werden können. Daneben gelten passive gelenkmobilisierende und gelenkbewegende Behandlungsmethoden durch leichte Traktion als unumstrittene Maßnahme, wodurch das Risiko einer Gelenkeinstellung minimiert werden kann. Anhand manualtherapeutischer Techniken werden mögliche Begleiterscheinungen wie z.B. Kapselschäden des Glenohumeralgelenks (knorpel-) schonend behandelt. Blockierungen der ersten Rippe, sowie Halswirbel- und Brustwirbelsäule sollten mit korrigiert werden. Nach Abklingen der Schmerzsymptomatik wird der Patient angehalten, durch Eigenübungen (z.B. Schulter-Armpendeln) die Therapiemaßnahmen zu unterstützen. Die **medizinische Trainingstherapie** baut auf die o.g. bisherigen Maßnahmen auf und verfolgt die Ziele der Kaudalisierung bzw. Zentrierung des Humeruskopfes durch muskulären Aufbau der vorhandenen funktionsfähigen Muskeln der Rotatorenmanschette mit Wiederherstellung des glenohumeralen Gleitmechanismus sowie Scapulafehlstellungen zu korrigieren. Ferner sollen anhand des medizinischen Aufbautrainings muskuläre Dysbalancen ausgeglichen werden. Im fortgeschrittenen Therapiestadium junger Patienten und Sportlern steht bei Reizzuständen und Schäden der Rotatorenmanschette und LBS eine Technikkorrektur der jeweiligen Sportart (*Heers und Heers, 2007; Loitz und Klönz 2011*).

*Echtermeyer und Bartsch, 2005* geben an, dass der Kraftverlust bei Beugung 8 % und 20 % bei Supination des Unterarms beträgt. Daher ist insbesondere bei traumatischen Rupturen bei jungen und sportlich aktiven Patienten eine volle Wiederherstellung der Flexions- und Supinationskraft anzustreben. In 70 bis 100 % der Fälle lässt sich das Muskelrelief des M. biceps brachii durch die Operation wiederherstellen.

Da sich das Ausmaß von Tendinitiden und Läsionen des Bizepspulleys und der Rotatorenmanschette (auch SLAP-Läsionen) häufig erst intraoperativ erkennen lässt, ist bei Stagnation bzw. ausbleibendem Erfolg der konservativen Therapie die Indikation zur rekonstruierenden Operation gegeben (*Lorbach et al., 2010; Witt et al., 1982*).

#### **2.4.2. Operative Maßnahmen**

Viele Ärzte raten zu einer frühzeitigen Operation bei Schäden der Rotatorenmanschette, da sich bestehende Läsionen schnell vergrößern können und es somit immer schwieriger wird, diese auszubessern. Spätfälle bedürfen nach *Bakalin u. Pasila (aus Witt et al., 1982)* oftmals wesentlich umfangreicherer Eingriffe und nach *McLaughlin, 1962* einer längeren Nachbehandlung, wohingegen sich früh operierte Läsionen schnell und durch eine einfache Naht verbinden lassen. Bei mehr als zwei betroffenen Sehnen und Schädigung der Mm. infraspinatus und / oder subscapularis, sollte möglichst innerhalb von 6 Wochen nach dem Läsionsgeschehen operativ therapiert werden, wobei die Obergrenze für eine erfolgsversprechende Wiederherstellung der Funktion durch eine Rekonstruktion bei etwa 4 bis 6 Monaten nach der Sehnenruptur liegt (*Gohlke et al., 2007*).

Aufgrund des differenziellen Aufkommens von Pulley-Läsionen und deren Folgen, ist kein standardisierter Therapieweg gegeben, dagegen jedoch umso wichtiger, das gesamte Ausmaß – Schädigungen der Rotatorenmanschette und LBS – zu diagnostizieren und nicht nur die geschädigte Pulley-Läsion zu fokussieren (*Habermeyer et al., 2004; Echtermeyer und Bartsch, 2005*). Die Autoren geben weiter an, dass eine isolierte Rekonstruktion der Rotatorenintervallschlinge und ein schmerzfreies Gleiten der LBS wenig Erfolg verspricht. Primär ist der Schaden an der Rotatorenmanschette und / oder LBS zu behandeln. Demgegenüber wird manchmal die Wiederherstellung der Aufhängeschlinge überflüssig, jedoch kann dies auch zu persistierenden Schmerzen führen. Aus diesem Grund wird bei vorliegender Rotatorenmanschetten- und Pulley-Läsion mit kombinierter LBS-Luxation dringend empfohlen, neben einer Rotatorenmanschettenrekonstruktion auch die Versorgung der LBS und ggf. weitere pathologische Veränderungen (z.B. des AC-Gelenks) in einer Sitzung durchzuführen. Es finden dazu von der Tenotomie über verschiedene arthroskopische, mini-open und offene Tenodesetechniken und -vorgehensweisen Anklang (*Habermeyer et al., 2004; Gohlke et al., 2007; Bauer u. Löbig, 2011*), die für ein allgemeines Verständnis im Folgenden erläutert werden. Eine exakte Definition der in

der hier vorliegenden Untersuchung verwendeten arthroskopischen bzw. mini-open Fadenankertenodese erfolgt im Anschluss (Kap. 2.5.; 2.6.).

#### 2.4.2.1. Tenotomie und Tenodese

Bei partiellen oder subtotalen LBS-Rupturen, Tendinopathien, degenerativen LBS-Instabilitäten oder SLAP-II-Läsionen kann mittels Tenotomie oder Tenodese versorgt werden. Die arthroskopische Tenotomie ist ein einfach und schnell durchführbares arthroskopisches Verfahren, bei dem die LBS möglichst nah am Insertionsbereich am Labrum durchtrennt wird. Diese Technik eignet sich optimal für ältere Patienten, die keine hohen kosmetischen Anforderungen haben und führt in der Regel zu einer unmittelbaren Schmerzlinderung und einfacher Nachbehandlung (Bauer u. Löbig, 2011).

Für die Tenodese, der LBS-Fixation im Sulcus, wurden unterschiedliche (mini-) offene und arthroskopische Techniken entwickelt, die in transossäre sowie epi- und intraossäre Verankerungsstrategien unterschieden und im Folgenden (Kap. 2.4.2.3.) erläutert werden (Bauer u. Löbig, 2011). Für eine Tenodese muss bei diesem Patientenkollektiv ein Überlastungstrauma oder chronische Überbeanspruchung durch den Leistungssport vorliegen und wird insbesondere bei jüngeren Patienten und Sportlern empfohlen. Der Verlauf der LBS bis zum Sulcus sowie die ursprüngliche Spannung der Sehne soll dabei beibehalten, ein Kraftdefizit sowie ein Popeye-Sign verhindert werden. Die Nachbehandlung stellt sich jedoch – verglichen mit der Tenotomie – als längerfristig heraus (Bauer u. Löbig, 2011; Habermeyer et al., 2002).

Infolge einer Tenotomie fanden Shank et al., 2011 in einer Studie den Kraftverlust im M. biceps brachii von 13 % und einer Supination von 60 °/s verglichen mit dem gesunden Arm heraus. Frost et al., 2009 und Lim et al., 2011 berichten von ähnlichen Ergebnissen bezüglich der Patientenzufriedenheit und Versagensquote, jedoch von einem höheren Aufkommen an Popeye-Signs und Krämpfen im M. biceps brachii im Vergleich zur Tenodese.

Infolge einer Tenotomie und eines Versagens der LBS-Fixation kommt es dennoch nicht in allen Fällen zu einem Popeye-Sign, da die LBS durch eine Autotenodese im Sulcus gehalten werden kann (Scheibel u. Habermeyer, 2005; Bauer u. Löbig, 2011).

#### 2.4.2.2. Arthroskopische und (mini-) offene Rekonstruktion

Ziel einer jeden Rekonstruktion der Rotatorenmanschettenruptur, sei sie arthroskopisch oder offen, ist es, die Kraftvektoren und damit dieses sensible Gleichgewicht wiederherzustellen (*Löhr u. Uthoff, 2007*).

Offene Rotatorenmanschettenrekonstruktionen gehören zu den am häufigsten durchgeführten Eingriffen in der orthopädischen Chirurgie, jedoch haben arthroskopische und mini-open Operationsverfahren in den letzten Jahren verstärkt an Interesse gewonnen.

Bei der mini-open-Repair erfolgt zunächst die arthroskopische Exploration des Subacromialraums und der Rotatorenmanschette und anschließend die Refixation der Sehne der Rotatorenmanschette bzw. LBS mittels Deltasplit von etwa drei bis vier Zentimetern (*Gohlke et al., 2007*). Die in der vorliegenden Arbeit verwendete arthroskopische und mini-open Operationstechnik werden nachfolgend in diesem Kapitel (2.5. und 2.6.) näher definiert.

Das Standardverfahren stellte bisher die offene Rekonstruktion dar, die hinsichtlich des klinischen und biomechanischen Outcomes – insbesondere der Parameter Sehnenfestigkeit, Muskelkraft, Beweglichkeit, Schmerz und Alltagsfertigkeiten – sowie der Rerupturrate ausgezeichnete Ergebnisse erzielte. Diese liegen bei adäquater offener Rekonstruktionstechnik auch im Langzeitverlauf bei 80 bis 90 % und sind in zahlreichen Studien dokumentiert (*Gohlke et al., 2007*).

Nach einer 2005 durchgeführten, bundesweiten Umfrage wurden an den 470 befragten deutschen, orthopädisch-traumatologischen Kliniken 78,2 % offene, dahingegen nur 21,8 % arthroskopische Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette vorgenommen, obwohl an 119 Kliniken (46,3 %) arthroskopisch gearbeitet wird. Dieses Ergebnis präsentiert das endoskopische Vorgehen im Jahre 2005 als eine noch nicht vollständig etablierte Standardversorgung, wohingegen insbesondere bei großen, reparablen Defekten die Vorteile der offenen Rekonstruktion der Rotatorenmanschette überwiegen (*Lüiring et al., 2007*).

Mit zunehmender Defektgröße und Anzahl an beschädigten Sehnen, Dauer der Vorgeschichte und fortgeschrittenem Patientenalter sinken sowohl bei offener als auch bei arthroskopischer Versorgungsstrategie die Aussichten auf eine Restitutio ad integrum wie u.a. von *Gohlke et al., 2007* und *Keener et al., 2010* erwähnt wird und anhand einer Vielzahl von Studien belegt ist.

Autoren aktuellerer Studien berichten dahingegen von einer festen, weltweiten Etablierung der Arthroskopie und der bevorzugten Methode zur Rekonstruktion von Rotatorenmanschetten. Die Refixation einer kompletten Ruptur kann aufgrund der Retraktion durchaus schwierig sein. Daher haben sich diesbezüglich mini-open-Techniken bewährt (*Lorbach et al., 2010*).

Die arthroskopische Rekonstruktion der Rotatorenmanschette und ihren Begleiterscheinungen erweist sich als äußerst vielfältig und es bedarf bis heute einer ständigen Weiterentwicklung hinsichtlich ihrer Techniken und Materialien (*Bauer u. Löbig, 2011; Loitz u. Klonz, 2011*). Die Vorteile einer arthroskopischen Behandlung stellen das kosmetisch ansprechendere Ergebnis und die Schonung des M. deltoideus sowie die Reduktion der frühpostoperativen Schmerzen und Rehabilitation dar. Des Weiteren geben *Ozbaydar et al., 2007* bei adäquatem prä- und postoperativem Management, hinreichender Erfahrung des Operateurs und optimaler Technik- sowie Materialauswahl der minimalinvasiven Versorgung eine Erfolgsrate von über 90 % nach subjektiver Patientenzufriedenheit und objektiven Kriterien an.

Die überzeugenden funktionellen und biomechanischen Outcomes bei kleinen bis großen Defekten der Rotatorenmanschette im kurz- und mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum verglichen mit offenen Rekonstruktionen konnten durch Arbeiten z.B. von *Ide et al., 2005* und *Buess et al., 2005* belegt werden. Einen solchen Vergleich, jedoch mit der arthroskopischen und mini-open-Technik brachten *Kim et al., 2003; Warner et al., 2005; Youm et al., 2005* und *Verma et al., 2006* und zeigten ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse.

*Millar et al., 2009* präsentierten in ihrer Studie ähnliche postoperative klinische Ergebnisse infolge arthroskopischer und offener Vorgehensweise im Rahmen von 6 Wochen, 3 Monaten, 6 und 24 Monaten. Die Studiengruppen unterschieden sich jedoch zugunsten der Arthroskopie bezüglich des zu 20 % besseren „American Shoulder and Elbow Surgeons-Score“ nach 6 und 24 Monaten. Die Autoren berichten ebenfalls von einer Rerupturrate, die mit der Läsionsgröße sowie dem Operationszeitpunkt korreliert.

Derzeit besteht jedoch in der aktuellen Literatur ein Mangel an arthroskopischen und mini-open Operationsmethoden vergleichenden Langzeitergebnissen. Lediglich *Osti et al., 2009* behandelten in ihren Untersuchungen jene Gegenüberstellung und wiesen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen arthroskopischer und mini-open Versorgungsstrategie der Rotatorenmanschettenläsion von  $\leq 3$  cm hinsichtlich des klinischen Outcomes im postoperativen Langzeitvergleich von über 30 Monaten auf. Da beide Techniken in objektiven und subjektiven Parametern ebenbürtige Ergebnisse zeigten, empfehlen die Autoren die Wahl des operativen Verfahrens dem



betroffenen Patient zu überlassen. Die Autoren *Henn et al., 2007* demonstrierten eine äußerst bedeutsame Korrelation zwischen der preoperativen Erwartungshaltung des Patienten und des Rekonstruktionsergebnisses der Rotatorenmanschette.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass sich bei Rotatorenmanschettendefekten mit Beteiligung der LBS die Indikationsstellung für arthroskopische, mini-open oder offene Operationsmethoden im Betastadium befindet und noch keine eindeutigen und allumfassenden Ergebnisse vorhanden sind.

#### **2.4.2.3. Fixationstechniken**

Eine weitere, in der aktuellen Literatur diskutierte Komponente stellt die Indikation der Fixationstechnik bei Pulley- bzw. Rotatorenmanschettenläsionen dar, bei der man die Nahttechnik und die Eigenschaften des Nahtmaterials, knöcherne oder nicht-knöcherne Fixation bzw. die Knotentechnik und die Ankerplatzierung in Betracht ziehen muss.

Zunächst einmal wird bei der (mini-) offenen oder arthroskopischen LBS-Tenodese in Weichteiltenodese sowie epi- bzw. intraossäre Fixationstechniken (knöcherne Verankerung) differenziert. Bei der Weichteiltenodese wird die LBS mittels Fadenmaterial an der Rotatorenmanschette, am Rotatorenintervall oder am SGHL fixiert. Bei jener wird auf spezielle Instrumentarien und Implantate verzichtet und sie lässt sich technisch relativ leicht und schnell durchführen, jedoch verzeichnet dieses Verfahren keine erfolgversprechenden klinischen Ergebnisse, eine signifikant höhere Dislokationsrate und die schlechtesten biomechanischen Ergebnisse in Gegenüberstellung mit ossären Verankerungen (*Kusma et al., 2007; Bauer u. Löbig, 2011; Scheibel et al., 2010*).

Bei der intraossären Verankerung wird die tenotomierte LBS armiert und in einem Bohrloch (sogenannte Schlüssellochtechnik) fixiert. Dieses sollte proximal am Sulcus intertubercularis platziert werden. Hierfür kommen verschiedene Anker- und Schraubenimplantate zum Einsatz und es wird auf Fadenmaterial verzichtet (*Bauer u. Löbig, 2011*).

Eine Untersuchung von *Kusma et al., 2007* stellte die Interferenzschrauben-Tenodese mit den besten biomechanischen Eigenschaften – insbesondere signifikant höhere Maximalkraft und signifikant niedrigere Dislokationsrate – aller 5 getesteten Fixierungsverfahren in den Mittelpunkt, jedoch wurde dies von *Kilicoglu et al., 2005* wiederlegt, indem nach Untersuchungen am Schaftmodell neun Wochen postoperativ kein signifikanter Unterschied zwischen epi- und intraossärer Verankerung vorlag.

Zur epioossären Verankerung der LBS werden verschiedene Ankersysteme, wie z.B. Schraubenanker und knotenlose Anker beschrieben, die ebenfalls proximal am Sulcus befestigt werden sollen. *Millar et al., 2009* wiesen mittels knotenloser und „screw-in suture anchor“ verwandte Ergebnisse auf. Wie bereits o.g., konnten *Scheibel et al., 2010* Signifikanzen zugunsten der ossären Fixation hinsichtlich des funktionellen und klinischen Bildes sowie des kosmetischen Ergebnisses zeigen, die sich u.a. mit Hilfe des neu entwickelten Langen-Bizepssehnscores ergaben.

Weitere Diskussionen werden in der aktuellen Literatur bezüglich des Ankermaterials sowie der Fadenanzahl aufgeworfen. Es kommen biodegradierbare (z.B. Polyglykol) und nicht-resorbierbare (Metall- oder Titananker) Implantationen zum Tragen. *Tingart et al., 2004* empfehlen das Ankermaterial und die Ankerplatzierung von der Knochenqualität abhängig zu machen. Bei der Wahl des Fadenmaterials sollte aufgrund des Festigkeitsverlustes auf resorbierbares Material verzichtet werden, da Polyester material eine 50% größere Haltekraft nachgewiesen werden konnte (*Kettler et al., 2007*).

Ferner konnte durch o.g. Untersuchungen festgestellt werden, dass doppelt-armierte Anker verglichen mit knotenlosen und einfach-armierten Ankern für ein besseres Outcome verantwortlich sind.

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl an unterschiedlichen Knotenarten, die für arthroskopische und (mini-) offene Operationsmethoden Anwendung finden. Die korrekte Knotentechnik stellt eine weitere Voraussetzung für die Festigkeit der Naht dar. Die Wahl des Knotens (z.B. Gleit- oder Nichtgleitender Knoten) sollte sowohl an die Situation, d.h. an die betroffenen Sehnenanteile sowie an das Fadenmaterial angepasst werden. Des Weiteren sollte vom Operateur die exakte Zugfestigkeit erzielt werden: Eine zu locker geknotete Schlaufe führen zu einem Versagen der Naht, wohingegen ein zu fest angezogener Knoten die Sehne zur Schädigung und zum Ausreißen führen kann (*Kettler et al., 2007*).

### **2.4.3. Postoperative Maßnahmen**

Allgemeine Ziele der Physiotherapie in der frühen postoperativen Phase nach einem Eingriff an der Rotatorenmanschette und der LBS sind eine Schmerzreduktion zu erreichen, zirkulationsfördernde Maßnahmen zu ergreifen, die bestmögliche Beweglichkeit im Glenohumeralgelenk sowie den benachbarten Gelenken zu erhalten, eine optimale Haltung bzw. die Schulung der Körperwahrnehmung und

Symmetrie zu fördern, die Muskulatur zu erhalten sowie die Patienten bei Alltagsbewegungen anzuleiten. Im weiteren Verlauf wird durch die Aufhebung der Bewegungslimitierung, Koordinations- und Propriozeptionsübungen sowie schrittweisem Krauftaufbau der Rotatorenmanschette und M. biceps brachii die Alltags- und Sportfähigkeit angestrebt. Langfristig gesehen soll die Nachbehandlung durch Physiotherapie und medizinische Trainingstherapie ein stabiles Gelenk begünstigen, fördern und fordern.

Nach Rotatorenmanschetten- bzw. LBS-Rekonstruktionen ist die aktive Bewegung und Dehnung der Schulter in den ersten 6 postoperativen Wochen nicht zulässig, da es zu einem erneuten Ausreißen der Sehnen kommen kann. Somit nimmt der Patient in der Physiotherapie sowie den begleitenden Maßnahmen eine eher passive Rolle ein. Insbesondere sollte bis Ende der 6. Woche post-OP ausnahmslos eine aktive Bizepsanspannung, Armextension und horizontale Abduktion vermieden werden. Gleichmaßen gelten spezielle Limitierungen bei Beteiligung der SSP- und ISP-Sehne (IRO nur bis zum weichen Stopp, max. 70°) sowie der SSC-Sehne (ARO nur bis zum weichen Stopp, max. 70°).

Die offen oder arthroskopisch gedeckte Rekonstruktion der Rotatorenmanschetten bzw. Tenodese der LBS (und auch SLAP-Läsion) wird in einen Vier-Phasen-Rehabilitationsplan gegliedert: Akutphase, Einheilungs-, Bewegungs- und Kraftaufbauphase. Jene werden im Folgenden dargestellt, jedoch können sie – je nach durchgeführten operativen Maßnahmen bzw. o.g. Sehnenbeteiligung (Pulley-Läsionsgrad) – im zeitlichen Rehabilitationsverlauf variieren.

### **1.) Akutphase – 1. bis 7. Tag post-OP**

Bereits am OP-Tag sollte je nach Bedarf die Schmerzreduktion mittels adäquater antiphlogistischer und analgetischer medikamentöser Abdeckung und lokaler Kälteapplikation und der Ruhigstellung der Schulter im o.g. Gilchrist-Verband erfolgen.

Es wird bei ein Gilchrist-Verband angelegt, der tagsüber für ein bis drei Wochen und nachts für sechs Wochen getragen werden soll. Alternativ – und eher infolge offener Operationen – kann der Arm durch ein Abduktionskissen (30° FLEX, 30° ABD und 30° IRO) ruhig gestellt werden.

Am 1. postoperativen Tag liegt der Schwerpunkt auf der Schmerzreduktion anhand von Lymphdrainage und aktiver Bewegungsinstruktion der Ellenbogen-, Hand- und Fingergelenke im Schwerpunkt.

Ab dem 3. postoperativen Tag erfolgt die ausschließlich passive und schmerzadaptierte Mobilisation und Bewegungstherapie des Glenohumeralgelenks in

allen Bewegungsrichtungen bis zum weichen und streng limitierten Stopp (je nach betroffenen Strukturen maximal 60 – 90° ABD und FLEX, 10° ARO und homolateraler Ellenbogen 0/30/140°), um eine Kapselschrumpfung und Einsteifung der Schulter durch die schmerzbedingte Ruhigstellung zu verhindern. Auch die Brustwirbelsäule, Scapula und 1. Rippe sollen mitbehandelt werden. Des Weiteren stehen die Haltungskorrektur und Wahrnehmungstraining mit Skapulakontrolle sowie detonisierende Maßnahmen für die Schulter- und Nackenmuskulatur im Schwerpunkt der ersten postoperativen Woche. Zusätzlich finden neurophysiologische Techniken Anklang: der Patient soll in kontrollierte Pendelübungen mit vorgeneigtem Oberkörper im Stand sowie in die Aktivitäten des täglichen Lebens mit weitestgehender Schonung der betroffenen Seite wie beispielsweise Waschen, Anziehen etc. instruiert werden, um eine eventuell aus der Schonhaltung resultierenden Fehlstellung der Wirbelsäule und des Schultergürtels zu vermeiden. Überdies wird bei Bedarf weiterhin Lymphdrainage durchgeführt sowie lokale Kälte- oder Wärme-, Elektro- oder Ultraschallapplikation verabreicht. Dem Patient wird angeraten, in den ersten zwei Wochen täglich die passive Beweglichkeit mittels einer CTM-Bewegungsschiene aufrechtzuhalten.

### **2.) Einheilungsphase – 2. bis 3. Woche post-OP**

Es können vorsichtig minimale gelenknahe isometrisch-zentrierende Übungen zum Erhalt der Muskulatur angewandt werden, jedoch sind die Limitierungen sowohl passiver als auch aktiver Bewegungsamplitude weiter einzuhalten. Passive Übungen für Flexion im Stehen oder Sitzen können als Eigenübung geschult werden. Bei isolierter LBS-Läsion (hier: Pulley Grad I) kann zusätzlich im schmerzfreen Intervall bis zum vollen Bewegungsumfang aktiv unterstützt werden, ein Bizepstraining und volle Ellenbogenstreckung (30° Limitierung) jedoch weiterhin vermieden werden. Bei Beteiligung der Rotatorenmanschette erfolgt die passive-assistive und schmerzfreen Mobilisation in allen Bewegungsrichtungen bis zum weichen Stopp bzw. unter Einschränkung (max. 80° ABD, max. 110° FLEX, max. 30° ARO, bei Schädigung des SSC max. 10° ARO). Es sollte zusätzlich mit achtsamer Kräftigung der Scapulafixatoren begonnen werden.

### **3.) Bewegungsphase – 4. bis 8. Woche postoperativ**

In dieser Rehabilitationsphase wird eine langsame Steigerung der aktiv-assistiven Übungsbehandlung mit beginnendem Bizepstraining angestrebt. Bei einer isolierten Tenodese der LBS besteht keine Bewegungslimitierung mehr. Demgegenüber wird nach Rotatorenmanschettenrekonstruktionen die passive und aktive Mobilisation erst

nach Ende der 6. Woche ohne Bewegungseinschränkung freigegeben. Es können Stabilisations- und Koordinationsübungen für die Scapula bzw. die glenohumerale Zentrierung und Stabilisation durch leichtes isometrisches und dynamisches Training der Schultermuskulatur und insbesondere der operierten Muskeln erfolgen.

#### **4.) Kraftaufbauphase – ab 9. Woche postoperativ**

Die Ziele dieser letzten Rehabilitationsphase bestehen aus muskulärer Kräftigung und Optimierung der Aktivitäten des täglichen Lebens. Es erfolgt eine Freigabe des Schulter- und Ellenbogengelenks zum schrittweisen gesteigerten Kraftaufbaus im Rahmen der gerätegestützten Krankengymnastik (KGG). Stützaktivitäten und dynamische Stabilisierung mit höherer Intensität und Intensivierung der muskulären Kräftigung mit speziellen progressiven exzentrischen Widerstandsübungen für die Rotatorenmanschette sind nun möglich. Im weiteren Verlauf sollten reaktive Übungen sowie sportartspezifische Bewegungsabläufe und Schnellkrafttraining eingeführt und intensiviert werden.

Infolge einer Rotatorenmanschetten- und / oder LBS-Rekonstruktion ist mit einem vollständigen Ausgleich von muskulären Dysbalancen mit allen Folgen in der Regel nicht vor Ablauf von sechs bis neun Monaten zu rechnen (*Einsingbach et al., 1992; Kolster u. Ebel-Paprothny, 1996; Heisel u. Jerosch, 2009*).

### **2.5. Arthroskopische Fadenankertenodese**

Die operative Versorgung der Pulley-Läsion beginnt immer mit der diagnostischen Arthroskopie des Schultergelenks. Über einen klassischen dorsalen Zugang wird ein Arthroskopie-Trokar in das Schultergelenk eingebracht und die 4 mm-30°-Optik darin platziert. Zunächst wird das Glenoid und der Humeruskopf dargestellt, im Anschluss das Labrum glenoidale und die glenohumeralen Bänder. Der Blick auf das vorne gelegene Rotatorenintervall mit dem Pulley-Komplex stellt den entscheidenden diagnostischen Schritt dar. Der Pulley-Bereich mit den intraartikulären Strukturen des SGHL, der Sehnen der SSC und SSP werden dargestellt. Über einen antero-superioren Zugang wird ein Tasthaken in das Gelenk eingebracht und eine dynamische Stabilitätsprüfung der LBS durchgeführt. Die LBS wird sowohl nach medial als auch nach lateral versucht zu luxieren bzw. zu subluxieren. Zudem wird die LBS aus dem Sulcus intertubercularis in das Gelenk hinein gezogen, um tendinitische Veränderungen darzustellen.

Im Falle einer Pulley-Läsion muss nun eine arthroskopische Bizepssehnenodese sowie ggf. eine Naht der geschädigten Sehe des SSP und / oder des SSC durchgeführt werden. Über das antero-superiore Portal wird eine Arbeitskanüle der Stärke 8,25 mm eingebracht. Der Pulley-Komplex im Bereich des Sulcus intertubercularis sowie des SGHL wird mit einem Shaver angefrischt, sodass eine Blutung entsteht. Im Anschluss daran wird mit einer Kugelfräse der Sulcus angefrischt bis sich eine spongiöse Blutung einstellt. Über das antero-superiore Portal wird nun ein Healix™-Fadenanker (Fa. Mitek) in den Humeruskopf eingebracht. Die Positionierung erfolgt in direkter Nachbarschaft, medial zum Sulcus intertubercularis bzw. des SGHL. Ein Faden des doppelt-armierten Fadenankers wird für die Bizepsstenodese verwendet. Mit Hilfe des Präzisionsinstruments Cleverhook (Fa. Mitek) wird der sogenannte Lasso-Loop-Stich nach Laurent Lafosse durchgeführt. Im Detail bedeutet dies, dass die Bizepssehne mit einem Cleverhook gepierced wird, ein Faden durch die Sehne geschlungen und eine Schlaufe gebildet sowie das gleiche Fadenende durch die Schlaufe aus dem Gelenk ausgeleitet wird. Das korrespondierende zweite Fadenende wird einmal um die Bizepssehne um 360° herumgelegt und die beiden Fadenenden werden dann miteinander verknotet. Die verbliebenen Fadenenden werden mit einem Fadenschneider abgetrennt. Jetzt kann die Tenotomie der LBS intraarticulär erfolgen und die Sehnenstümpfe mittels Shaver begradigt werden. Der zweite Faden im Healix™-Fadenanker kann nun für eine eventuell notwendige SSC-Sehennaht verwendet werden. Erneut wird ein Cleverhook angewandt, um die SSC-Sehne zu piercen, das eine Fadenende durch die Sehne zu ziehen und die beiden Enden miteinander zu verknoten. Die Fadenreste werden ebenfalls anhand des Fadenschneiders entfernt.

Im Falle einer Pulley-II-Läsion und zusätzlicher Teilläsion der SSP-Sehne kann über einen lateralen Zugang ein weiterer Fadenanker ins Tub. majus unter intraarticulärer Sicht eingebracht werden. Im Sinne einer PASTA-Repair erfolgt dann eine Adaptation der partiell abgelösten SSP-Sehne.

## **2.6. Mini-open Fadenankertenodese**

Die mini-open operative Versorgung der Pulley-Läsion beginnt – wie bereits in der arthroskopischen Technik erläutert – mit der diagnostischen Arthroskopie. Über den typischen dorsalen Zugang zum Schultergelenk werden der Trokar und die Optik ins Glenohumeralgelenk eingebracht und es erfolgt die Inspektion der o.g. anatomischen

Strukturen. Der Blick auf das Pulley-Intervall stellt nun die mögliche Verletzung dar und die Arthroskopie kann beendet werden.

Auch in der mini-open Technik kann die LBS bereits arthroskopisch tenotomiert werden. Diese verbleibt dann im Sulcus intertubercularis und kann für die offene Operation weiter verwendet werden.

Über eine antero-laterale, ca. 4 cm lange Hautinzision erfolgt der Zugang zum Gelenk. Das subkutane Gewebe wird durchtrennt und der M. deltoideus im Bereich des ventralen Acromions dargestellt. Vom antero-lateralen Eck des Acromions erfolgt nun der Split des M. deltoideus im Faserverlauf um ca. 3 cm nach distal. Es wird die Bursa subacromialis dargestellt und entfernt. Oftmals zeigt sich bei der Pulley-Läsion das Rotatorenintervall erweitert. Es erfolgt ein Längssplit des Sulcus, um die tenotomierte LBS hervorzuholen. Der Sulcus wird freipräpariert und mit Meißeln angefrischt, sodass ein gut blutendes Knochenbett entsteht. Es wird ein 5.0-Titan-Corkscrew®-Anker (Fa. Arthrex) in den Humeruskopf eingebracht, bei der die Positionierung in dieser Methode im Sulcus erfolgt. Mittels o.g. Fadenanker wird die Bizepssehne angeschlungen und anhand der Einzelknopfnah (,,Easy-Knot“) fixiert. Das überstehende Sehngewebe wird reseziert. Im Falle einer zusätzlichen SSC-Sehnenläsion wird diese mit dem zweiten Fadenende des Ankers ebenfalls am Knochen readaptiert. Bei einer gegebenen Teilläsion der SSP-Sehne kann der partiell abgelöste SSP-Sehnenanteil mit diesem verbliebenen Fadenende readaptiert werden. Das Rotatorenintervall wird wieder mit Seit-zu-Seit-Nähten verschlossen. Es erfolgt eine sorgfältige Spülung und die Einlage einer Redondrainage, der Verschluss des M. deltoideus sowie die Subkutan- und Hautnaht.

### 3. METHODOLOGIE

#### 3.1. Studiendesign

Im Rahmen einer ärztlichen Nachuntersuchung von arthroskopischer Fadenankertenodese (AFT) und mini-open Fadenankertenodese (MOFT) infolge einer Pulley-Läsion Grad I bis IV postoperativen Zustands wurde von Juli 2010 bis Dezember 2011 in der Ortho-Klinik Rhein/Main und Ortho-Mainfranken eine Erhebung im Querschnittsdesign durchgeführt. Beide Operationstechniken wurden lediglich von Dr. med. U. König (AFT, Offenbach) und PD Dr. med. D. Böhm (MOFT, Würzburg) vorgenommen worden, sodass eventuelle interindividuelle Einflüsse mehrerer Operateure vermieden werden konnten.

Die vorliegende Untersuchung wurde retrospektiv als klinische nicht-interventionelle Studie in kontrollierter Form mit zwei Studienarmen angefertigt. Durch den retrospektiven Studiencharakter kann ein großes Patientenkollektiv garantiert und die Qualität der Aussagekraft gesteigert werden. Ferner gingen die Patientenakte sowie Operationsberichte, bildgebende Materialien und unten erläuterte, standardisierte Fragebögen in die Datenerhebung ein.

Nach den Richtlinien des Datenschutzgesetzes wurde die schriftliche Einverständniserklärung der Patienten eingeholt.

Die Gruppenzuordnung erfolgte aufgrund der jeweiligen örtlichen Standpunkte beider auf Schultergelenke spezialisierten Kliniken und deren differenzierten Operationstechnik. Beifolgend fand die Datenerhebung dieser Probandengruppen in denselben getrennten Räumlichkeiten statt.

Sämtliche persönliche Angaben der an dieser Erhebung teilgenommenen Patienten wurden nach den Richtlinien des Datenschutzgesetzes (*www.bfdi.bund.de, 18.02.2010*) in anonymisierter und diskreter Form behandelt.

Grundlegend jedoch war die gesamte vorliegende wissenschaftliche Studie eine Zusammenarbeit der Abteilung für Sportmedizin am sportwissenschaftlichen Institut der Justus-Liebig Universität Gießen und den u.g. Spezialkliniken (Kap. 3.2.). In der Abbildung 3.1. ist der Studienablauf mittels eines Flussdiagramms dargestellt und wird detailliert in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.



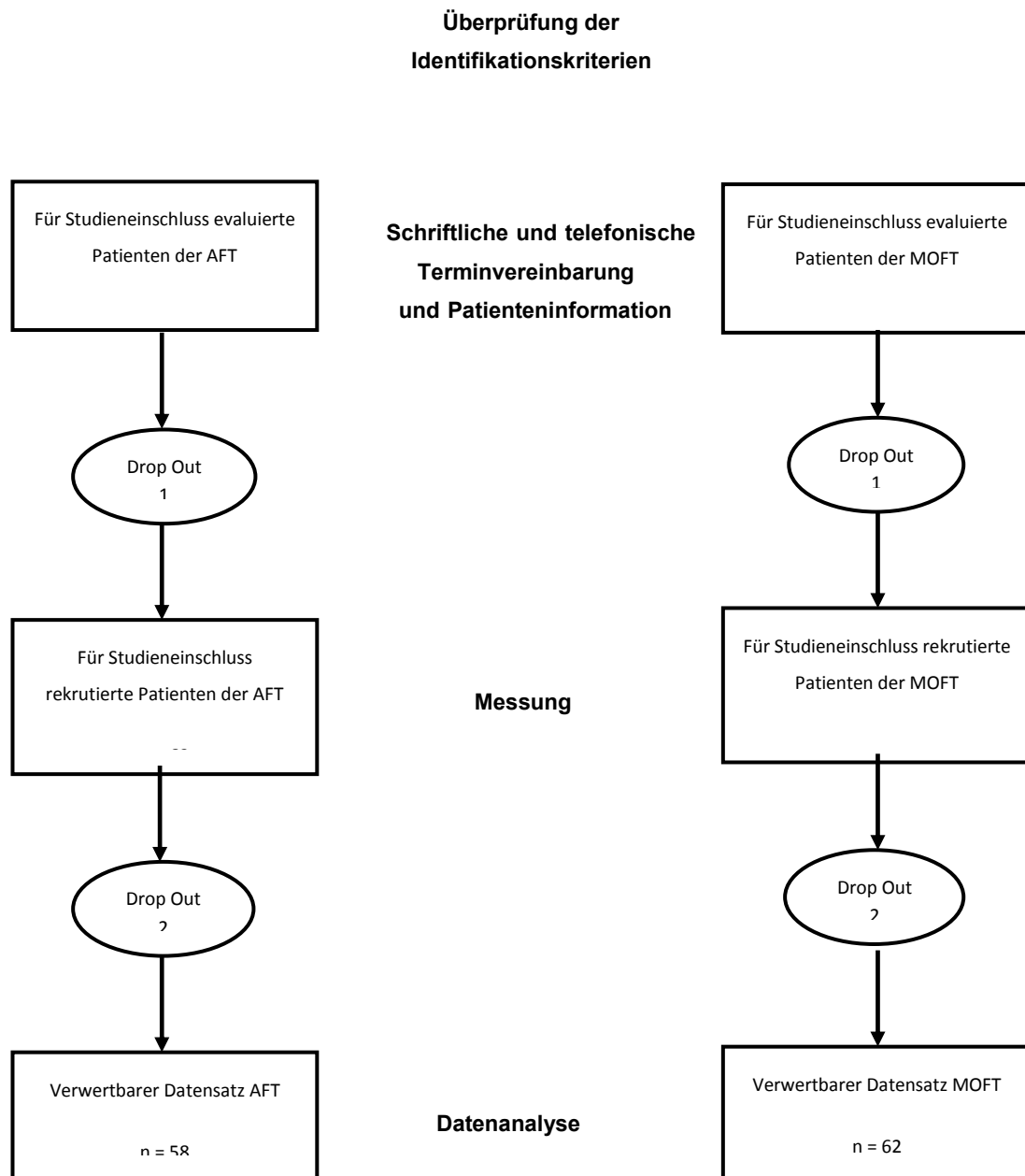


Abb. 3.1.: Flussdiagramm des Studienablaufs

### 3.2. Studienort

Die Datenerhebung beider Scores sowie den bildgebenden Verfahren des Untersuchungsguts erfolgte in den Räumlichkeiten der ärztlichen Praxen bzw. Kliniken.

Die Messungen der arthroskopischen Studiengruppe fanden in der Ortho-Klinik Rhein/Main, einer Privatklinik mit den Schwerpunkten Schulter- und Kniechirurgie sowie Sporttraumatologie in Offenbach am Main statt. Die Datenerhebung der mini-

open Studiengruppe wurde in der Klinik Ortho-Mainfranken in Würzburg, einer Gemeinschaftspraxis für Orthopädie und Unfallchirurgie – u.a. spezialisiert auf arthroskopische und offene Schulteroperationen – durchgeführt.

Es konnte dementsprechend das transportable, für diese Erhebung eigens erworbene Kraftmessgerät sowie die bildgebenden Instrumentarien für die Ultraschallaufnahmen der Praxen genutzt werden. Die rekrutierten Patienten hatten die Möglichkeit, ihre Fragebögen in stressfreiem, abgegrenztem Umfeld – einem für diese Untersuchung eingerichteten Behandlungszimmer – zu beantworten. Bei Fragen oder Unklarheiten seitens der Patienten standen sowohl die Studienleitung – Frau C. Hartleb sowie Herr Dr. med. U. König bzw. Herr PD Dr. med. D. Böhm – als auch das in Studieninhalt und -ablauf unterrichtete Praxis- bzw. Klinikpersonal zur Verfügung.

### **3.3. Studiendauer- und umfang**

Durch eine etwa halbjährige theoretische Planungs- und Definitionsphase mit Festlegung der Identifikationskriterien und Operationalisierung konnte ein reibungsloser Ablauf der Messungen garantiert werden.

Die empirische Phase der Studie belief sich insgesamt über den Zeitraum von Juli 2010 bis Dezember 2011, wobei sich die Phase der tatsächlichen Messungen aus organisatorischen und lokalen Gründen in der Ortho-Klinik Rhein/Main von Anfang Juli bis Mitte September 2010 und in der Ortho Mainfranken von Mitte Dezember 2010 bis Ende Dezember 2011 erstreckten.

Zur Beantwortung der die Untersuchung beinhaltenden Fragebögen, der sonographischen Aufnahmen sowie der Kraft- und Bewegungsmessung waren pro Patient etwa 25 bis 30 Minuten einzukalkulieren. Dafür wurden z.T. Zeiten während der regulären Sprechstunden eingeräumt, angesichts der Auslastung der genannten Praxen aber auch Sondertermine außerhalb der regulären Öffnungszeiten vereinbart.

### **3.4. Identifikationskriterien**

Um einer möglichen Ergebnisverzerrung entgegenzuwirken, mussten streng definierte Identifikationskriterien im Selektionsvorgang verwendet werden, wie den nachfolgenden Kapiteln, sowie der Tabelle 3.1. in detaillierter Übersicht zu entnehmen ist.

### 3.4.1. Einschlusskriterien

Ausschließlich diejenigen weiblichen und männlichen Patienten mit dem diagnostizierten Zustand nach arthroskopischer bzw. mini-open Fadenankertenodese infolge einer Pulley-Läsion Grad I bis IV nach *Habermeyer et. al., 2004*, also einer Schädigung des SGHL kombiniert mit kleinen (< 1 cm) bis großen (3 - 5 cm) Sehnendefekten *nach Ellmann, 1993 u. Batemann, 1963 (aus Jungermann und Gumpert, 2008)* der LBS, und je nach Traumamechanismus der Sehne des SSP und / oder des SSC, fanden Eingang in die Untersuchung. Demnach errechneten sich im Hinblick auf die eingerichteten Untersuchungsperioden auch unterschiedliche Operationszeiträume. In die Studie evaluiert wurden Patienten mit Pulley-Läsionen, die in der Ortho-Klinik Rhein/Main von September 2006 bis April 2010 und in der Ortho-Mainfranken von Januar 2007 bis März 2011 operiert wurden. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug mindestens 4 und maximal 48 Monate.

### 3.4.2. Ausschlusskriterien

In der Datenerhebung ausgeschlossen wurden weibliche und männliche Patienten mit bestimmten diagnostizierten Begleitschäden bzw. Nebendiagnosen, da demzufolge eine systematische Ergebnisverzerrung hätte entstehen können.

Die Ausschlusskriterien wurden von der Studienleitung festgelegt und lehnen an die Unterscheidungsgrößen von *Baumann et al., 2008* an. Sie stellen komplette bzw. partielle Rotatorenmanschettenläsionen über 50 % (*nach Ellmann, 1993 und Bateman, 1963*) sowie komplette LBS-Läsionen dar. Patienten mit der festgestellten Diagnose einer hypertrophen Bursa subacromialis, Schulterinstabilität, Chondromalazie (> 1°), SLAP- oder PASTA-Läsion sowie einer diagnostizierten Frozen Shoulder und daneben bereits vorbestehenden Schulteroperationen derselben hier betroffenen Schulter wurden ebenfalls von der Studienteilnahme ausgeschlossen. Ein weiteres Ausschlusskriterium stellte die operative Therapie der Arthrolyse, sowie eine operativ behandelte oder lediglich festgestellte Omarthrose (> Grad II) dar. Überdies wurden Patienten mit Sucht- und Nebenerkrankungen akuten oder chronischen Typus, wie z.B. Fibromyalgie, Krebserkrankungen oder Diabetes mellitus wegen der möglichen, daraus resultieren medikamentösen Therapie nicht in diese Studie eingebracht. Ebenfalls waren diejenigen Patienten ausgeschlossen, die zum Zeitpunkt der Messung (noch) auf die Einnahme von Analgetika und Antiphlogistika zurückgriffen.

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Pulley-Läsion (isolierte SGHL- oder kombinierte partielle SSC- und / oder SSP-Läsionen (<50 % Stärke) mit LBS-Schädigung infolge arthroskopischer und mini-open Fadenankertenodese	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komplette bzw. partielle RM-Ruptur (&gt;50%)</li> <li>- Komplette LBS-Ruptur</li> <li>- Hypertrophe Bursa subacromialis</li> <li>- Schulterinstabilität</li> <li>- Chondromalazie</li> <li>- SLAP- / PASTA-Läsionen</li> <li>- Vorbestehende Schulteroperationen derselben hier betroffenen Schulter</li> <li>- Arthrolyse</li> <li>- Omarthrosen (&gt;Grad 2)</li> <li>- sek. Schultersteife / Frozen Shoulder</li> <li>- Sucht- und gravierende Nebenerkrankungen, z.B. Fibromyalgie, Diabetes mellitus, Krebserkrankungen etc.</li> <li>- Schmerzmitteleinnahme zum Zeitpunkt der Messung</li> </ul>

Tab. 3.1.: Ein- und Ausschlusskriterien

### 3.5. Patientenrekrutierung

Von allen Pulley-Läsionen im Zeitraum September 2006 bis April 2010 in der Ortho-Klinik Rhein/Main infolge einer Arthroskopie und von Januar 2007 bis März 2011 in der Ortho-Mainfranken nach mini-open Eingriff, konnten insgesamt 159 Patienten, bestehend aus 63 Frauen und 96 Männern, unter Anwendung der streng definierten Identifikationskriterien der Ausgangsdiagnose evaluiert werden, die einen Läsionstyp Grad I bis IV als definierte Hauptpathologie aufwiesen. In der Ortho-Klinik Rhein/Main fanden sich 69 Patienten und in der Ortho Mainfranken hingegen 90 mögliche Studienteilnehmer.

Die für das vorliegende empirische Untersuchungsverfahren evaluierten Patienten galt es nun zu rekrutieren, informieren und zur Nachuntersuchung bzw. Messung einzuladen. Alle durch die Vorselektion in Frage kommenden weiblichen und männlichen Testpersonen wurden etwa drei bis fünf Wochen vor Messbeginn telefonisch von der Studienleitung (s.o.) zu der klinischen Nachuntersuchung in die jeweiligen Kliniken einbestellt. Ihnen wurde mitgeteilt, dass die bevorstehende Untersuchung nicht nur wissenschaftlichen Zwecken dient, sondern auch für Patienten eine Möglichkeit der rehabilitativen Kontrolle darstellt, die ihnen

Informationen über den individuellen, aktuellen Zustand der betroffenen Sehnen, Muskeln und Bänder im Heilungsprozess gibt.

Jedoch schieden in diesem Arbeitsschritt der telefonischen Patienteninformation und Terminvereinbarung 23 Patienten (14,47 %) aus der Studie aus, welche hier analytisch als Drop-Outs-1 gekennzeichnet werden. Unter jenen konnten zwölf Patienten nicht erreicht werden, da sich die Adresse einschließlich der Telefonnummer im Laufe der Zeit geändert hatte und für die Studienleitung nicht mehr herauszufinden war. Zwei dieser zwölf Fälle ergab keinerlei Ergebnis hinsichtlich des Kontaktierungswegs. Unter den Drop-Outs-2 zählten mitunter zwei Krankheitsfälle: Eine Patientin klagte über starke Schmerzen in der betroffenen Schulter infolge eines kürzlich erfolgten Fahrradsturzes. Einem anderen Patient war nicht möglich, aufgrund einer kürzlich diagnostizierten Krebserkrankung, an der Untersuchung teilzunehmen. Des Weiteren war bei drei Patienten eine Terminvereinbarung aus organisatorischen Gründen undenkbar – bedingt durch eine zu große Entfernung von Wohn- bzw. Arbeitssitz und Praxis bzw. derzeitigen Arbeitsaufenthalt im Ausland. Hinzukommend war ein ärztlicher Kontakt in vier Fällen aus zeitlichen Gründen nicht möglich. Weitere zwei Drop-Out-Patienten aus den o.g. Kliniken lehnten ohne exakte Angabe eine Teilnahme an der hiesigen Studie ab.

Infolgedessen wurden von allen 159 Evaluierten, 136 Patienten für diese empirische Erhebung rekrutiert. Dies entsprach einer möglichen Studienteilnahme von 85,53 %. 62 Patienten (89,86 %) der ersten und 74 (82,22 %) Patienten der zweiten Studiengruppe stimmten der postoperativen Nachuntersuchung bzw. der wissenschaftlichen Studie zu, bestehend aus insgesamt 55 weiblichen und 81 männlichen Probanden.

Die Drop-Outs-2 diesseits verzeichneten 16 Patienten (11,76 %). Zu diesen zählten in fünf Fällen kurzfristige Terminabsagen, wobei eine weitere Terminierung aufgrund der für diese empirische Untersuchung eingerichteten Messzeiten nicht mehr möglich war. Die verbleibenden acht Patienten sind ohne mündliche oder schriftliche Absage lediglich nicht zur vereinbarten Nachuntersuchung erschienen. Die Studienleitung sah sich im Nachhinein gezwungen, drei weitere Fälle als Drop-Outs-2 zu charakterisieren, da bei denjenigen zwar sonographische Aufnahmen und persönliche Parameter aufzunehmen waren, jedoch die übrigen Items der Scores aufgrund akuter Schmerzen im Schulterbereich bedingt durch vorherrschende entzündliche Prozesse oder nervale Problematiken der Halswirbelsäule ergebnisverzerrt waren.

Alle weiblichen und männlichen Probanden erhielten vor Beginn der Datenerhebung ausführliche Hinweise über die freiwillige Studienteilnahme und die Verwendung

deren erhobener Daten nach den Richtlinien des Datenschutzgesetzes ([www.bfdi.bund.de](http://www.bfdi.bund.de), 18.02.2010).

Die Arthroskopische Fadenankertenodese-Gruppe (AFT) und die mini-open Fadenankertenodese-Gruppe (MOFT) brachten letztendlich in der Gesamtzahl 120 Studienteilnehmer, davon 51 Frauen und 69 Männer auf. Hieraus errechneten sich die prozentualen Anteile von 88,23 % der rekrutierten und 75,47 % aller für diese Erhebung evaluierten Pulley-Rekonstruktionen in der benannten Studienphase. Der verwertbare Datensatz der arthroskopischen Studiengruppe brachte 58 Patienten und der mini-open Studiengruppe 62 Patienten hervor.

Sämtliche in diesem Kapitel beschriebenen Zahlenangaben über die Studienteilnahme dieser vorliegenden Untersuchung sind zusammenfassend der Tabelle 3.2. zu entnehmen. Eine Übersicht des gesamten Patientenkollektivs dieser klinischen Studie wird im nachfolgenden Kapitel 4. und der Tabelle 4.1. in detaillierter Form dargestellt.

Patientenrekrutierung / Vorgehensweise		Gesamt	Gruppe AFT	Gruppe MOFT
Evaluierte Patienten	ges.	159	69	90
	w	63	33	30
	m	96	36	60
Drop-Out-1		23 (14,47%)	7 (10,14%)	16 (17,78%)
Rekrutierte Patienten	ges.	136 (85,53%)	62 (89,86%)	74 (82,22%)
	w	55	32	23
	m	81	30	51
Drop-Out-2		16 (11,76%)	4 (6,45%)	12 (16,22%)
Verwertbarer Datensatz	ges.	120 (88,23%)	58 (93,55%)	62 (83,78%)
	w	51	30	21
	m	69	28	41

Tab. 3.2.: Patientenrekrutierung

### 3.5.1. Gruppenzuordnung

Um die zwei großen Vergleichsgruppen der unterschiedlichen Operationsmethoden ergänzend differenzieren und sie auf einem homogenen Niveau kontrollieren zu können, entschloss sich die Studienleitung für eine Einteilung in Subgruppen bezüglich der Nachuntersuchungs-Zeitspannen. Diese untergliedern sich in die

Chroniken 4 bis 12 Monate (Kurzzeit = AFT-1, MOFT-2), 13 bis 24 Monate (Mittelzeit = AFT-3, MOFT-4) und 25 bis 48 Monate (Langzeit = AFT-5, MOFT-6). Somit kann ein Vergleich der Kurz-, Mittel- und Langzeitergebnisse zwischen den „jüngsten“, „mittelfristigen“ und „ältesten“ postoperativ gemessenen Patienten im Querschnitt (Gruppe 1 vs. 2; 3 vs. 4 und 5 vs. 6) ermöglicht und einzelne Parameter in einer direkten zeitlichen Gegenüberstellung betrachtet werden. Auch wird somit eine Übersicht im Längsverlauf (Gruppe AFT-1 vs. -3 vs. -5; MOFT-2 vs. -4 vs. -6) gegeben, wodurch einzelne Hilfsgrößen auf ihren Stellenwert analysiert werden können. Die Tabelle 3.3. beschreibt die oben erläuterte Gruppenzuordnung mit jeweiligem Quer- und Längsvergleich.

Nachuntersuchungs- Chronik	AFT (ges.)	↔	MOFT (ges.)
4 - 12 Monate (Kurzzeit)	AFT-1	↔	MOFT-2
	↕		↕
13 - 24 Monate (Mittelzeit)	AFT-3	↔	MOFT-4
	↕		↕
25 - 48 Monate (Langzeit)	AFT-5	↔	MOFT-6

Tab. 3.3.: Gruppenzuordnung im Quer- und Längsschnittvergleich

### 3.6. Erhebungsinstrumentarien

Für die allgemeine objektive Beurteilung der Schultergelenksstruktur einschließlich der persönlichen Wahrnehmung des jeweiligen Patienten, haben sich – wie auch bei anderen Gelenken – über die Jahre standardisierte Untersuchungsvorgänge bewährt (Brunner aus Habermeyer, 2002).

Neben allgemeinen Informationen aus den Patientenakten und Operationsberichten, erfolgte die Evaluation der Daten in der vorliegenden Studie über zwei Arten empirischer Informationsmethoden: Zwei standardisierte Fragebögen, die sowohl objektive als auch subjektive Parameter und medizinische Messformen beinhalten. Sie entsprechen den Gütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität. Überdies wurden sonographische Aufnahmen angefertigt. Anhand dieser genannten klinischen Mittel konnten objektive und subjektive Inhaltsanalysen erhoben werden.

Die postoperative Messung der Patienten beider Operationsgruppen erfolgte nach mindestens 4 und maximal 48 Monaten anhand der unten erläuterten objektiven und subjektiven Messinstrumente. Die jeweiligen Scores wurden miteinander verglichen und analytisch ausgewertet. Einen exakten Einblick liefern die nachfolgenden Abschnitte.

### 3.6.1. Constant-Murley Score

Der Score wurde von Constant und Murley im Jahre 1987 entwickelt und in einer deutschen Ausgabe 1991 präsentiert (*Constant C.R., 1991*). Nach *Constant u. Murley, 1987* erlauben diagnostische Untersuchungen keine ausreichenden Erkenntnisse über den Funktionszustand der Schulter. Aus diesem Grund erbrachten sie anhand dieses Erhebungsbogens – als bislang einziger Score – ein Verhältnis zwischen Symptomatik und Funktionsbewertung nach einer Verletzung oder Behandlung der Schultererkrankung. *Böhm (aus Hedtmann u. Gohlke, 2002)* erwähnt jedoch, dass in den letzten Jahren viele Scores für diverse Schultererkrankungen bzw. -verletzungen publiziert wurden, es bis heute aber keinen generalisierten, weltweit verwendeten und standardisierten Score gebe.

Dennoch wird – zur klinischen Dokumentation und Bewertung von Schulterproblematiken, sowie um international vergleichbare Ergebnisse zu erhalten – der Constant-Murley Score (CM-Score) von der Deutschen Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE) für wissenschaftliche Studien zur Erfassung des Schulterzustands empfohlen (*www.dvse.info und www.secec.org, 09.05.2009*) sowie von der European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (ESSE, SECEC) zum allgemein anerkannten Schulter-Score erklärt (*Casser u. Paus aus Eulert u. Hedtmann, 1996*).

Hierfür muss ein solcher Score bestimmte Kriterien erfüllen. Nach *Böhm (aus Hedtmann u. Gohlke, 2002)* sollte er allgemein verwertbar sein, also eine Ungebundenheit bezüglich der Diagnose aufweisen, eine klar definierte Terminologie und



Durchführungsmethode sowie eine klare Erfassung aller relevanten Schulterfunktionen haben. Außerdem sollte ein idealer Score subjektive und objektive Parameter enthalten und leicht reproduzierbar sein. *Casser u. Paus (aus Eulert u. Hedtmann, 1996)* fügen noch die Unabhängigkeit von Untersucher und Patient hinzu. Sie skizzieren außerdem, dass erst der Einschluss von subjektiven und objektiven Einflussgrößen die erforderliche Präzision eines internationalen Scores gewährleisten. Der Constant-Murley Score ist ein standardisierter Fragebogen zur Erfassung beider Parameter in einem ausgewogenen Verhältnis von 65:35 und beinhaltet einen Maximalwert von 100 Punkten, was mit einer schmerzfreien, voll beweglichen und funktionsfähigen Schulter gleichgestellt werden kann: Je höher die erreichte Punktzahl, desto besser ist die Schulter-Armtätigkeit (*Krämer und Maichl, 1993*). Der Constant-Murley Score besteht demgemäß aus 35 % subjektiven Parametern (Schmerzempfindung, Aktivitäten des täglichen Lebens) und 65 % objektiven Parametern (Beweglichkeit, Kraft). Eine visuelle Zusammenfassung des Gesamtscores kann aus der nachfolgenden Tabelle 3.4. entnommen werden; die exakte Beschreibung der einzelnen Parameter erfolgt weiter unten in diesem Kapitel (Erhebungsbogen s. Anhang).

<b>CMS Parameter</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Punkte / Prozent</b>
Schmerzen	Beurteilung durch 4 Kategorien	max. 15
Alltagsfunktionsfähigkeit	Arbeitsfähigkeit, Freizeitaktivität z.B. Sport, Schlaf, schmerzlose Erreichbarkeit	max. 20
Beweglichkeit (schmerzfrei, aktiv)	Anteversión, Abduktion, Außenrotation, Innenrotation	max. 40
Kraft	3 sec. in 90° Abd. und 30° Antev.; sitzend oder stehend	max. 25

Tab. 3.4.: CM-Score – Überblick

Untersucht werden die subjektiven Hilfsgrößen wie z.B. das **Schmerzempfinden**, das mit maximal 15 Punkten bei absoluter Schmerzfreiheit bemessen wird. Die Gesamtpunktzahl wird hier in eine Schmerzskala unterteilt: a) mit definierten Punktzahlen (keine = 15 P., milde = 10 P., mäßige = 5 P., starke = 0 P.) sowie b) der Selbsteinschätzung (gravierenden Schmerzen = 0 P. bis keine Schmerzen = 15 P.). Der Mittelwert aus a) und b) ergibt die Gesamtpunktzahl der Kategorie Schmerz. Infolgedessen erreicht ein Patient ohne Schmerzen 15 und mit starken Schmerzen 0 Punkte.

Überdies ist das zweite subjektive Kennzeichen die Summe der **Aktivitäten des täglichen Lebens** (ATL's) bzw. die Alltagsfunktionsfähigkeit des Schulter-Armgebrauchs mit 20 Punkten. Diese wurden über Aussagen zu den Bereichen Arbeitsfähigkeit (max. 4 Punkte), Freizeitaktivität (max. 4 Punkte), Schlaf (max. 2 Punkte) und Angaben zur schmerzfreien Erreichbarkeit bzw. der Arbeitshöhe, in welcher die Hand der betroffenen Seite für gewöhnlich eingesetzt werden konnte, eruiert (max. 10 Punkte). Die folgende Tabelle 3.5. stellt den CMS-Parameter der Alltagsfähigkeit dar.

Aktivitäten des täglichen Lebens	Ausmaß	Punkte
Arbeitsfähigkeit	- voll gegeben	4
	- zur Hälfte möglich	2
	- nicht gegeben	0
Freizeitaktivität	- voll gegeben	4
	- zur Hälfte möglich	2
	- nicht gegeben	0
Schlaf	- ungestört	2
	- z.T. gestört	1
	- stark gestört	0
Schmerzlose Erreichbarkeit	- Überkopf	10
	- Scheitel	8
	- Nacken	6
	- Xiphoid	4
	- Gürtellinie	2

Tab. 3.5.: CM-Score: Punkteverteilung für ATL's

Die objektive Sektion der aktiven und **schmerzfreien Beweglichkeit** wird mit maximal 40 Punkten bewertet, wie aus der Tabelle 3.4. hervorgeht. Ermittelt wird dieser Wert durch die Bewegungsebenen Flexion, Abduktion, Außen- und Innenrotation, die jeweils maximal 10 Punkte ergeben.

Die maximale Bewegungsamplitude der Flexion und Abduktion in beiden Ebenen von 151° bis 180° erzielen 10 Punkte, der Winkel zwischen 121° und 150° 8 Punkte, zwischen 91° und 120° 6 Punkte. 61° bis 90° ergeben 4 Punkte, 31° bis 60° 2 Punkte und der Winkel zwischen 0° und 30° keinen Punkt. Dabei hält der stehende Patient seinen Arm in Neutral-Null-Stellung und führt ihn mit Ellenbogenextension lateral bzw. ventral nach oben. Die Flexion und Abduktion im Constant-Murley Score wurde durch einen sogenannten Goniometer, einem medizinischen Winkelgelenkmesser manifestiert.

Die Außenrotation wird durch Bewegungen der Hand und des Ellenbogens in fünf Schulter-Arm-Positionen definiert, die mit jeweils 2 Punkten bewertet und addiert werden können. Es sind also maximal 10 Punkte zu erreichen, wenn der Patient folgende Bewegungen bewerkstelligen kann: Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne und nach hinten, Hand auf den Scheitel mit Ellenbogen nach vorne, nach hinten sowie die volle Elevation vom Scheitel aus.

Auch die Innenrotation wird durch schmerzfreie und aktive Bewegungsausführungen und mit insgesamt 10 Punkten gemessen. Wenn der Patient seinen Handrücken auf seine Schulterblätter (7. Brustwirbelkörper) legen kann erhält er die höchste Punktzahl, beim 12. Brustwirbelkörper erzielt er 8 Punkte, wenn er den 3. Lendenwirbelkörper erreicht, erhält er 6 Punkte und am lumbosacralen Übergang 4 Punkte. Wenn er sein Gesäß (M. gluteus) erreicht, erhält er 2 und bei der Außenseite seines Oberschenkels (Trochanter major) keinen Punkt.

Sowohl die objektive Beweglichkeitscharakteristika, als auch die im Folgenden erläuterte Kraftmessung sollten einheitlich entweder am sitzenden oder stehenden Patienten vom Untersucher gemessen werden, wobei in der hier vorliegenden Studie jeweils die stehende Position gewählt wurde (*Böhm aus Hedtmann u. Gohlke, 2002; Constant, 1991; Constant u. Murley, 1987*).

*Böhm (aus Hedtmann u. Gohlke, 2002)* betont dabei jeweils die ausnahmslos schmerzfreie Beweglichkeit und keineswegs eine unter Schmerzen maximal erreichbare Position. Die Punktwertung für die erreichte Bewegungsamplitude kann aus der unten aufgeführten Tabelle 3.6. herausgelesen werden.

Bewegungsebene	Bewegungsumfang	Punkte
Anteversion	0 - 30°	0
	31 - 60°	2
	61 - 90°	4
	91 - 120°	6
	121 - 150°	8
	151 - 180°	10
Abduktion	0 - 30°	0
	31 - 60°	2
	61 - 90°	4
	91 - 120°	6
	121 - 150°	8
	151 - 180°	10
Außenrotation	Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne	2
	Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach hinten	4
	Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach vorne	6
	Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach hinten	8
	Volle Elevation vom Scheitel aus	10
Innenrotation	Handrücken am Gesäß	2
	Handrücken am Os sacrum	4
	Handrücken an L 3	6
	Handrücken an Th 12	8
	Handrücken an Th 7/8	10

Tab. 3.6.: CM-Score – Kategorie Beweglichkeit mit Punkteverteilung

In der zweiten im Constant-Murley Score erfassten objektiven Einflussgröße **Kraft** waren maximal 25 Punkte bei gemessenen 12,5 kg zu erreichen. Alle Probanden wurden in stehender Position mit 90° Armabduktion und 30° Anteversion in der Scapulaebene mit Pronation im Unterarm gemessen. Die Messeinrichtung wurde proximal des Handgelenks angebracht (*Constant u. Murley, 1987*). Um mögliche Messfehler seitens des Untersuchers zu vermeiden, raten *Bankes et al., 1998* die o.g. Methode exakt anzuwenden.

Für jedes Pfund konnten die Probanden 1 Punkt erzielen. Im Original wurde eine Federwaage verwendet (*Constant u. Murley, 1987*); die hiesige Kraftmessung erfolgte mittels eines in Medizin und Klinik häufig eingesetzten Kraftmessgeräts der Marke Isobex (Muskelkraft-Analysegerät; Cursor AG, Bern, Schweiz).

Im Gegensatz zu beispielsweise dem Simple-Shoulder-Test, der nach Aussagen von *Habermeyer et al., 2002* und *Böhm (Hedtmann u. Gohlke, 2002)* lediglich als Selbstbewertungsinstrument der Patienten dient, gilt der Constant-Murley Score als ausgezeichneter Klinikscore und ist reproduzierbar.

Die Auswertung der Testfragen im CM-Score geschieht in Form der Summation der in den einzelnen Parametern erzielten Werte.

Da man folglich drei von den o.g. vier Parametern des Scores – insbesondere der Alltagsgebrauch, der mit dem Bewegungsumfang und der Kraft einhergeht – eines jüngeren, gegenübergestellt mit einem älteren Probanden bzw. einer weiblichen mit einer männlichen Testperson nicht gleichsetzen kann, ist es entscheidend, die absoluten Werte anzupassen. So publizierte *Gerber et al., 1992 (aus Habermeyer, 2002)* einen alters- und geschlechtsadaptierten Constant-Murley Score.

Dieser spezifische Constant-Murley Score stellt eine Betrachtung der unterschiedlichen Altersgruppen dar, sodass die vom jeweiligen Patienten erzielte Punktzahl im Durchschnitt zur Gesamtbevölkerung gesehen und dementsprechend in Prozent angegeben wird, womit im Vergleich des Alters und des Geschlechts unterschiedliche Ergebnisse erreicht werden. Durch die Umrechnung und Anpassung der Score-Ergebnisse an Alter und Geschlecht hat der adaptierte Score den Vorzug, die Daten im Gesamtbild realistisch untereinander zu vergleichen. Die nachfolgende Tabelle 3.7. gibt einen Einblick in die Punkteaufteilung als prozentualen Wert.

Alter (in Jahren)	Frauen	Männer
20 – 30	97	98
31 – 40	90	93
41 – 50	80	92
51 – 60	73	90
61 – 70	70	83
71 – 80	69	75
81 – 90	64	66
91 – 100	52	56

Tab. 3.7.: CM-Score – Umrechnungstabelle an Alter und Geschlecht

(*Gerber et al., 1992 aus Habermeyer, 2002*)

Da Constant und Murley ursprünglich keine exakten Punkteintervalle für das Gesamtergebnis ihres Scores vorgegeben haben, brachten *Böhm et. al., 1997 (aus Habermeyer, 2002)* eine Wertetabelle heraus, in der für ein ausgezeichnetes Resultat 91 bis 100 % erreicht werden mussten. 81 bis 90 % verlangte es für die Kategorie gut und 71 bis 80 % für befriedigend. 61 bis 70 % wurden für ausreichend und < 60 % für ein schlechtes Ergebnis zugeordnet (Tab. 3.8.).

Wertung der Score-Ergebnisse	Prozentanteil
Ausgezeichnet	91 – 100 %
Gut	81 – 90 %
Befriedigend	71 – 80 %
Ausreichend	61 – 70 %
Schlecht	< 60 %

Tab. 3.8.: CM-Score - Wertetabelle (*Böhm et. al., 1997 aus Habermeyer, 2002*)

### 3.6.2. Langer-Bizepssehnscore

Ein zweiter, in der vorliegenden empirischen Studie verwendeter Fragebogen ist der Lange-Bizepssehnscore (LBS-Score) zur Funktionstestung der langen Bizepssehne – ein erst kürzlich veröffentlichter Score.

Er wurde im Jahr 2005 von Dr. med. Markus Thomas Scheibel (Charité Berlin, Deutschland) neu entwickelt und erstmals in dessen Kohortenstudie „Arthroscopic Soft Tissue Tenosynthesis versus Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps Tendon“ angewandt. Bereits beim „22nd Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow“ (SECEC – ESSSE) im September 2009 in Madrid (Spanien) wurde die o.g. Studie und der darin angewandte Score präsentiert, jedoch erst am 21. Januar 2011 im „American Journal of Sports Medicine“ publiziert.

Der LBS-Score gibt über die Charakteristiken Schmerz bzw. Krämpfe im Bereich des M. biceps brachii, (max. 50 Punkte), dessen postoperative kosmetische Beurteilung (max. 30 Punkte) sowie dessen Kraft (max. 20 Punkte) Aufschluss. Die darin enthaltenen drei Hauptkonstanten, lassen sich in 55 % subjektive und 45 % objektive Angaben ermitteln. Auch in diesem Score können insgesamt 100 Punkte erzielt werden (Tab. 3.9.; Erhebungsbogen s. Anhang; *Scheibel et al., 2011*).

LBS-S Parameter	Beschreibung	Punkte / Prozent
Schmerz / Krämpfe	LBS-Schmerz Druckschmerz Speed-Test Krämpfe	max. 50
Kosmetik	subjektive Beurteilung objektive Beurteilung	max. 30
Kraft	3 x in 90° Ellenbogenflexion und supiniertem Unterarm; stehend	max. 20

Tab. 3.9.: LBS-Score – Überblick

Die Teilkonstante **Schmerz / Krämpfe** beinhaltet die subjektiven Parameter LBS-Schmerz allgemein, bei dem die Patienten Angaben darüber machen sollten, ob sie im Bereich des M. biceps brachii (v.a. des caput longum) postoperativ nach dem jeweiligen Nachuntersuchungszeitpunkt Schmerzen empfanden, was mit einer Scala von starken (0 Punkte) bis hin zu keinen Schmerzen (10 Punkten) beurteilt wurde. Zudem mussten sie Aussagen über lokale Druckschmerzen im Bereich der LBS machen, was ebenso in einer Scala von starken (0 Punkte) bis keinen Schmerzen (10 Punkten) bestimmt wurde. Eine weitere subjektive Hilfsgröße in diesem ersten Teil des LBS-Scores ist die Aussage über Krämpfe des M. biceps brachii, die von immerzu bzw. sehr häufig (20 Punkte) über belastungsbedingt (10 Punkte) bis hin zu keinen Muskelkrämpfen (0 Punkte) reichten. Der Parameter **Speed-Test** wurde in Kapitel 2.3.4.2. bereits als klinischer Test beschrieben. Er wird objektiv beurteilt, indem der Untersucher einschätzen sollte, in wie weit der Patient dem ausgeübten Druck auf den Arm standhalten kann. Der Test wurde in einer Scala von sehr geringem (0 Punkte) bis sehr starkem Widerstand (max. 10 Punkte) festgelegt. Insgesamt konnten die Patienten folglich 50 Punkte in diesem Teilbereich des LBS-

Scores erreichen. Alle Schmerzkonstanten sind in der Tabelle 3.10. zusammengefasst.

Schmerz / Krämpfe	Vorgehensweise	subj./obj.	Punkte
LBS-Schmerz allg.	Angaben über Schmerzen im Bereich der LBS	subj.	10
Lokaler Druckschmerz	Angaben über lokale Druckschmerzen im Bereich der LBS	subj.	10
Krämpfe	Evtl. auftretende Krämpfe (immer, nur unter Belastung, nie)	subj.	20
Speed-Test	Widerstand gegen den flektierten und supinierten Arm.	obj.	10

Tab. 3.10.: LBS-Score – Kategorie Schmerz / Krämpfe mit Punkteverteilung

Der zweite Teil des LBS-Scores **Kosmetik** wurde mit insgesamt 30 Punkten bemessen, ebenso bestehend aus zweierlei Angabeformen. Zunächst wurde nach dem individuellen Befinden des jeweiligen Probanden über einen kosmetischen Unterschied beider Seiten gefragt, anschließend gab der Untersucher sein Urteil über das Ergebnis der Bizepsrekonstruktion ab. Der Score reichte von keinem feststellbarem Unterschied (15 Punkte), über milde (10 Punkten), moderate (5 Punkten) bis hin zu deutlichen Abweichungen (0 Punkte) der Gegenseite, was eine Maximalpunktzahl von 30 ausmacht. Aus der Tabelle 3.11. gehen die Konstanten des Teilbereichs Kosmetische Beurteilung hervor.

Kosmetik	Vorgehensweise	subj./obj.	Punkte
Patientenabhängige Kosmetikbeurteilung	Unterschied: betroffene vs. nicht-betroffene Schulter	subj.	15
Untersucherabhängige Kosmetikbeurteilung	Unterschied: betroffene vs. nicht-betroffene Schulter	obj.	15

Tab. 3.11.: LBS-Score – Kategorie Kosmetik mit Punkteverteilung



Die letzte im LBS-Score erfasste Sektion **Kraft** wurde ebenfalls mit dem isometrischen Dynamometer (Isobex Muskelkraft-Analysegerät; Cursor AG, Bern, Schweiz) durchgeführt. Die Messung aller Patienten erfolgte in stehender Position mit angelegtem Oberarm in 90° Ellenbogenflexion und supiniertem Unterarm. Das Kraftmessgerät wurde proximal am Handgelenk befestigt und die Messung dreimal hintereinander durchgeführt.

Da in einer postoperativen Isokinetik-Testung des Bizeps von *Wittstein et al., 2010* keine signifikanten Kraftunterschiede bezüglich der Ellenbogenflexion und Supination zwischen dem dominanten und nicht-dominanten Arm bei gesunden Versuchspersonen entstanden, kann folglich die postoperative Bizepskraft mit der kontralateralen gesunden Seite als kontrollierbarer Abgleich dienen, wie er im hier beschriebenen Score verwendet wird.

Der prozentuale Anteil der erreichten Bizepskraft des betroffenen Armes im Vergleich zur gesunden Seite wurde in maximal 20 Punkte für 91 % oder mehr gegliedert. 16 Punkte konnten für 81 bis 90 % erzielt werden, 12 Punkte für 71 bis 80 %, 8 Punkte für 61 bis 70 % und 4 Punkte für 51 bis 60 % der Bizepsleistung. Patienten mit 50 % oder weniger erhielten 0 Punkte (*Scheibel et al., 2011*). Die Summen der LBS-Score Gewichtgruppen sind in nachfolgender Tabelle 3.12. zusammengefasst.

Bizepskraft in Ellenbogenflexion	Prozentualer Anteil	Punktwert
betroffene Seite / nicht betr. Seite ____ kg x 100 / ____ kg = ____	≤ 50%	0
	51 – 60%	4
	61 – 70%	8
	71 – 80%	12
	81 – 90%	16
	91 – 100%	20

Tab. 3.12.: LBS-Score – Kategorie Kraft mit Prozent- und Punktwerten

### 3.6.3. Sonographische Daten

Die Informationen über die Ultraschalluntersuchung der Patienten gingen nach der in Kapitel 2.3.4.3. erläuterten Methode als zusätzliche Charakteristik in die vorliegende Erhebung ein. Im Fokus lag dabei die passiv-dynamische Zustandsbeurteilung der Sehnenverläufe der LBS, SSP und SSC, des Sulcus tubercularis und Bizepsankers zur unterstützenden Maßnahme der klinischen Schulteruntersuchung, um gegebenenfalls ein aufgetretenes Popeye-Sign zu bestätigen.

### 3.7. Statistische Datenanalyse

Die Patientendaten wurden im Computerprogramm Microsoft Office Excel, Version 2010 erfasst. Die deskriptive und analytische Datenverarbeitung erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms SPSS Statistics Version 20.0 für Windows.

Um die in dieser Arbeit festgelegten wissenschaftlichen Hypothesen anhand empirischer Daten überprüfen zu können, wurde eines der wichtigsten Prüfkriterien der statistischen Signifikanz mittels Signifikanztests angewandt.

Die Berechnung der statistischen Unterschiede aller Studiengruppen erfolgte – abhängig von Skalenniveau und Datenverteilung – für unabhängige Stichproben durch den Mann-Whitney-U-Test und dem Chi-Quadrat-Test, wie sie von *Bös et al., 2004* und *Bortz, 2005* und empfohlen werden.

Alle hier vorliegenden Gruppen – sowohl im Längs-, als auch im Querschnitt betrachtet – stehen unabhängig zueinander.

Um das Signifikanzniveau aller Parameter für den Gruppenvergleich sowohl im Längs- als auch im Querschnitt mittels T-Test oder Mann-Whitney-U-Test bestimmen zu können, mussten deren Anforderungsmerkmale überprüft werden. Jedes Item wurde durch den Kolmogorov-Smirnov- und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung untersucht.

Da es sich in der vorliegenden Erhebung um nicht-normalverteilte Daten handelt, konnten die Kriterien des T-Tests nicht erfüllt werden, sodass die Parameter mittels Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben – einem Verfahren aus der Kategorie der verteilungsfreien Methoden – ermittelt wurden. Dieser Test eignet sich zum Vergleich zwei kleiner Gruppen unterschiedlicher Größe, bei denen weder eine Normalverteilung noch eine Paarung (Matching) vorliegt. Dadurch kommt es zu einem – wenn auch sehr geringen – Verlust an statistischer Aussagekraft, was jedoch hingenommen werden musste.

Kategoriale Merkmale und dessen Zusammenhänge zwischen den Studiengruppen wurden mittels Chi-Quadrat-Test zur Analyse homogener Daten ermittelt und in Kreuztabellen dargestellt. In einigen Fällen konnten hier die Prüfkriterien nicht erfüllt werden, so wurde der Exakte Test nach Fischer zur Ermittlung nominalskaliertes Daten angewandt.

Alle Ergebnisse wurden in Abhängigkeit vom Skalenniveau als Mittelwert bzw. Median, Minimum oder Maximum der Datenmenge mit Standardabweichung dargestellt.

Das Signifikanzniveau wurde bereits vor der Auswertung bei  $p \leq 0,05$  (\*) festgelegt und lässt daher mit einer Sicherheit von 95 % eine Übertragbarkeit auf andere Kollektive zu. Um die Signifikanz exakter zu differenzieren, wurden zwei zusätzliche Niveaus mit hoher Signifikanz bei  $p \leq 0,01$  (\*\*) und sehr hoher Signifikanz bei  $p \leq 0,001$  (\*\*\*) bestimmt. Jenes wird aus Tabelle 3.13. ersichtlich.

Neben der Überprüfung intervallskaliertes Daten auf eine Normalverteilung wurden sie auf die Gleichheit der Fehlervarianzen untersucht. So zeigt die Signifikanztestung nicht nur die Irrtumswahrscheinlichkeit bzw.  $\alpha$ -Fehler-Wahrscheinlichkeit um die Nullhypothese anzunehmen, sondern anhand der  $\beta$ -Wahrscheinlichkeit, wie die Alternativ- bzw. Forschungshypothese bestätigt oder falsifiziert werden kann.

Signifikanzniveau	Symbol	Geltung
$p \leq 0,05$ (5%)	*	Signifikant
$p \leq 0,01$ (1%)	**	Sehr signifikant
$p \leq 0,001$ (0,1%)	***	Hoch signifikant

Tab. 3.13.: Signifikanzgrenzen (Bös et al., 2004)

## 4. ERGEBNISSE

Der folgende Abschnitt dient der ausführlichen Dokumentation der hypothesenrelevanten und statistisch analysierten Ergebnisse. Er wird hinsichtlich der charakteristischen Parameter des Constant-Murley- und Bizepssehenscores in die Querschnittsvergleiche der beiden Gesamtgruppen (arthroskopische und mini-open Fadenankertenodese) als auch deren jeweilige Unterteilung in Subgruppen gegliedert (Tab. 3.3.). Des Weiteren werden die kennzeichnenden Parameter im Längsverlauf der beiden Studienarme demonstriert. Zunächst bietet der folgende Abschnitt jedoch einen Überblick über das Patientenkollektiv, um allgemeine Informationen zu erhalten.

### 4.1. Patientenkollektiv

#### 4.1.1. Gesamtgruppen

Im Zeitraum zwischen Juli 2010 und Dezember 2011 wurden insgesamt 120 Patienten, davon 51 Frauen und 69 Männer mit einem Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Messung von  $55,19 \pm 10,10$  Jahren (Min. 22, Max. 76 J.) retrospektiv in die empirische Querschnittstudie aufgenommen. Die durchschnittliche postoperative Nachuntersuchungs-Rate betrug  $20,97 \pm 11,07$  Monate. Hauptsächlich war bei allen teilnehmenden Probanden ein Pulley-Läsionsgrad III (43,3 %) zu erkennen und überwiegend die rechte Schulter (62,5 %) betroffen.

In der **arthroskopischen Fadenankertenodes-Gruppe (AFT)** konnten 58 Datensätze (48,3 %) erhoben werden. Die Geschlechterverteilung in dieser Gruppe belief sich auf 30 weibliche und 28 männliche Patienten mit einem Durchschnittsalter von  $58,52 \pm 10,64$  Jahren (Min. 32, Max. 76 J.), einem mittleren postoperativen Messzeitpunkt von  $19,38 \pm 10,77$  Monaten (Min. 4, Max. 45 Mte.), einem hauptsächlich Pulley-Läsionsgrad II (36,2 %) und einer mehrheitlichen Betroffenheit der rechten Schulter (62,1 %).

Die **mini-open Fadenankertenodese-Gruppe (MOFT)** konnte 62 Patienten (51,7 %) aufbringen. Die 21 Frauen und 41 Männer mit einem mittleren Alter von  $52,08 \pm 8,54$  Jahren (Min. 22, Max. 71 J.) hatten eine durchschnittliche Nachuntersuchungszeit von  $22,45 \pm 11,22$  Monaten (Min. 4, Max. 46 Mte.). Größtenteils war bei jenen Patienten der Pulley-Läsionsgrad III (62,9 %) zu erkennen und die rechte Schulter (62,9 %) beeinträchtigt.

Alle o.g. Modalitäten des Patientenkollektivs im Gesamten, als auch der beiden Studienarme werden in der nachfolgenden Abbildung 4.1. sowie der Tabelle 4.1. in Übersichtsform dargestellt.

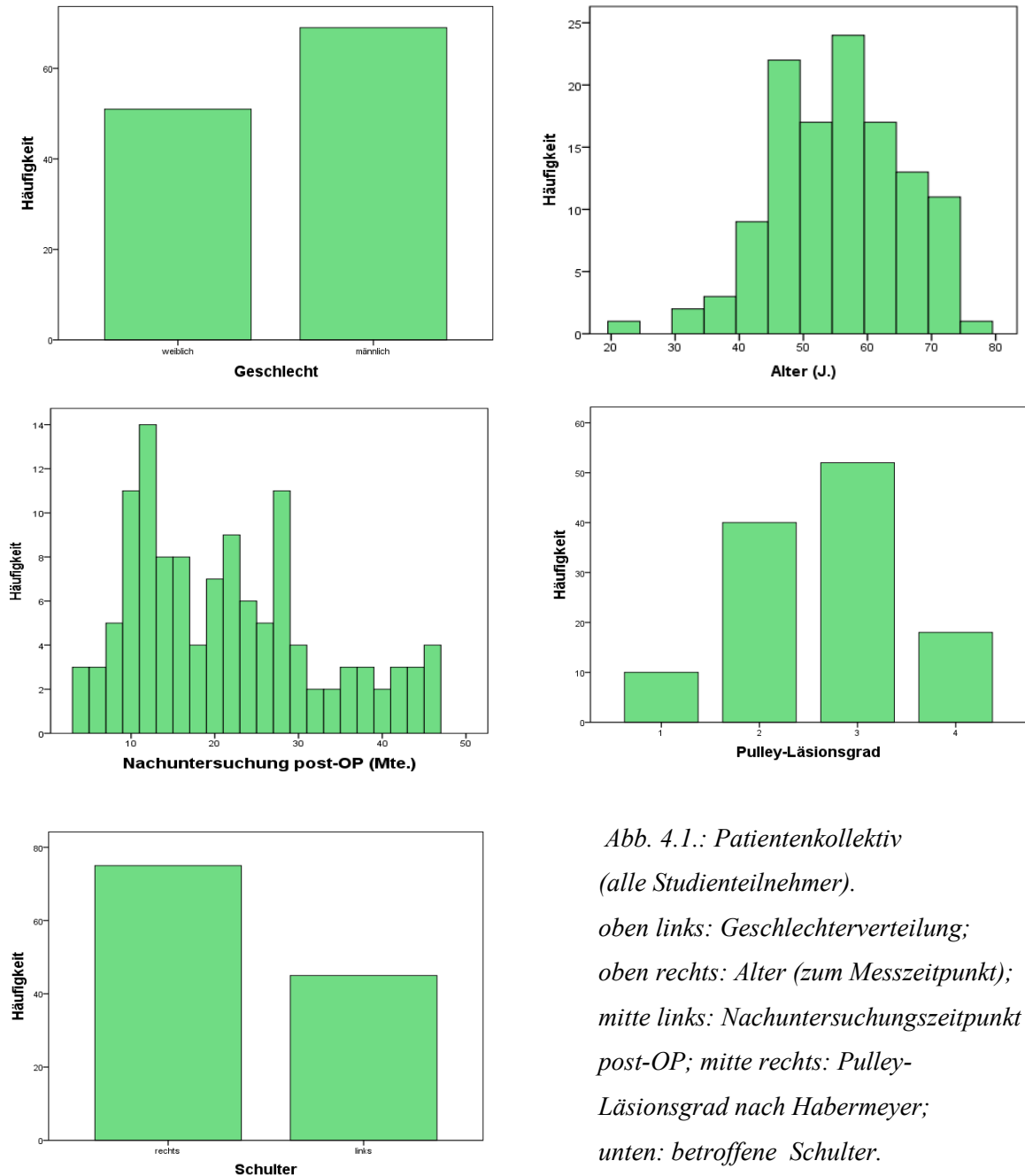


Abb. 4.1.: Patientenkollektiv

(alle Studienteilnehmer).

oben links: Geschlechterverteilung;

oben rechts: Alter (zum Messzeitpunkt);

mitte links: Nachuntersuchungszeitpunkt

post-OP; mitte rechts: Pulley-

Läsionsgrad nach Habermeyer;

unten: betroffene Schulter.

<i>Patientenkollektiv</i>	<b>Gesamt</b>	<i>Gruppe AFT</i>	<i>Gruppe MOFT</i>
<i>Patientenzahl</i>	<i>n</i> = 120 (100%)	<i>n</i> = 58 (48,3%)	<i>n</i> = 62 (51,7%)
<i>Geschlecht w</i> <i>m</i>	<i>n</i> = 51 (42,50%) <i>n</i> = 69 (57,50%)	<i>n</i> = 30 (51,72%) <i>n</i> = 28 (48,28%)	<i>n</i> = 21 (33,87 %) <i>n</i> = 41 (66,13 %)
<i>Durchschnittsalter</i> <i>(in Jahre)</i>	55,19 ± 10,10	58,52 ± 10,64	52,08 ± 8,54
<i>Durchschnittlicher</i> <i>Messzeitpunkt</i> <i>(in Monaten)</i>	20,97 ± 11,07	19,38 ± 10,77	22,45 ± 11,22
<i>Pulley-Läsion</i> <i>(in Grad I-IV)</i>	I 8,3 % II 33,3 % III 43,3 % IV 15,0 %	I 13,8 % II 36,2 % III 22,4 % IV 27,6 %	I 3,2 % II 30,6 % III 62,9 % IV 3,2 %
<i>Betroffene Schulter</i> <i>rechts</i>  <i>links</i>	<i>n</i> = 75 (62,5%) <i>n</i> = 45 (37,5%)	<i>n</i> = 36 (62,1%) <i>n</i> = 22 (37,9%)	<i>n</i> = 39 (62,9%) <i>n</i> = 23 (37,1%)

Tab. 4.1.: Patientenkollektiv der Gesamtgruppen

#### 4.1.2. Subgruppen

Das im vorherigen Abschnitt definierte Patientenkollektiv wurde gemäß des Nachuntersuchungs-Stratums (Kap. 3.5.1.) in die folgenden sechs Subgruppen untergliedert:

Die Studiengruppe **AFT-1** bestand aus 18 Probanden, hauptsächlich weiblichen Geschlechts mit dem höchsten Durchschnittsalter der 6 Studiengruppen von 60,28 ± 13,32 Jahren. Der mittlere Messzeitpunkt beträgt 7,78 ± 2,18 Monate. Es war überwiegend ein Pulley-Läsionsgrad IV und die rechte Schulter zu erfassen.

Ebenfalls 18 Probanden brachte die Gruppe **MOFT-2** auf. Sie bestand aus 5 Frauen und 13 Männern. Das durchschnittliche Alter ergab 51,17 ± 9,73 Jahre und stellte somit eine der jüngsten Studiengruppen dar. Der mittlere Messzeitpunkt lag bei 10,72 ± 1,87 Monaten. Hier konnte hauptsächlich ein Pulley-Läsionsgrad III, jedoch

kein einziger Pulley I aufgezeichnet werden. Die rechte Schulter war in 12, die linke in 6 Fällen betroffen.

In der Studiengruppe **AFT-3** wurden 21, davon mehrheitlich männliche Probanden mit einem Durchschnittsalter von  $56,43 \pm 9,69$  Jahren gezählt. Im Mittel wurden die Probanden mit  $17,81 \pm 3,67$  Monaten gemessen. Mit großem Abstand waren 12 Pulley II und überwiegend die rechte Schulter zu erfassen.

Ebenso 21 Probanden, davon 7 weibliche und 14 männliche nahmen in Gruppe **MOFT-4** teil. Der Durchschnitt des Alters betrug  $53,38 \pm 8,26$  Jahre und des Nachuntersuchungszeitpunkts  $18,95 \pm 3,23$  Monate. In dieser Einheit konnten die meisten Pulley-Läsionsgrade III gezählt werden, wohingegen kein Pulley IV aufkam. Auch dieser Studiensatz bestand überwiegend aus rechten Schultern.

Die Studiengruppe **AFT-5** bestand aus 19 überwiegend weiblichen Patienten mit einem Durchschnittsalter von  $59,16 \pm 8,81$  Jahren und stellte somit eine der durchschnittlich ältesten Studieneinheiten dar. Der mittlere Messzeitpunkt betrug  $32,11 \pm 6,30$  Monate. Es wurde überwiegend ein Pulley-Läsionsgrad III und die rechte Schulter erfasst.

Die größte Studieneinheit stellte **MOFT-6** dar. Es wurden 23, davon mehr männliche Probanden erfasst. Mit einem Durchschnittsalter von  $51,61 \pm 8,04$  Jahren stellte diese Einheit die jüngste Studiengruppe dar. Im Mittel wurden die Probanden postoperativ mit  $34,83 \pm 7,23$  Monaten gemessen. Hier gab es ein Hauptaufkommen an Pulleys der Größe II und III, sowie eine mehrheitliche Betroffenheit der rechten Schulter.

Die o.g. Charakteristika der einzelnen Studiengruppen sind der nachfolgenden Tabelle 4.2. zu entnehmen.

<i>Parameter</i>	<i>Gruppe AFT</i>	<i>Gruppe MOFT</i>
<b>Probandenanzahl</b>	<i>n</i> = 18	<i>n</i> = 18
<b>Geschlecht w / m</b>	<i>n</i> = 10 / <i>n</i> = 8	<i>n</i> = 5 / <i>n</i> = 13
<b>Durchschnittsalter (in Jahren), SD (min / max)</b>	60,28 ± 13,32 (32 - 76)	51,17 ± 9,73 (22 - 65)
<b>Durchschnitts-FU (in Monaten)</b>	7,78 ± 2,18	10,72 ± 1,87
<b>Pulley-Läsion (in Grad I – IV)</b>	I <i>n</i> = 5 II <i>n</i> = 3 III <i>n</i> = 4 IV <i>n</i> = 6	I <i>n</i> = 0 II <i>n</i> = 6 III <i>n</i> = 11 IV <i>n</i> = 1
<b>Betroffene Schulter re / li</b>	<i>n</i> = 12 / <i>n</i> = 6	<i>n</i> = 12 / <i>n</i> = 6
<b>Probandenanzahl</b>	<i>n</i> = 21	<i>n</i> = 21
<b>Geschlecht w / m</b>	<i>n</i> = 9 / <i>n</i> = 12	<i>n</i> = 7 / <i>n</i> = 14
<b>Durchschnittsalter (in Jahren), SD (min / max)</b>	56,43 ± 9,69 (46 - 72)	53,38 ± 8,26 (37 - 67)
<b>Durchschnitts-FU (in Monaten)</b>	17,81 ± 3,67	18,95 ± 3,23
<b>Pulley-Läsion (in Grad I – IV)</b>	I <i>n</i> = 3 II <i>n</i> = 12 III <i>n</i> = 2 IV <i>n</i> = 4	I <i>n</i> = 1 II <i>n</i> = 3 III <i>n</i> = 17 IV <i>n</i> = 0
<b>Betroffene Schulter re / li</b>	<i>n</i> = 12 / <i>n</i> = 9	<i>n</i> = 12 / <i>n</i> = 9
<b>Probandenanzahl</b>	<i>n</i> = 19	<i>n</i> = 23
<b>Geschlecht w / m</b>	<i>n</i> = 11 / <i>n</i> = 8	<i>n</i> = 9 / <i>n</i> = 14
<b>Durchschnittsalter (in Jahren), SD (min / max)</b>	59,16 ± 8,81 (42 - 71)	51,61 ± 8,04 (37 - 71)
<b>Durchschnitts-FU (in Monaten)</b>	32,11 ± 6,30	34,83 ± 7,23
<b>Pulley-Läsion (in Grad I – IV)</b>	I <i>n</i> = 0 II <i>n</i> = 6 III <i>n</i> = 7 IV <i>n</i> = 6	I <i>n</i> = 1 II <i>n</i> = 10 III <i>n</i> = 11 IV <i>n</i> = 1
<b>Betroffene Schulter re / li</b>	<i>n</i> = 12 / <i>n</i> = 7	<i>n</i> = 15 / <i>n</i> = 8

Tab. 4.2.: Patientenkollektiv der Subgruppen



## 4.2. Querschnittergebnisse

Wie bereits in den vorherigen Abschnitten erläutert, dienen die Gruppenvergleiche im Querschnitt zwischen den beiden Studienarmen der unterschiedlichen Operationsmethoden sowie deren Unterteilung in zeitliche postoperative Mess-Strata dazu, bedeutungsvolle Aussagen gemäß der Ergebnisse und Fortschritte im Heilungsverlauf zu ermöglichen. Es werden insbesondere die hypothesenrelevanten Informationen erläutert. Da beide Scoresysteme ein Maximum von 100 Punkten ermöglichen, entsprechen die Punkt- auch den Prozentwerten.

### 4.2.1. Gesamtgruppen: arthroskopische vs. mini-open Fadenankertenodese

Die Datensätze der Gesamtgruppen standen bezüglich der Geschlechterverteilung, Alter und betroffenen Schulter auf heterogener Ebene. Eine einfache analytische Gegenüberstellung konnte keine aussagekräftigen und wissenschaftlich fundierten Resultate erbringen. Aus diesem Grund wurde der Gesamtgruppenvergleich bezüglich jedes Items unter Kontrollhaltung der Koeffizienten Alter, Geschlecht und Schulter überprüft. Diese Aufteilung der Variablen in einen systematischen und einen zufälligen Teil dient der Beschreibung des Gruppenunterschieds (statistisch: Regression) und der exakten Signifikanzermittlung. Die Gruppen der arthroskopischen und mini-open Fadenankertenodese werden mittels arithmetischen Mittelwerten mit Standardabweichung (ggf. mit Angaben von Minimum und Maximum) gegenübergestellt.

Die Gesamtsummen des jeweiligen Constant-Murley Scores sind gemäß der Umrechnungstabelle von *Gerber et al., 1992 (aus Habermeyer, 2002)* an Alter und Geschlecht adaptiert. Da jedoch lediglich das Endergebnis umgerechnet wird, erfolgen die Ergebnisse der einzelnen Parameter in ihrem ursprünglichen Wert.

Im Constant-Murley Score haben sich charakteristische Merkmale in den Parametern Schmerz, Arbeitsfähigkeit und Schlafverhalten herauskristallisiert, die vom Patientenkollektiv der arthroskopischen Operationsmethode dominiert wurden. Die Krafftfähigkeit in diesem Score wurde zwar nicht signifikant, dennoch von den Patienten der offenen Operationsmethode geprägt und zeigt Auffälligkeit, indem die o.g. Einflussvariablen erhebliche Auswirkungen in Bezug auf das Vergleichsergebnis hatten.

Die signifikanten Resultate des Langen-Bizepssehnsenscores traten in den Kosmetikparametern hervor, in denen die Patienten infolge der mini-open Operationsmethode ausdrucksstärkere Ergebnisse erzielten. In jenen Parametern spielte der Koeffizient Geschlecht eine die Ergebnisse beeinflussende Rolle. In den Parametern Krämpfe und Speed-Test hoben sich die Patienten der arthroskopischen Gruppe hervor. Das Gesamtergebnis des LBS-Scores wies keinen signifikanten Charakter auf, jedoch erregte die Einflussgröße Geschlecht Aufmerksamkeit hinsichtlich der Endsumme. In allen weiteren Parametern zeigen die beiden Gruppen keine deutliche Ausprägung bezüglich der Koeffizienten.

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass v.a. die Einflussvariable Geschlecht, aber auch das Alter der Patienten in einigen Parametern eine signifikante Rolle in Bezug auf den Gruppenvergleich einnahmen.

Im Folgenden werden die einzelnen signifikanten Scoregrößen näher definiert und die Tabelle 4.3. bietet einen detaillierten Überblick der in diesem Kapitel erläuterten Ergebnisse und Zahlenangaben.

Der Parameter **Schmerz** zeigt ein aussagekräftiges Ergebnis: der Mittelwert infolge der arthroskopischen Fadenankertenodese liegt mit  $12,94 \pm 2,58$  % an der Untergrenze zum Synonym des Fragebogens keine Schmerzen. Die Patienten nach mini-open Methode erreichten durchschnittlich  $11,52 \pm 3,22$  %, was gleichbedeutend mit keinen bis leichten Schmerzen war. Die Patienten der arthroskopischen Gruppe berichteten folglich von geringeren Schmerzen als die der mini-open Operationsgruppe, was zu einer signifikanten Gruppenabweichung von  $p = 0,025^*$  führte. Hinsichtlich der Koeffizienten Alter, Geschlecht und Schulter ergaben sich keine weiteren Auffälligkeiten in Bezug auf den Schmerzparameter (Abb. 4.2.).

Die Parameter der Arbeitsfähigkeit und des Schlafes, als Unterkategorien der Aktivitäten des täglichen Lebens machten erneut auf ein deutlich stärkeres Ergebnis der arthroskopisch therapierten Patienten aufmerksam.

Beim **Arbeitsverhalten** berichteten jene Patienten mit  $3,79 \pm 0,61$  % im Durchschnitt von einer wieder fast vollständig gegebenen Berufsausübung. Die Antworten der mini-open Operationsgruppe lagen zwischen zur Hälfte und voll gegeben, sodass sie mit  $3,47 \pm 0,86$  % im Mittelwert diesbezüglich noch größere Einbußen deutlich machten. Daraus ergab sich ein statistisch signifikantes Ergebnis von  $p = 0,049^*$ , was von den Kovariablen Geschlecht, Alter und betroffener Schulter unabhängig blieb (Abb. 4.2.).

Des Weiteren waren die Patienten infolge des minimal-invasiven Eingriffs von der betroffenen Schulter weniger im **Schlaf** gestört ( $1,76 \pm 0,51$  %), als die Patienten

nach mini-open Eingriff berichteten ( $1,52 \pm 0,70$  %). Wenngleich die Mittelwerte sehr nahe beieinander liegen, äußerte sich mittels statistischer Analyse eine signifikante Abweichung von  $p = 0,022^*$ . Geschlecht, Alter und betroffene Schulter hatten bezüglich der Schlaf-Variable keinen außergewöhnlichen Einfluss (Abb. 4.2.).

Im letzten bedeutungsvollen Parameter **Kraft** des CM-Scores können vom Patientenkollektiv der mini-open Fadenankertenodese im Mittelwert  $12,24 \pm 4,59$  von insgesamt 25 Punkten verzeichnet werden. Die Patienten erreichten mindestens 3,6 und maximal 22,8 Punkte. Lediglich  $11,66 \pm 5,41$  Punkte, jedoch einem Minimalwert von 3 und Maximalwert von 25 Punkten erreichte das Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe. Der Gruppenvergleich ergab keine Signifikanz, jedoch hatte die Einflussvariable Geschlecht mit  $p = 5 \times 10^{-7***}$  eine äußerst deutliche Auswirkung auf die Kraftentfaltung: Die männlichen Probanden erreichten mehr Punkte. Gleichmaßen äußerte sich das Alter in Bezug auf den Gruppenvergleich dieses Kraftparameters mit signifikanten  $p = 0,019^*$ : Je jünger die Patienten waren, desto mehr Kraft in Punkten konnten sie aufbringen (Tab. 4.3.).

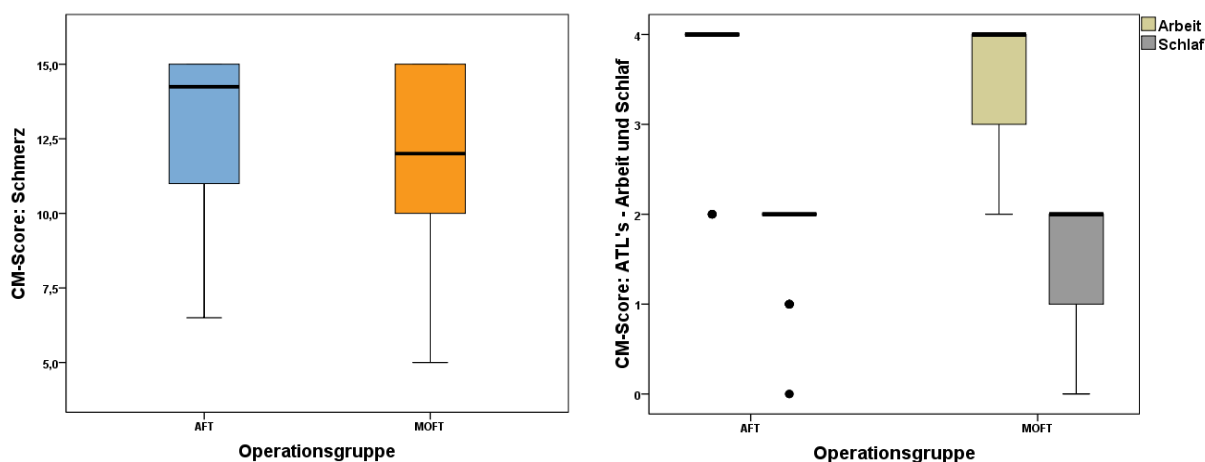


Abb. 4.2.: Querschnitt – Gesamtgruppenvergleich (AFT vs. MOFT): CM-Score.

links: Schmerz; rechts: ATL's – Arbeit und Schlaf

Im **Langen-Bizepssehnnenscore** erreichte die mini-open Gruppe mit  $84,55 \pm 13,50$  % (Min. 48 / Max. 100 %) im Vergleich zur Arthroskopiegruppe mit  $82,43 \pm 10,17$  % (Min. 60 / Max. 100 %) den höheren arithmetischen Mittelsatz. Beide Studienarme erzielen mit Funktionseinbußen der betroffenen Schulter von ca. 16 bis 18 % gute Endergebnisse, jedoch zeigen diese keinen großen Gruppenunterschied. Das Geschlecht beeinflusste das Gesamtergebnis jedoch mit einer 1,7 prozentigen

Abweichung ( $p = 0,017^*$ ), indem die männlichen Studienteilnehmer höhere Scorewerte erzielten.

Im Bereich **Kosmetik** konnte das Patientenkollektiv infolge der mini-open-Repairmethode  $27,26 \pm 4,22$  % aufbringen. Das Minimum lag hier bei 15 und das Maximum bei 30 %. Das Patientenkollektiv der Arthroskopie erzielte  $25,86 \pm 5,78$  % bei minimal 10 und maximal 30 %. Beim Betrachten des gesamten Datensatzes konnte hier folglich – sowohl vom Patienten als auch vom Untersucher beurteilt – im Durchschnitt keine bis leichte Unterschiede zur nicht betroffenen Schulter festgestellt werden. Ein klassisches Popeye-Sign war lediglich bei einem Patient infolge der Arthroskopie zu sehen, jedoch konnten einige distalisierte LBS in beiden Patientenkollektiven beobachtet werden – die wenigsten dabei in der mini-open Gruppe. Dies konnte anhand einer Signifikanz von  $p = 0,046^*$  errechnet werden. Hinzukommend wurde der Einfluss des Geschlechts auf das Gesamtergebnis mit einer höchst signifikanten Abweichung von  $p = 1 \times 10^{-9}$  \*\*\* auffällig. Sowohl von als auch bei Frauen wurde in der Untersuchung ein geringerer kosmetischer Unterschied des Oberarms im Vergleich zur gesunden Seite festgestellt. Der M. biceps brachii hat sich bei den weiblichen Probanden weniger als bei den männlichen verändert (Abb. 4.3.).

In der Unterkategorie der **subjektiven Kosmetikeinschätzung** sahen die Patienten der mini-open Fadenankertenodese mit einem Mittelwert von  $14,44 \pm 1,60$  % und die der arthroskopischen Operation mit  $13,79 \pm 2,86$  % annäherungsweise keine Abweichung verglichen mit der gesunden Schulter. Analytisch äußerte sich dieses Ergebnis in einer Signifikanz von  $p = 0,034^*$ . Der Gruppenvergleich war wiederum beeinflusst von einer starken Abweichung des Geschlechterunterschieds, welcher mit 0,2 % deutlich wurde: Die Frauen erzielten höhere Werte in dieser Kategorie, was für geringere kosmetische Ausprägungen gilt. Ebenfalls im objektiven Kosmetikparameter offenbarte sich die äußerst deutliche Geschlechts-Koeffizienz mit  $p = 3 \times 10^{-4}$ \*\*\*. Allerdings erbrachte der Gruppenunterschied zwischen der arthroskopischen und offenen-operierten Gruppe keine Signifikanz (Abb. 4.3.).

In der Konstante **Muskelkrämpfe** verzeichneten die Patienten infolge der Arthroskopie  $19,48 \pm 2,23$  % (Min. 10 / Max. 20 %), die des mini-open Verfahrens  $17,66 \pm 4,94$  % (Min. 0 / Max. 20 %). Zusammengefasst lagen die Patienten beider Studiengruppen mit ihren Angaben hauptsächlich im Bereich keine Krämpfe, wobei die mini-open Therapierten noch öfter an Krämpfen litten. Die statistische Auswertung

skizzierte ein deutlich kennzeichnendes Resultat zu Gunsten der Arthroskopiegruppe von  $p = 0,030^*$  (Abb. 4.3.).

Das Patientenkollektiv der Arthroskopie erreichte im **Speed-Test**  $9,69 \pm 0,82$  %. Es wurde ein Minimalwert von 5 und Maximalwert von 10 % erzielt. Das Patientenkollektiv der offenen Operationsmethode kam auf einen Mittelwert von  $9,06 \pm 1,54$  %, ein Minimum von 3 und ein Maximum von 10 %. Auch dieses Teilergebnis verwies in beiden Hauptgruppen durchschnittlich auf äußerst geringe Funktions- bzw. Schmerzeinschränkungen des M. biceps brachii, jedoch zu einer erneuten positiven Auffälligkeit zum Vorteil der minimalinvasiven Operationstechnik, was anhand eines hohen Signifikanzniveaus von  $p = 0,006^*$  deutlich wurde (Abb. 4.3.).

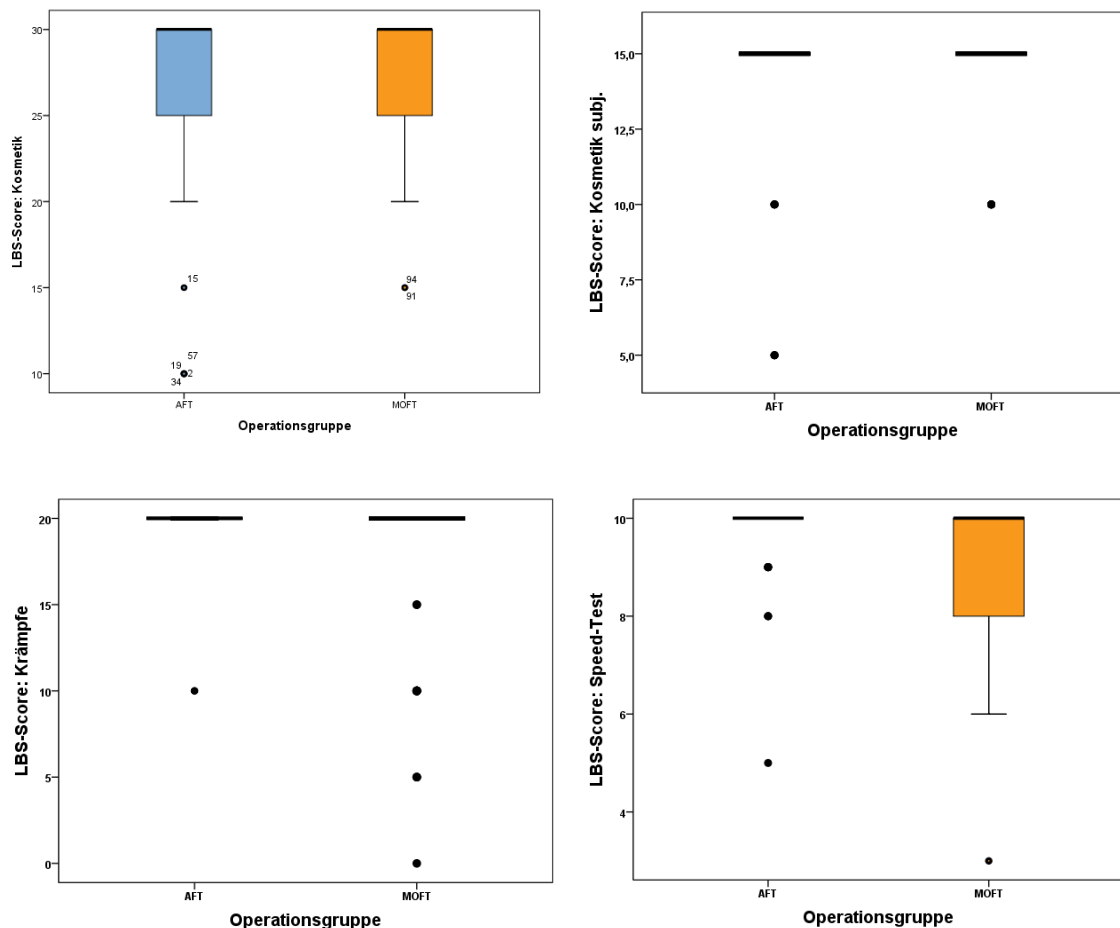


Abb 4.3.: Querschnitt – Gesamtgruppenvergleich (AFT vs. MOFT): LBS-Score.  
oben links: Kosmetik; oben rechts: Kosmetik subjektiv; unten links: Krämpfe;  
unten rechts: Speed-Test

Abhängige Variable / Parameter	AFT		MOFT		Einflussvariablen / p-Wert			p-Wert Gruppen- Vergleich
	Mw	SD	Mw	SD	Geschlecht	Alter	Schulter	
<b>CMS gesamt</b>	92,73	10,58	87,35	13,98	0,131	0,062	0,916	0,170
<b>Schmerz</b>	12,94	2,58	11,52	3,22	0,746	0,448	0,431	<b>0,025*</b>
<b>ATL's</b>	18,71	2,11	18,13	2,58	0,998	0,568	0,805	0,293
Arbeit	3,79	0,61	3,47	0,86	0,828	0,937	0,428	<b>0,049*</b>
Freizeit	3,53	0,84	3,37	1,06	0,689	0,063	0,681	0,831
Schlaf	1,76	0,51	1,52	0,70	0,435	0,582	0,860	<b>0,022*</b>
Erreichbarkeit	9,62	0,88	9,77	0,73	0,374	0,858	0,715	0,449
<b>Schmerzfremige Beweglichkeit</b>	34,48	5,26	33,81	6,28	0,989	0,955	0,992	0,568
Anteversion	9,66	1,00	9,42	1,28	0,444	0,082	0,525	0,145
Abduktion	9,17	1,35	8,74	1,75	0,690	0,373	0,651	0,112
Außenrotation	8,48	2,10	8,48	2,22	0,447	0,241	0,797	0,809
Innenrotation	7,17	2,02	7,52	1,94	0,150	0,255	0,320	0,433
<b>Kraft</b>	11,66	5,41	12,24	4,59	5 x 10 <sup>-7</sup> ***	0,019*	0,535	0,131
<b>LBS gesamt</b>	82,43	10,17	84,55	13,50	0,017*	0,288	0,379	0,873
<b>Kosmetik</b>	25,86	5,78	27,26	4,22	1 x 10 <sup>-9</sup> ***	0,612	0,451	<b>0,046*</b>
subjektiv	13,79	2,86	14,44	1,60	0,002**	0,706	0,370	<b>0,034*</b>
objektiv	12,07	3,51	12,82	3,22	3 x 10 <sup>-4</sup> ***	0,310	0,616	0,131
<b>Schmerz</b>	18,17	2,43	17,39	3,26	0,424	0,517	0,71,	0,192
LBS-Schmerz	9,19	1,30	8,68	1,78	0,484	0,891	0,579	0,071
Druckschmerz	8,98	1,48	8,71	2,00	0,492	0,238	0,920	0,598
<b>Krämpfe</b>	19,48	2,23	17,66	4,93	0,977	0,542	0,601	<b>0,030*</b>
<b>Speed</b>	9,69	0,82	9,06	1,54	0,763	0,334	0,644	<b>0,006**</b>
<b>Kraft</b>	16,28	4,36	15,16	6,02	0,337	0,637	0,119	0,270

Tab. 4.3.: Ergebnisse der AFT und MOFT (Gesamtgruppen) mit den Einflussvariablen Geschlecht, Alter und Schulter (Signifikanzmarkierung: rot = AFT; grün = MOFT)

#### 4.2.2. Subgruppen

Dieser Abschnitt dient der Ergebnischarakteristik aller in die postoperativen Mess-Strata unterteilten Subgruppen im Querschnittsdesign, wodurch wissenschaftlich fundierte Aussagen auf zeitlich homogener Ebene getroffen werden können. Diese werden analytisch mit dem jeweiligen Signifikanzniveau in den einzelnen Parametern der beiden Scoresysteme erläutert. Alle in diesem Querschnitt erläuterten signifikanten – wie auch die übrigen, hier nicht näher definierten – Ergebnisse des Constant-Murley- und Langer-Bizepssehnsenscores, werden tabellarisch in Übersichtsform in jedem der folgenden Abschnitte demonstriert.

Die nachfolgende Tabelle 4.4. stellt eine Darstellung über die durch den Mittelwert stärkere Subgruppe mit Signifikanzausprägung (\*) der beiden standardisierten Fragebögen Constant-Murley- und Langer-Bizepssehnsenscore in den drei Querschnittsvergleichen dar.

Score - Parameter	stärkere Subgruppe		
	Gr. 1 vs. 2	Gr. 3 vs. 4	Gr. 5 vs. 6
<b>C M - Score</b>			
<b>CMS gesamt</b>	2	3 **	5 ***
<b>Schmerz</b>	2	3 **	5 **
<b>ATL's</b>	2	3 *	5
Arbeit	2	3 **	5
Freizeit	2	3 *	5
Schlaf	2	3	5 **
Erreichbarkeit	2 *	3	5
<b>Beweglichkeit</b>	2 ***	3 *	5
Anteversio	2	3 *	5
Abduktion	2 *	3 ***	5
Außenrotation	2 **	3	5
Innenrotation	2 ***	3	5
<b>Kraft</b>	2 *	3	6
<b>L B S - Score</b>			
<b>LBS gesamt</b>	2 ***	3	6
<b>Kosmetik</b>	2	4	6
subjektiv	2	4	6
objektiv	2	4	6
<b>Schmerz</b>	2	3	5 *
LBS-Schmerz	2 *	3 **	5
Druckschmerz	2	3	5
<b>Krämpfe</b>	=	3 **	5
<b>Speed</b>	1	3 *	5
<b>Kraft</b>	2	3 *	5

Tab. 4.4.: Darstellung der besseren Subgruppe (im KZ- /MZ- /LZ-Querschnittsvergleich) durch den stärkeren Mittelwert, ggf. mit Signifikanzniveau (Signifikanzmarkierung: rot = AFT; grün = MOFT)

#### 4.2.2.1. Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2)

Bei Betrachtung des Gruppenvergleichs zwischen den postoperativ jüngsten Studiengruppen infolge der arthroskopischen (AFT-1) und der mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2) wird deutlich, dass sowohl im Gesamtergebnis der beiden Scoresysteme als auch in deren einzelnen Parametern (Tab. 4.4. und 4.5.) das Patientenkollektiv der offenen Operationsmethode fast ausschließlich bessere Schulter-Armfunktionen und somit höhere Mittelwerte erzielt hat. Die bedeutungsvollsten Ergebnisse kristallisierten sich v.a. in der Beweglichkeit und Kraft des Constant-Murley Scores sowie der Schmerzwahrnehmung und dem Gesamtergebnis des Langen-Bizepssehnscores anhand einfacher bis stark ausgeprägter Signifikanzniveaus heraus, die ausschließlich den Patienten infolge der offenen Tenodesemethode beizumessen waren. Der Constant-Murley Score war von den durchgängig stärkeren Ergebnissen der mini-open Subgruppe mit teilweise signifikanten Unterschieden geprägt. Im Langen-Bizepssehnscore erreichte dahingegen die arthroskopische Subgruppe im Parameter Krämpfe einen identischen und im Speed-Test einem höheren Mittelwert. Im Folgenden werden die charakteristischen Merkmale dieses Kurzzeitvergleichs näher erläutert.

Bei der Auswertung der Beweglichkeitsparameter zeigten sich in diesem Vergleich der beiden jüngsten Subgruppen mehrfache signifikante Unterschiede. Die **Erreichbarkeit** als eine Unterkategorie der Aktivitäten des täglichen Lebens wies mit  $p = 0,013^*$  ein signifikant besseres Ergebnis der mini-open Gruppe-2 auf, welche  $9,78 \pm 0,94$  Punkte im Mittelwert, 6 im Minimum und 10 Punkte im Maximum erzielte. Die Arthroskopiegruppe-1 skizzierte in jener Unterkategorie durchschnittliche  $9,11 \pm 1,02$  Punkte, im Minimum 8 und im Maximum ebenfalls 10 Punkte. Die jüngste Gruppe der offen-operierten Patienten kamen im Durchschnitt näher an die Maximalpunktzahl heran, was mit einer annähernd problemlosen Überkopfbewegung einherkam (Abb. 4.4.).

Während bei der Anteversion kein aussagekräftiges Ergebnis zu verzeichnen war, erreichten die Patienten der mini-open Gruppe-2 sowohl im Gesamtergebnis der schmerzfreien Beweglichkeit, als auch in deren Unterkategorien der Abduktion, Außenrotation und Innenrotation deutlich bessere Resultate von einfachem bis äußerst starkem Signifikanzniveau.

Den **Beweglichkeitsparameter** im Gesamten betrachtet, konnte eine äußerst hohe Signifikanz von  $p = 0,00045^{***}$  festgestellt werden, bei der die Patienten der mini-



open Gruppe-2 im Mittelwert  $36,22 \pm 3,62$  Punkte, im Minimum 28 und im Maximum volle 40 Punkte erreichten. Nur durchschnittliche  $29,78 \pm 5,44$  Punkte, 20 Punkte im Minimum und 38 Punkte im Maximum konnten die Patienten infolge der Arthroskopie Gruppe-1 entgegenbringen (Abb. 4.4.).

Bei der **Abduktion** erreichte das Patientenkollektiv infolge der mini-open Fadenankertenodese-Gruppe-2 mittlere  $9,22 \pm 1,00$  Punkte (Min. 8 / Max. 10 P.) und lagen damit an der Untergrenze der 151 bis 180° Bewegungsamplitude. Dahingegen schaffte es das Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe-1 auf durchschnittliche  $8,11 \pm 1,61$  Punkte (Min. 6 / Max. 10 P.) und lagen im Abduktionsbereich von 121 bis 150°. Es zeigte sich eine Signifikanz von  $p = 0,030^*$  (Abb. 4.4.).

In der **Außenrotation** erreichten die Patienten der offenen Operationsgruppe-2 mit 6 Punkten mindestens den Scheitelgriff mit nach vorne rotiertem Ellenbogen und mit den maximal erreichbaren 10 Punkten die volle Elevation vom Scheitel aus. Anhand der durchschnittlichen  $9,11 \pm 1,71$  Punkte zeigte sich eine freie bzw. leicht eingeschränkte Außenrotation dieser Subgruppe. Die Patienten der Arthroskopiegruppe-1 hingegen erreichten im Minimum nur den Nackengriff mit außenrotiertem Ellenbogen (Min. 4 P.), im Maximum auch 10 Punkte. Der Mittelwert lag bei  $7,11 \pm 2,30$  Punkten, was nahezu einer Beweglichkeit im Scheitelgriff mit seitlich außenrotiertem Ellenbogen entsprach. Die statistische Analyse zeigte sehr signifikante Abweichungen der beiden Gruppen von 0,5 % zugunsten der mini-open Methode ( $p = 0,005^*$ ; Abb 4.4.).

Hinsichtlich der **Innenrotation** konnten mit 0,1 % Unterschied ( $p = 0,001^{**}$ ) bessere, hoch signifikante Befunde infolge des offenen Eingriffs Gruppe-2 bestätigt werden. Jene Patienten waren durchschnittlich in der Lage, im Schürzengriff ihren Handrücken bis in die Region Th 12 nach innen zu rotieren, was mit  $8,00 \pm 1,94$  Punkten einherging. Sie erreichten dabei mindestens den lumbosacralen Übergang (4 P.) und maximal den Schulterblattzwischenraum (10 P.). Das Minimum der Arthroskopiegruppe-1 lag in diesem Parameter bei lediglich 2 Punkten (Handrücken am Gesäß), das Maximum bei 8 Punkten (Handrücken bis Bereich Th 12). Mit  $5,44 \pm 1,92$  Punkten im Mittel schafften sie annähernd eine Innenrotation bis zur Region L3 (Abb. 4.4.).

In der **Kraftkonstante** konnte eine weitere signifikante Auffälligkeit von  $p = 0,020^*$  festgestellt werden. Bei deren Berechnung war der Mittelwert der mini-open Gruppe-2 bei  $13,31 \pm 4,97$  Punkten (Min. 6,4 / Max. 22,8 P.) angesiedelt. Dies entsprach einem gestemmtten Gewicht von 6,66 kg. Damit waren die Patienten infolge der mini-open Fadenankertenodese im o.g. Zeitintervall muskulär weiter entwickelt, als die der

Arthroskopiegruppe-1, welche im Durchschnitt lediglich  $9,17 \pm 4,32$  Punkte (Min. 3 / Max. 16,2 P.) erreicht haben und mit 4,58 kg via Federwaage gleichzustellen war (Abb 4.4.).

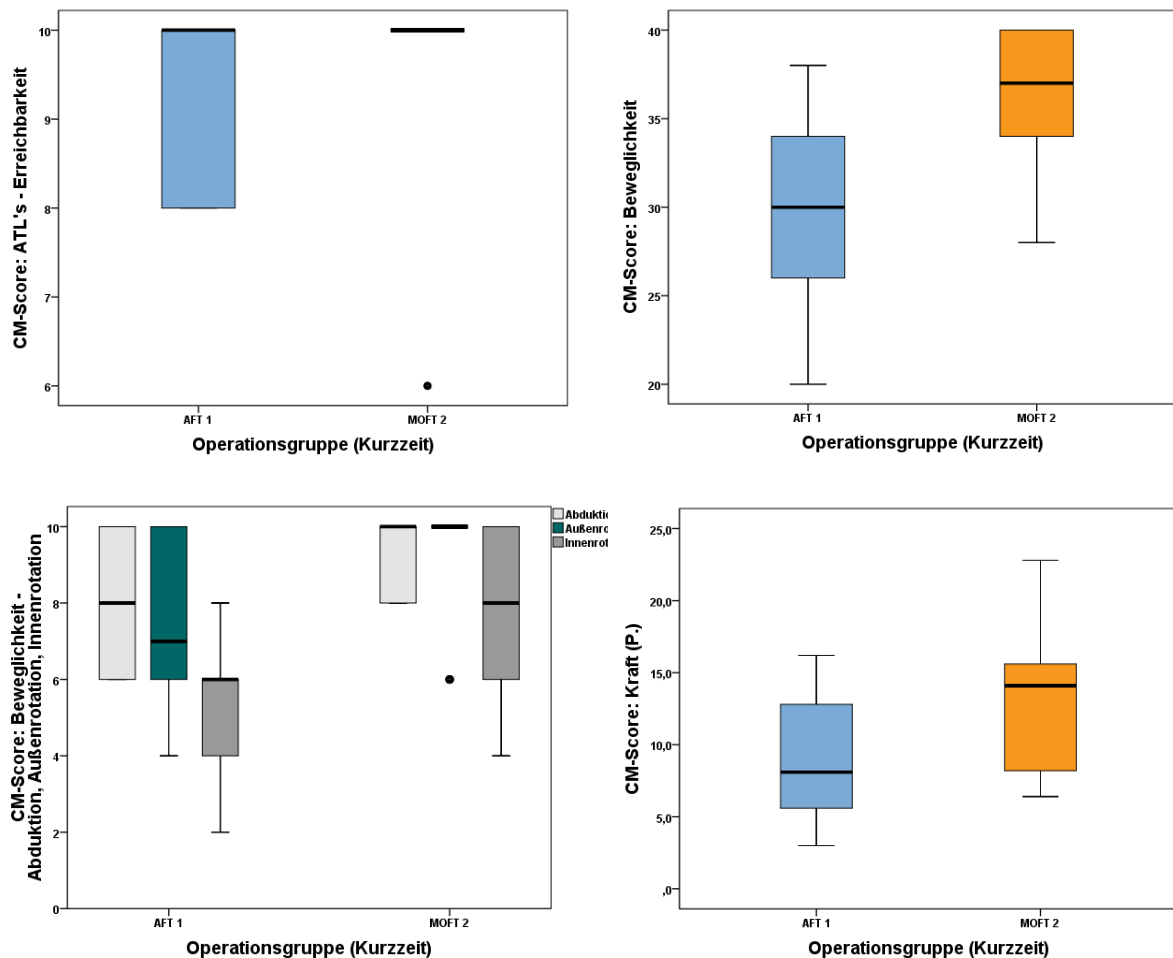


Abb. 4.4.: Querschnitt- Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2): CM-Score.  
oben links: ATL's – Erreichbarkeit; oben rechts: Beweglichkeit gesamt;  
unten links: Beweglichkeit – Abduktion, Außenrotation, Innenrotation;  
unten rechts: Kraft (in Punkte)

Die mittlere Punktzahl im **Gesamtergebnis** des **Langen-Bizepssehnsenscores** der mini-open Gruppe-2 lag bei  $89,44 \pm 11,02$ . Die Patienten erreichten im Minimum 63 und im Maximum die vollen 100 Punkte. Damit liegen die Werte über den durchschnittlich erzielten  $77,67 \pm 8,29$  Punkten der arthroskopischen Gruppe-1 mit dem Minimum von 61 und dem Maximum von 91 Punkten. Die statistische Berechnung belief sich auf signifikante 0,1 % Abweichung zwischen den beiden Mittelzeitergebnissen ( $p = 0,001^{***}$ ; Abb. 4.5.).

Im Parameter **Schmerz der langen Bizepssehne** überzeugten wiederum die Ergebnisse der offenen Tenodesemethode. Die mini-open Gruppe-2 wies mit  $9,44 \pm 0,92$  Punkten im Durchschnitt, mindestens 8 und maximalen 10 Punkten weniger Schmerzen im Verlauf der LBS im Sulcus intertubercularis auf, als das Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe-1. Bei jenen konnten lediglich  $8,33 \pm 1,65$  Punkte im Durchschnitt bei einem Minimum von nur 5 und einem Maximum von ebenfalls 10 Punkten skizziert werden. Die Gruppenabweichung wurde durch eine statistisch ermittelte Signifikanz von  $p = 0,019^*$  deutlich (Abb. 4.5.).

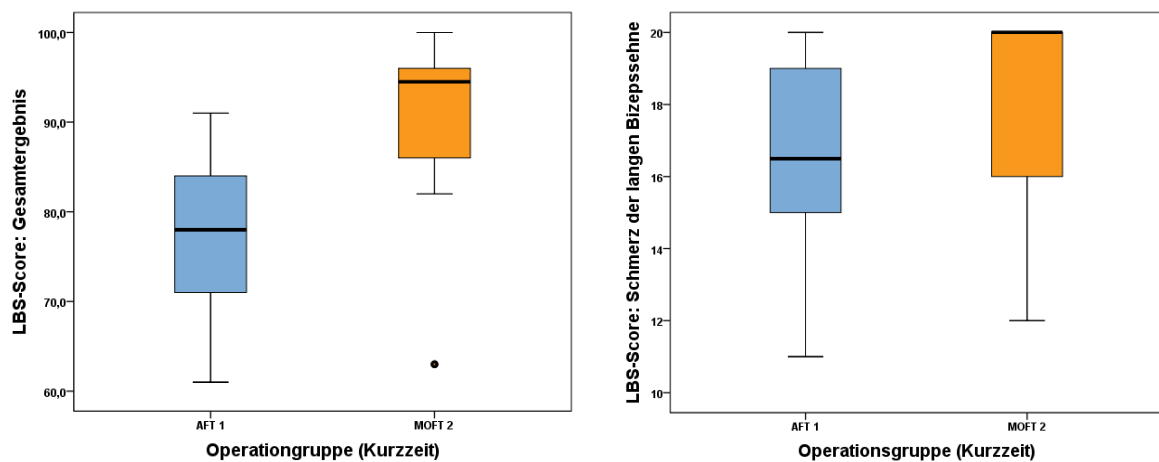


Abb. 4.5.: Querschnitt – Kurzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2): LBS-Score.

links: Gesamtergebnis; rechts: LBS-Schmerz – Schmerz der langen Bizepssehne

Abhängige Variable / Parameter	AFT-1		MOFT-2		p-Wert
	Mw	SD	Mw	SD	
<b>C M-Sore</b>	84,35	12,22	91,62	10,77	0,071
<b>Schmerz</b>	11,00	2,68	12,06	2,66	0,281
<b>ATL's</b>	17,39	2,48	18,44	2,48	0,119
Arbeit	3,56	0,86	2,72	0,58	0,794
Freizeit	3,22	1,00	3,39	0,92	0,831
Schlaf	1,50	0,62	1,56	0,71	0,633
Erreichbarkeit	9,11	1,02	9,78	0,94	<b>0,013*</b>
<b>Schmerzfrie Beweglichkeit</b>	29,78	5,44	36,22	6,62	<b>0,00045***</b>
Anteversion	9,11	1,57	9,89	0,47	0,067
Abduktion	8,11	1,61	9,22	1,00	<b>0,030*</b>
Außenrotation	7,11	2,30	9,11	1,71	<b>0,005**</b>
Innenrotation	5,44	1,92	8,00	1,94	<b>0,001***</b>
<b>Kraft</b>	9,17	4,32	13,31	4,97	<b>0,020*</b>
<b>LBS - Score</b>	77,67	8,29	89,44	11,02	<b>0,001***</b>
<b>Kosmetik</b>	25,28	6,06	28,06	3,49	0,133
subjektiv	13,61	2,87	14,44	1,62	0,353
objektiv	11,67	3,84	13,61	2,30	0,110
<b>Schmerz</b>	16,67	2,68	18,17	2,60	0,060
LBS-Schmerz	8,33	1,65	9,44	0,92	<b>0,019*</b>
Druckschmerz	8,33	1,33	8,72	1,90	0,202
<b>Krämpfe</b>	18,89	3,23	18,89	2,32	1,000
<b>Speed</b>	9,72	0,58	9,56	0,92	0,845
<b>Kraft</b>	14,89	4,45	17,33	4,55	0,137

Tab. 4.5.: Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2; Signifikanzmarkierung: grün = MOFT)

#### 4.2.2.2. Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4)

Die Gegenüberstellung der postoperativ mittleren Operationsgruppen infolge der arthroskopischen Fadenankertenodese (AFT-3) und mini-open Methode (MOFT-4) zeugte – im Gegensatz zu den beiden anderen Querschnittsvergleichen der Subgruppen – von den zahlreichsten signifikanten Ergebnissen, mit einfacher bis hoher Ausprägung, die ausschließlich der arthroskopischen Operationsgruppe zuzuschreiben waren. Diese betrafen insbesondere die Schmerz- sowie Funktions- bzw. Alltagsparameter beider Scoresysteme, das Gesamtergebnis und die Beweglichkeitsparameter des Constant-Murley Scores und ferner die Kraftkategorie des Langen-Bizepssehnscores.

Bei Betrachten des Constant-Murley Scores in diesem Mittelzeitvergleich fällt auf, dass die arthroskopische Subgruppe in allen Haupt- und Einzelkategorien den größeren Mittelwert mit zahlreichen einfachen und starken signifikanten Ausprägungen vermerkte und somit das Patientenkollektiv mit der besseren Schulterfunktion aufbrachte, wohingegen im Kosmetikparameter des Langen-Bizepssehnscores die mini-open Subgruppe zwar höhere Mittelwerte erbrachte, die sich jedoch nicht signifikant äußerten. Im folgenden Abschnitt werden die auffälligen Charakteristika näher definiert (Tab. 4.6.).

Das erste, sehr signifikante Resultat mit 0,8 % Unterschied wurde im adaptierten **Gesamtergebnis** des **Constant-Murley-Scores** deutlich ( $p = 0,008^{**}$ ). Die stärkere Arthroskopiegruppe-3 mit durchschnittlich  $94,03 \pm 9,12$  Punkten verzeichnete im Minimum 64,40 und im Maximum 100 Punkte. Nach der Wertetabelle von *Böhm et al., 1997 (aus Habermeyer, 2002)* wird das Ergebnis mit ausgezeichnet deklariert. Im Gegensatz dazu erreichte die mini-open Gruppe-4 im Mittelwert  $80,03 \pm 16,39$  Punkte, womit sie zwischen einem guten und befriedigenden Endergebnis eingestuft werden konnte. Das Minimum lag bei 52,70 und das Maximum bei 100 Punkten (Abb. 4.6.).

Der Parameter **Schulterschmerz** zeigte wiederum anhand von durchschnittlichen  $13,36 \pm 2,30$  Punkten der Arthroskopiegruppe-3 im Vergleich zu  $10,64 \pm 3,60$  Punkten der mini-open Operationsgruppe-4 ein geringeres Beschwerdebild mit sehr signifikantem 0,4 % Unterschied ( $p = 0,004^{**}$ ). Das subjektive Empfinden lag bei den mini-open Therapierten bei einem Minimum von 5 Punkten, also mäßigen Schulterschmerzen und bei den Arthroskopie-Patienten bei 7 Punkten, entsprechend

mäßigen bis milden Schmerzen. Einige Patienten beider Studieneinheiten konnten mit maximal 15 Punkten von gänzlicher Schmerzfreiheit berichten (Abb. 4.6.)

Bei der Untersuchung der erfassten **Aktivitäten des täglichen Lebens** erreichte das Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe-3 einen arithmetischen Mittelwert von  $19,10 \pm 2,02$  mit minimal 11 und maximal 20 bemessenen Punkten. Diese Werte zeigen in Anbetracht der Vergleichsdaten der mini-open Subgruppe-4 ein Signifikanzniveau von 1,7 % ( $p = 0,017^*$ ). Bei letzteren lag der Durchschnitt bei  $17,10 \pm 3,08$  Punkten, das Minimum bei 10 und das Maximum bei 20 Punkten. Infolgedessen wurde von Seiten der minimal-invasiv behandelten Patienten zum Messzeitpunkt eine bessere Eingliederung in den Alltag und insbesondere der Arbeits- und Freizeitfähigkeit dargestellt (Abb. 4.6.).

Die Frage, ob die **Arbeitsfähigkeit** bereits möglich ist, wurde von den Patienten der arthroskopischen Gruppe-3 im Durchschnitt mit  $3,90 \pm 0,44$  Punkten als voll gegeben beantwortet. Beide Gruppen erreichten im Minimum 2 und im Maximum 4 Punkte. Zwar lag die mini-open Gruppe-4 mit 3,14 Punkten im Mittel auch im oberen Wertebereich, jedoch verzeichnete diese Gruppe eine SD von 1,01 Punkten, was zu einem sehr signifikanten Ergebnis von 0,4 % führte ( $p = 0,004^{**}$ ; Abb. 4.6.).

Auch die **Freizeitaktivität** war von Seiten der Arthroskopie-Patienten voll gegeben. Sie erreichten durchschnittlich  $3,71 \pm 0,72$  Punkte bei minimal 2 Punkten. Demgegenüber antworteten die mini-open-Patienten durchschnittlich, dass die Freizeittätigkeit nur unter Einschränkungen, bzw. zur Hälfte gegeben sei (Mw  $2,95 \pm 1,36$  P.) und verzeichneten ein Minimum von 0 Punkten. Die maximalen 4 Punkte konnte von Patienten beider Subgruppen erreicht werden. In diesem Parameter liegt ein signifikantes Ergebnis von 3,5 % vor ( $p = 0,035^*$ ; Abb. 4.6.).

Als ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Studie traten im Parameter der schmerzfreien Schulter-Armbeweglichkeit signifikante Resultate hervor, die insbesondere durch die Anteversion und Abduktion gekennzeichnet waren. Wenngleich im Gesamtparameter Beweglichkeit im ersten Messvergleich die Patienten der offenen Tenodese durchgehend bessere Mittelwerte erzielt haben, dominierten hier im mittleren postoperativen Gruppenvergleich die Patienten der arthroskopischen Tenodese mit sogar teilweise charakteristischen Befunden, wie sie im Folgenden erläutert werden.

In der allgemeinen **schmerzfreien Beweglichkeit** kam die Arthroskopiegruppe-3 auf durchschnittliche  $35,71 \pm 4,35$  Punkte mit mindestens 22 und maximal 40 erreichten Punkten. Die mini-open Gruppe-4 kam durchschnittlich auf  $30,00 \pm 7,64$  Punkte, im

Minimum lediglich auf 18 und im Maximum ebenfalls auf die vollen 40 Punkte. Aus diesen Werten errechnete sich eine Signifikanzhöhe von 2 % ( $p = 0,020^*$ ; Abb. 4.6.). Bei der Hilfsgröße **Anteversio**n war es den Patienten infolge der Arthroskopie möglich, ihre Arme im Durchschnitt 151 bis 180° frontal zu flektieren (Mw.  $9,81 \pm 0,60$  P.). Sie erreichten mindestens 121° (8 P.). Die Patienten nach mini-open Tenodesen verzeichneten dahingegen ein Minimum von 91° (6 P.) und konnten im Mittelmaß ihren Arm auf annäherungsweise 150° (Mw  $8,86 \pm 1,62$  P.) nach vorn heben. Die errechnete Signifikanz lag bei 2,4 % Unterschied zwischen beiden Gruppen ( $p = 0,024^*$ ; Abb. 4.6.).

Ein hoch signifikantes Ergebnis von 0,1 % Gruppenabweichung ließ sich bei der **Armabduktion** feststellen ( $p = 0,001^{***}$ ). Dem Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe-3 war es möglich, ihren Arm im Minimum auf 91° und im Durchschnitt auf 151 bis 180° seitlich anzuheben. Dies entsprach  $9,71 \pm 0,96$  Punkten (Min. 6 / Max. 10 P.). In dieser Auswertung schaffte es das Patientenkollektiv der mini-open Gruppe-4 auf mindestens 61 bis 90° (4 P.) und einer mittleren Bewegungsamplitude von 121 bis 150° (Mw  $8,00 \pm 2,10$  P.) seitlicher Flexion. Das Maximum an erreichter Armabduktion (180° / 10 P.) war nur wenigen Patienten dieser Subgruppe gelungen (Abb. 4.6.).

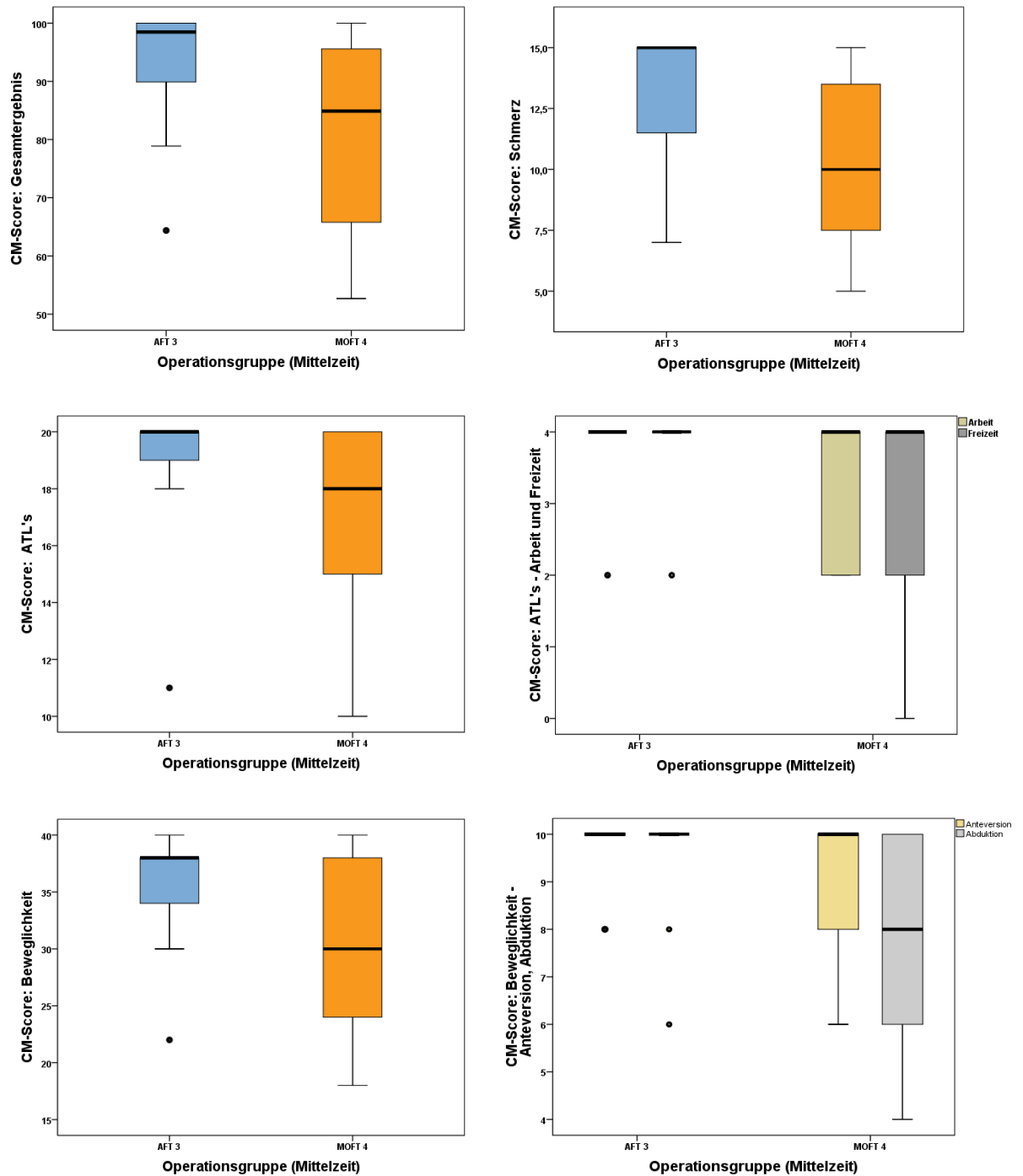


Abb. 4.6.: Querschnitt – Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4): CM-Score.  
 oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: Schmerz  
 mitte links: ATL's; mitte rechts: ATL's – Arbeit und Freizeit  
 unten links: Beweglichkeit; unten rechts: Beweglichkeit – Anteversion und Abduktion



Im mittelfristigen Vergleich der Messgruppen stach die statistische Beurteilung der Untereinheit **Schmerz der langen Bizepssehne** durch ein stark signifikantes Resultat hervor. Dieses wies 0,8 % statistische Abweichung auf ( $p = 0,008^{**}$ ). Der Mittelwert der arthroskopischen Fadenankertenodese Gruppe-3 lag bei  $9,43 \pm 1,08$  Punkten (Min. 6 / Max. 10 P.) und der der mini-open Methode Gruppe-4 bei  $8,05 \pm 1,86$  Punkten (Min. 5 / Max. 10 P.). Der Bizepsschmerz in dieser Konstante wurde folglich von den Arthroskopie-Patienten in der Skala niedriger angesiedelt, als das Schmerzempfinden der mini-open-Patienten (Abb. 4.7.).

Anhand der erhobenen Daten zur Erfassung von **Krämpfen** im M. biceps brachii ließ sich mit im Durchschnitt erreichten  $20,00 \pm 0$  Punkten der Arthroskopiegruppe-3 und  $15,24 \pm 6,80$  Punkten der mini-open Gruppe-4 wiederum eine starke Signifikanz von 0,2 % Unterschied feststellen ( $p = 0,002^{**}$ ). Kein einziger Patient der arthroskopischen Subgruppe litt unter den schmerzhaften Konvulsionen des Bizeps, wohingegen das Minimum der offen-operierten Patienten bei ständigen (0 P.) und das Maximum bei keinen Krämpfen (20 P.) lag (Abb. 4.7.).

Im **Speed-Test** war der Mittelwert der Arthroskopiegruppe-3 bei mittleren  $9,57 \pm 1,17$  Punkten, einem Minimum von 5 und Maximum von 10 Punkten angesiedelt und erzielte somit den höheren Wert. Demgegenüber kam die mini-open Gruppe-4 lediglich auf  $8,38 \pm 1,96$  Punkte. Diese Werte sprechen für eine deutlich bessere Funktion der arthroskopisch rekonstruierten Schultern, woraus sich eine statistisch signifikante Abweichung von 1,7 % ermitteln ließ ( $p = 0,017^{*}$ ; Abb. 4.7.).

Das letzte in diesem Mittelzeitvergleich charakteristische Merkmal skizzierte die **Kraftmessung** des M. biceps brachii. Mit 1,6 % Differenz ( $p = 0,0016^{**}$ ) zeigte erneut die Arthroskopiegruppe ein besseres postoperatives Resultat der Schulterfunktion und Krafftähigkeit. Jenes Patientenkollektiv erreichte  $17,14 \pm 3,14$  Punkte im Mittel, 12 im Minimum und volle 20 Punkte im Maximum. Demgegenüber kam die offene Operationsgruppe auf  $11,81 \pm 7,32$  Punkte. Das Minimum wurde bei 0 Punkten gemessen; maximal schaffte es diese Gruppe ebenfalls auf die vollen 20 Punkte (Abb. 4.7.).

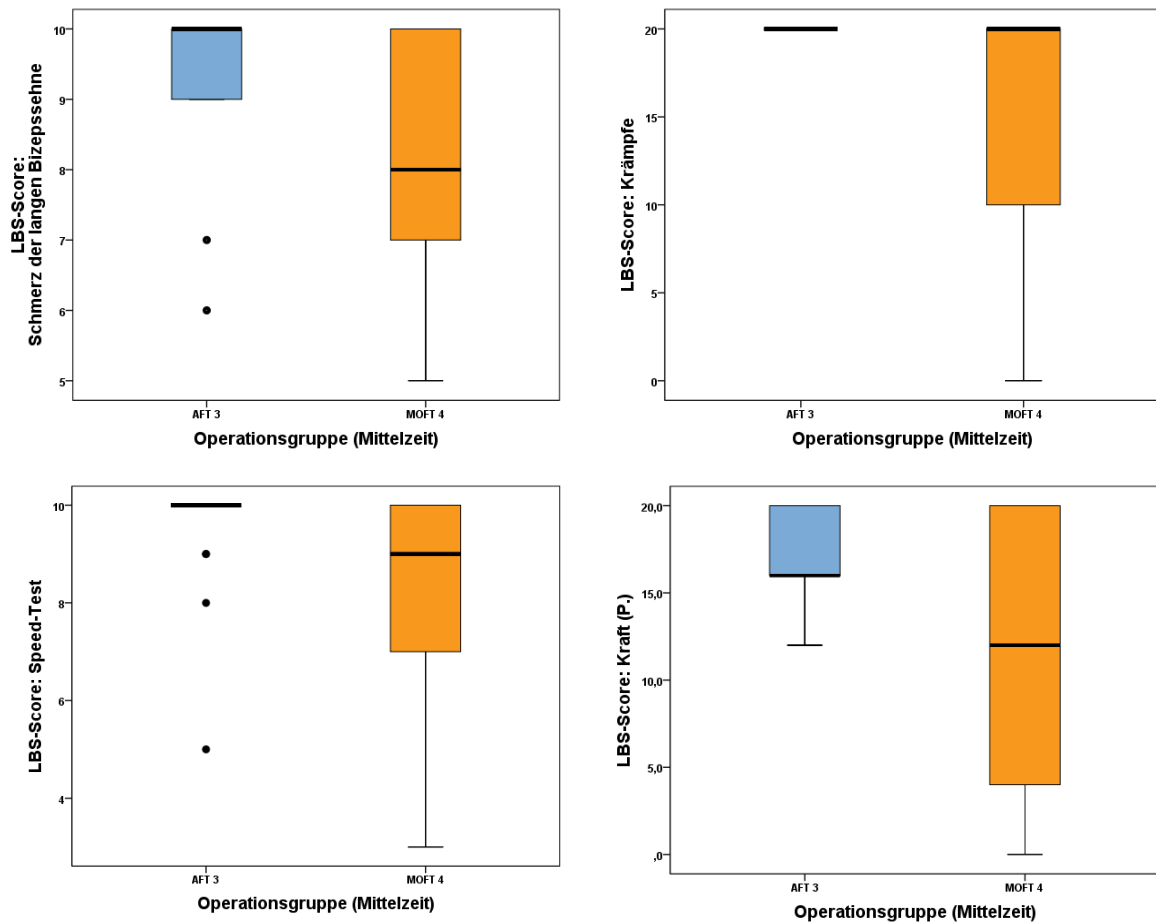


Abb. 4.7.: Querschnitt – Mittelzeitergebnisse: LBS-Score.

oben links: Schmerz – Schmerz der langen Bizepssehne; oben rechts: Krämpfe;

unten links: Speed-Test; unten rechts: Kraft (in Punkte)

Abhängige Variable / Parameter	AFT-3		MOFT-4		p-Wert
	Mw	SD	Mw	SD	
<b>C M-Sore</b>	94,03	9,12	80,03	16,39	<b>0,008**</b>
<b>Schmerz</b>	13,36	2,30	10,64	2,60	<b>0,004**</b>
<b>ATL's</b>	19,10	2,02	17,10	3,08	<b>0,017*</b>
Arbeit	3,90	0,44	3,14	1,01	<b>0,004**</b>
Freizeit	3,71	0,72	2,95	1,36	<b>0,035*</b>
Schlaf	1,76	0,54	1,38	0,74	0,053
Erreichbarkeit	9,71	0,96	9,62	0,81	0,431
<b>Schmerzfrequenz</b>	35,71	4,35	30,00	7,64	<b>0,020*</b>
Anteversion	9,81	0,60	8,86	1,62	<b>0,024*</b>
Abduktion	9,71	0,96	8,00	2,10	<b>0,001***</b>
Außenrotation	8,67	2,03	7,33	2,56	0,067
Innenrotation	7,52	1,66	6,86	2,33	0,392
<b>Kraft</b>	13,11	5,28	10,98	3,74	0,178
<b>LBS - Score</b>	83,67	9,08	77,19	16,90	0,413
<b>Kosmetik</b>	25,48	6,31	26,43	5,04	0,697
subjektiv	13,57	3,22	14,29	1,79	0,600
objektiv	11,90	3,70	12,14	3,73	0,801
<b>Schmerz</b>	18,24	2,43	16,62	3,53	0,073
LBS-Schmerz	9,43	1,08	8,05	1,86	<b>0,008**</b>
Druckschmerz	8,81	1,84	8,57	2,06	0,740
<b>Krämpfe</b>	20,00	0,00	15,24	6,80	<b>0,002**</b>
<b>Speed</b>	9,57	1,17	8,38	1,96	<b>0,017*</b>
<b>Kraft</b>	17,14	3,14	11,81	7,32	<b>0,016*</b>

Tab. 4.6.: Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)

#### 4.2.2.3. Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6)

Im letzten Querschnittvergleich zwischen den postoperativ ältesten Patienten der Arthroskopischen Fadenankertenodesegruppe (AFT-5) sowie denen der mini-open Operationsgruppe (MOFT-6) offenbarten sich gegenüber den anderen Zeitvergleichen die wenigsten auffälligen Unterschiede und lassen sich auf 4 Parameter aus beiden Scoresystemen begrenzen. Die Subgruppe-5 infolge der arthroskopischen Fadenankertenodese war durch die Mittelwerte bzw. signifikanten Ergebnisse denen der mini-open Operationsgruppe-6 überlegen.

In den Parametern Beweglichkeit und Kraft, Kosmetik sowie dem Gesamtergebnis des Langen-Bizepssehnscores waren keine signifikanten Gruppenunterschiede ermittelt worden, jedoch stellten sich bedeutungsvolle Auffälligkeiten von einfachem bis hohem Signifikanzniveau im Gesamtergebnis und dem Schlafverhalten des Constant-Murley Scores sowie den Schmerzkonstanten beider Scores heraus. Im Folgenden werden die signifikanten Parameter näher erläutert (Tab. 4.7.).

Das in diesem Querschnitt erste, hoch signifikante Ergebnis mit 0,1 % Gruppenabweichung ( $p = 0,001^{***}$ ) wurde im **Gesamtergebnis** des **Constant-Murley Score** ermittelt. Das Patientenkollektiv der Arthroskopiegruppe-5 erlangte mit einem an Alter und Geschlecht adaptierten Durchschnitt von  $99,23 \pm 2,00$  Punkten annähernd an den Maximalwert von möglichen 100 Punkten. Das Minimum der gemessenen Punkte lag bei 92,20. Gemäß der Wertetabelle wird dieses arthroskopische Resultat mit ausgezeichnet bewertet. Demgegenüber lag das Ergebnis der mini-open Gruppe-6 mit mittleren  $90,68 \pm 11,43$  Punkten an der oberen Grenze einer guten Bewertung der allgemeinen Schulterfunktionen. Letztere verzeichnete ein Minimum bei gerade einmal 64,5 Punkten. Mehrmals war es den Patienten beider Gruppen möglich, das Maximum von 100 Punkten zu erreichen. Die Gruppendifferenz war in diesem Parameter noch dominanter, als das Ergebnis im Mittelzeitvergleich (Abb. 4.8.).

Ein weiterer stark signifikant errechneter Unterschied im Constant-Murley Score mit 0,7 % wurde im Parameter **Schmerz** deutlich ( $p = 0,007^{**}$ ). Die Patienten infolge des arthroskopischen Eingriffs gaben mit durchschnittlich  $14,32 \pm 1,57$  Punkten an, postoperativ unter keinen Schmerzen mehr zu leiden (Min. 8,5 / Max. 15 P.). Mit der Beurteilung von noch milden Schulterschmerzen gestört zu sein, lagen die Patienten infolge der mini-open Fadenankertenodese bei einem Mittelwert von  $11,89 \pm 3,22$  Punkten (Min. 5 / Max. 15 P.). Wie bereits im Vergleich der Mittelzeit-

Patienten bezüglich dieses Parameters sind charakteristische Merkmale von Seiten der Arthroskopiegruppe zu erkennen (Abb. 4.8.).

Das **Schlafverhalten** im Constant-Murley-Score äußerte sich in diesem Langzeitvergleich mit einer vollständigen Beschwerdefreiheit der minimal-invasiven Fadenankertenodese-Gruppe-5, die sich in Gegenüberstellung mit der mini-open Operationsgruppe-6 anhand einer hohen Signifikanz von  $p = 0,009^{**}$  zeigte. In der Arthroskopiegruppe lag der erreichte Mittelwert bei  $2,00 \pm 0,00$  Punkten, was dem Maximalwert gleich kam und somit einem ausnahmslosen ungestörten Schlaf entsprach. Die Patienten der mini-open Operationsgruppe gaben mit durchschnittlichen  $1,61 \pm 0,66$  Punkten an, von Seiten der Schulter noch zum Teil in der Nachtruhe gestört zu sein. Das Minimum derer wies 0 Punkte, das Maximum volle 2 Punkte auf (Abb. 4.8.).

Das letzte, im Querschnittsvergleich der Langzeit-Subgruppen bezeichnende Merkmal wies das allgemeine **Schmerzempfinden im Langen-Bizepssehnscore** auf. In diesem Parameter wurde eine 1,4 prozentige Gruppenabweichung festgestellt ( $p = 0,014^{*}$ ). Mit mittleren  $19,53 \pm 1,07$  Punkten (Min. 16 / Max. 20 P.) berichteten die Patienten infolge der Arthroskopie von keinen bis minimalen Schmerzen im Verlauf der LBS und Druckschmerzen im Sulcus bicipitalis. Die Patienten nach mini-open Repair hingegen gaben mit  $17,48 \pm 3,45$  Punkten im Durchschnitt an, in beiden Bereichen teilweise noch unter milden bis mäßigen Schmerzen zu leiden. Das Minimum wurde mit 5 und das Maximum mit 20 Punkten bemessen (Abb. 4.8.).

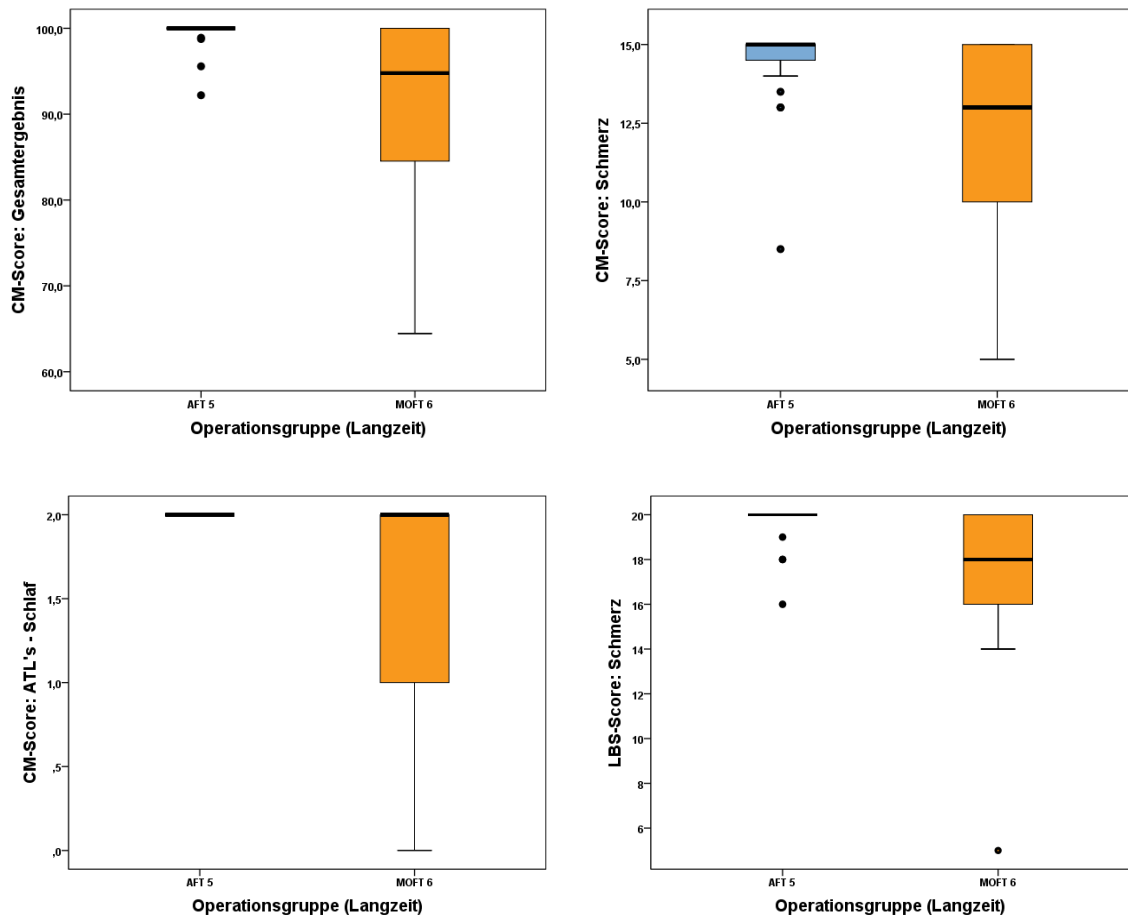


Abb. 4.8.: Querschnitt – Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6): CM-Score und LBS-Score.  
 oben links: CM-Score Gesamtergebnis; oben rechts: CM-Score Schmerz;  
 unten links: CM-Score ATL's – Schlaf; unten rechts: LBS-Score Schmerz

Abhängige Variable / Parameter	AFT-5		MOFT-6		p-Wert
	Mw	SD	Mw	SD	
<b>C M - Sore</b>	99,23	2,00	90,68	11,43	<b>0,001***</b>
<b>Schmerz</b>	14,32	1,57	11,89	3,22	<b>0,007**</b>
<b>ATL's</b>	19,53	1,07	18,53	1,88	0,179
Arbeit	3,89	0,46	3,57	0,84	0,133
Freizeit	3,63	0,76	3,74	0,69	0,532
Schlaf	2,00	0,00	1,61	0,66	<b>0,009**</b>
Erreichbarkeit	10,00	0,00	9,91	0,42	0,363
<b>Schmerzfrequenz</b>	37,58	2,17	35,39	4,99	0,180
Anteversion	10,00	0,00	9,57	1,20	0,107
Abduktion	9,58	0,84	9,04	1,69	0,384
Außenrotation	9,58	1,07	9,04	1,89	0,378
Innenrotation	8,42	1,26	7,74	1,39	0,107
<b>Kraft</b>	12,41	5,90	12,55	4,91	0,569
<b>LBS - Score</b>	85,58	11,66	87,43	8,45	0,790
<b>Kosmetik</b>	26,84	5,06	27,39	3,95	0,770
subjektiv	14,21	2,51	14,57	1,44	0,804
objektiv	12,63	3,06	12,83	3,31	0,732
<b>Schmerz</b>	19,53	1,07	17,48	3,45	<b>0,014*</b>
LBS-Schmerz	9,74	0,65	8,65	0,43	0,057
Druckschmerz	9,79	0,63	8,83	2,10	0,087
<b>Krämpfe</b>	19,47	2,29	18,91	2,30	0,413
<b>Speed</b>	9,79	0,54	9,30	1,30	0,222
<b>Kraft</b>	16,63	4,27	16,52	4,40	0,913

Tab. 4.7.: Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)

### 4.3. Längsschnittergebnisse

In diesem Abschnitt werden die beiden Studienarme der arthroskopischen und mini-open Fadenankertenodese im Längsverlauf dargestellt. Nachdem im vorherigen Abschnitt über den Vergleich zwischen den beiden Operationsmethoden und deren Entwicklung in Querdarstellung berichtet wurde, werden im Folgenden bedeutsame Aussagen bezüglich der Heilungsentwicklung bzw. Genesungsphasen der postoperativen Parameter beider Studiengruppen im einzelnen zeitlichen Verlauf (AFT Gr. 1 vs. 3 vs. 5 sowie MOFT Gr. 2 vs. 4 vs. 6) beschrieben. Dabei dient die statistische Datenanalyse des Constant-Murley- und Langen Bizepssehnscores wiederum als Grundlage für Signifikanzen und repräsentative Merkmale der einzelnen Parameter.

In diesem Längsvergleich zeugten nicht nur die teilweise signifikanten Fortschritte von Auffälligkeit. Es wurden ferner einige – zum Teil schwach ausgeprägte, aber durchaus auch signifikante – postoperative Leistungsminderungen innerhalb des zeitlichen Verlaufs anhand der arithmetischen Mittelwerte deutlich, die weiter unten erläutert werden.

Alle statistischen Ergebnisse werden am Ende jedes Abschnittes durch die Tabellen 4.8. und 4.9. in Übersichtsform dargestellt.

#### 4.3.1. Arthroskopische Fadenankertenodese (AFT-1 vs. -3 vs. -5)

Im gesamten Längsvergleich zeigten sich die bedeutungsvollsten Merkmale hauptsächlich in den Schmerzparametern des Constant-Murley- und Langen-Bizepssehnscores, dem Gesamtergebnis sowie den Beweglichkeitskonstanten des Constant-Murley Scores.

Bei näherer Betrachtung des Längsverlaufs der rekonstruierten Pulley-Patienten via arthroskopischer Fadenankertenodese wird deutlich, dass sich der Großteil an signifikanten Ergebnissen von einfachem bis höchstem Niveau zwischen Gruppe-1 und -3, also innerhalb der ersten postoperativen 24 Monate herausgestellt hat. Es errechneten sich 10 signifikante Auffälligkeiten in den Parametern des Gesamtergebnisses und Aktivitäten des täglichen Lebens, Beweglichkeit und Kraft des Constant-Murley Scores sowie den Schmerzparametern beider Scoresysteme.

Im zweiten Längsschnittvergleich zwischen den Patienten der Mittelzeitgruppe-3 und Langzeitgruppe-5, gemäß den postoperativen 25 bis 48 Monaten, entstanden lediglich vier Signifikanzen einfacher bis starker Ausprägung in den Parametern



Gesamtergebnis und Schlafverhalten des Constant-Murley Scores sowie in den Schmerzkonstanten des Langen-Bizepssehnscores.

Mit 1,0 % wies das **Gesamtergebnis** des adaptierten **Constant-Murley Scores** eine hoch signifikante Gruppenabweichung auf ( $p = 0,010^{**}$ ) und demonstriert somit eine deutliche Verbesserung und postoperative Entwicklung dieser Operationsmethode innerhalb der ersten zwei Jahre. Die jüngste arthroskopische Subgruppe-1 erreichte  $84,35 \pm 12,22$  Punkte, und die Mittelzeitsubgruppe-3 mit knapp 10 Punkten mehr, ganze  $94,03 \pm 9,12$  Punkte im Durchschnitt. Zwar lag das Maximum beider Gruppen bei 100 Punkten und das Minimum mit 63,62 Punkten der Gruppe-1 und 64,38 Punkten der Gruppe-3 nah beieinander, jedoch unterschieden sich demzufolge beide Studieneinheiten im Wert der Standardabweichung, was anhand des Mann-Whitney-U-Tests zum o.g. Ergebnis führte.

Der zweite Zeitvergleich zwischen der mittleren und ältesten Arthroskopie-Subgruppe verzeichnete wiederum ein repräsentatives Ergebnis mit 0,90 % Signifikanz ( $p = 0,009^{**}$ ). Die Patienten der Gruppe-5 lagen mit ihrem erreichten, durchschnittlichen Mittelwert von  $99,23 \pm 2,00$  Punkten fast am Maximum von 100 Punkten. Mit Ausnahme von zwei Patienten konnten alle Patienten dieser Subgruppe die volle Punktzahl erzielen. Das Minimum in dieser Subgruppe lag bei 95,57 Punkten.

Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass sich der durchschnittliche Wert des arthroskopischen Patientenkollektivs innerhalb der postoperativen Nachuntersuchung auf über 15 Punkte gesteigert hat. Anhand dieses Wertes kann ein allgemein funktionsfähigerer Schulter-Armgebrauch abgeleitet werden. Insgesamt konnte sich das arthroskopische Patientenkollektiv in der gesamten Zeitspanne nach der Wertetabelle von *Böhm et al., 1997 (aus Habermeyer, 2002)* von einem guten hin zu einem ausgezeichneten Ergebnis steigern (Abb. 4.9.).

Der Parameter **Schmerz** zeigte im ersten Gruppenvergleich 0,4 % Abweichung voneinander ( $p = 0,004^{**}$ ). In der Subgruppe-1 gaben die Patienten mit einem Durchschnittswert von  $11,00 \pm 2,68$  Punkten an, milde Schmerzen im Schulterbereich zu spüren. Sie dokumentierten im Minimum mit 6,50 Punkten, von mäßigen Schmerzen geplagt zu sein. Das Maximum von 15,00 Punkten konnte erreicht werden, welches keinen postoperativen Beschwerden gleichkam. In Gegenüberstellung dazu entsprach der von der postoperativ mittleren Subgruppe-3 erzielte Mittelwert von  $13,36 \pm 2,30$  Punkten, was im obersten Wertebereich anzusiedeln ist, von keinen Schmerzen mehr gestört zu sein. Hier konnte das Minimum von 7,00 Punkten ebenfalls mit mäßigen Schulterbeschwerden gleichgestellt

werden. Das Maximum von 15,00 Punkten konnte von beiden Gruppen erreicht werden, was keinen postoperativen Schmerzen entsprach.

Im weiteren Längsvergleich konnte kein signifikantes Ergebnis verzeichnet werden. Der Mittelwert der Gruppe-5 lag bei  $14,32 \pm 1,57$  Punkten (Min. 8,5 / Max. 15 P.). Letztendlich haben sich bezüglich dieses Parameters in zeitlicher Betrachtung die Schulterschmerzen hauptsächlich in den ersten postoperativen 24 Monaten deutlich verringert, wohingegen der spätere Verlauf kaum Besserung zeigt (Abb. 4.9.).

Im Parameter der **Aktivitäten des täglichen Lebens** konnte abermals im jüngeren Subgruppenvergleich eine Signifikanz von 0,8 % notiert werden ( $p = 0,008^{**}$ ). Hier wurde eine Steigerung mit durchschnittlichen  $17,39 \pm 2,48$  Punkten der Gruppe-1 hin zu  $19,10 \pm 2,02$  Punkten der Gruppe-3 festgestellt. Insgesamt war dieser Parameter mit 20 Punkten bemessen. Der minimal erreichte Wert lag in der jüngeren Gruppe bei 12, in der mittleren Gruppe bei 11 Punkten. Das Maximum der möglichen 20 Punkte konnten beide Studienkollektive erreichen. Diese Ergebnisse sprechen für eine deutliche Verbesserung der Alltagsfähigkeit von Seiten der Schulter innerhalb der postoperativen zwei Jahre. Der Vergleich zu der postoperativen ältesten Arthroskopiegruppe-5 führte jedoch zu keinem ausdrucksstarken Unterschied: sie erreichte im Mittel  $19,53 \pm 1,07$  Punkte (Min. 16 / Max. 20 P.).

Als Unterkategorie **Erreichbarkeit** bot der Vergleich zwischen Arthroskopiegruppe-1 und -3 eine Signifikanz von  $p = 0,021^*$ . Die postoperativ jüngste Subgruppe erreichte  $9,11 \pm 1,02$  Punkte im Mittelwert und 8 Punkte im Minimum – Sie konnten ihren betroffenen Arm also mindestens bis zum Scheitel führen. Die Gruppe-3 schaffte es auf durchschnittliche  $9,71 \pm 0,96$  Punkte, wobei das Minimum derer bei nur 6 Punkten lag und eine Erreichbarkeit bis zum Nacken implizierte. Die volle Elevation vom Scheitel aus, die mit der vollen Punktzahl (Max. 10 P.) konnten von den Patienten beider Gruppen ausgeführt werden. Im zweiten zeitlichen Gruppenvergleich war diesbezüglich keine Signifikanz zu erkennen. Die Gruppe-5 kam auf  $10,00 \pm 0,00$  Punkte, wobei der Mittelwert dem Maximalwert entsprach.

Die weitere Unterkategorie **Schlaf** des Constant-Murley Scores brachte keine Auffälligkeit im ersten Zeitvergleich, jedoch einen Gruppenunterschied von 4,8 % zwischen Arthroskopiegruppe-3 und -5, also im fortgeschrittenen postoperativen Stadium ( $p = 0,048^*$ ). Die Mittelwerte der Gruppe-3 von  $1,76 \pm 0,54$  Punkten (Min. 0 / Max. 2 P.) konnten von Gruppe-5 auf  $2,00 \pm 0,00$  Punkte gesteigert werden. Hier entspricht der Wert dem erreichbaren Maximum und bedeutet ein ungestörtes Schlafverhalten durch die operierte Schulter (Abb. 4.9.).

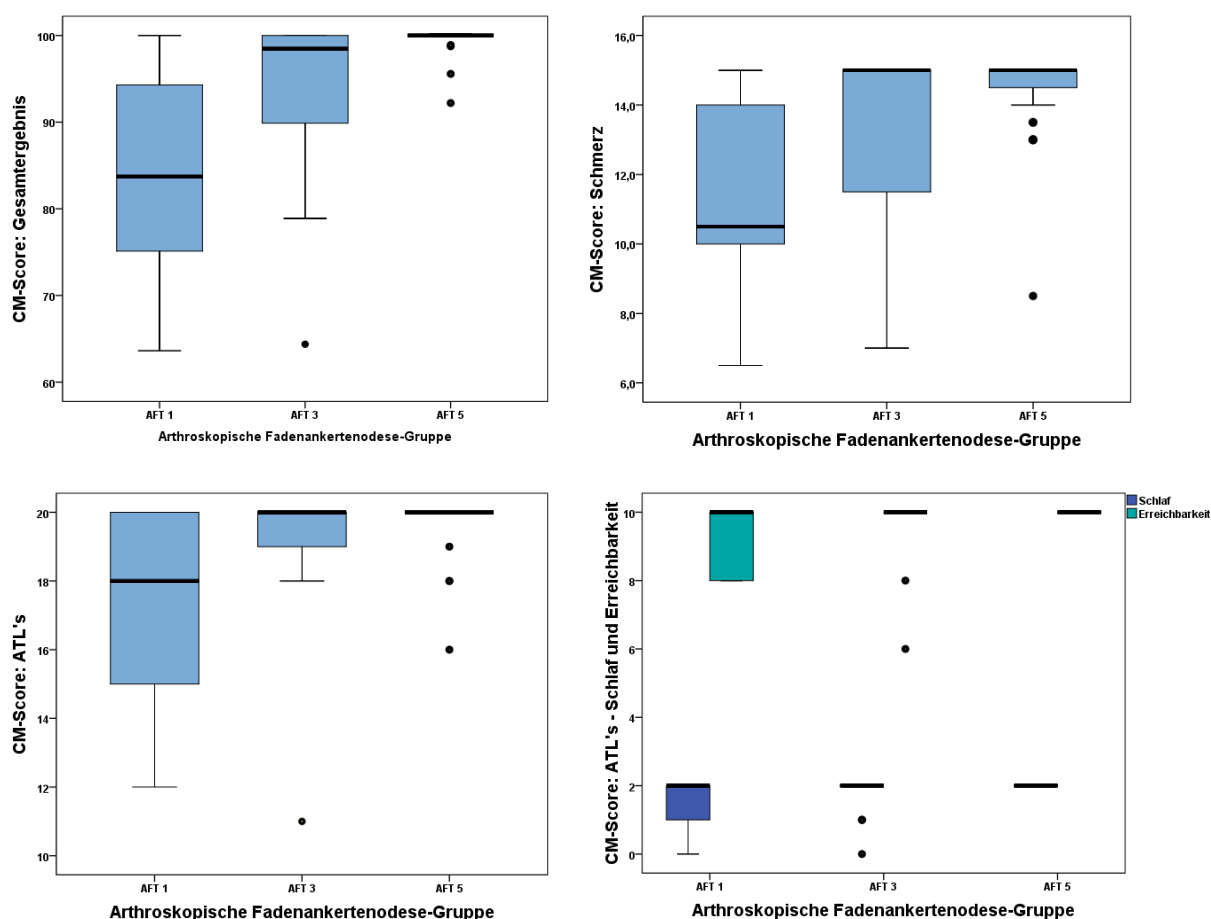


Abb. 4.9.: Längsschnitt – AFT: CM-Score.

oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: Schmerz;

unten links: ATL's; unten rechts: ATL's – Schlaf und Erreichbarkeit

Die zahlreichsten Charakteristika und höchsten Signifikanzniveaus lieferten die **Beweglichkeitsparameter** des Constant-Murley Scores. Während der Gruppenunterschied bezüglich der Anteversion kein präsentables Ergebnis lieferte, wurden die dominanten Fortschritte in der Parametern Abduktion, Außen- und Innenrotation deutlich, die jedoch lediglich im ersten Zeitvergleich der arthroscopischen Subgruppe-1 und -3 von statten gingen.

Das ermittelte Ergebnis mit einer Signifikanz von 0,1 % Übertragbarkeit verzeichnete der Gesamtparameter der **schmerzf freien Beweglichkeit** im ersten Längsvergleich ( $p = 0,001^{***}$ ). Während die postoperativ jüngeren Patienten der Gruppe-1 im Mittelwert bei  $29,75 \pm 5,44$  Punkten lagen (Min. 20 / Max. 38 P.), konnten die mittleren Patienten der Gruppe-3 durchschnittlich  $35,71 \pm 4,35$  Punkte durch ihre Schulter-Armbeweglichkeit erlangen (Min. 22 / Max. 40 P.).

In Gruppe-5 wurden  $37,58 \pm 2,17$  Punkte (Min. 34 / Max. 40 P.) notiert, was im zweiten Längsvergleich zu keinem ausgeprägten Resultat führte (Abb. 4.10.).

In der Hilfsgröße **Abduktion** hatte sich das in dieser Erhebung signifikanteste Ergebnis mit 0,04 prozentiger Abweichung herausgestellt ( $p = 0,0004^{***}$ ). Das Patientenkollektiv der jüngeren Arthroskopiegruppe-1 konnte im Durchschnitt ihren Arm auf 121 bis 150° seitlich flektieren, was mit dem Mittelwert von  $8,11 \pm 1,61$  Punkten einherging. Das Patientenkollektiv der arthroskopischen Mittelzeitgruppe-3 schaffte es auf 151 bis 180° Armabduktion. Dies war gleichzustellen mit durchschnittlichen  $9,71 \pm 0,96$  Punkten. In beiden Studieneinheiten lag das Minimum bei 6 und das Maximum bei 10 Punkten.

Gruppe-5 verzeichnete einen geringeren Mittelwert von  $9,58 \pm 0,84$  Punkten (Min. 8 / Max. 10 P.). Dennoch hatten jene Patienten, wie bereits diejenigen der Arthroskopiegruppe-3, die gleiche Bewegungsamplitude (Abb. 4.10.).

Beide Rotationsparameter des Constant-Murley Scores wiesen charakteristische Merkmale auf. In der **Außenrotation** ergab sich eine Gruppenabweichung von 2,6 % im ersten Nachuntersuchungsvergleich ( $p = 0,026^*$ ). Gruppe-1 erreichte mit durchschnittlichen  $7,11 \pm 2,30$  Punkten den Scheitelgriff mit Ellenbogen nach vorn und andeutungsweise außenrotiertem Ellenbogen. Gruppe-3 zeigte mit mittleren  $8,67 \pm 2,03$  Punkten einen Fortschritt der Schulterbeweglichkeit. Sie konnten demgemäß problemlos den Scheitelgriff mit außenrotiertem Ellenbogen mit leichter Elevation bewerkstelligen. Im Minimum von 4 Punkten konnten die Patienten beider Gruppen den Nackengriff mit Ellenbogen zur Seite. Das Maximum von 10 Punkten erreichten die Patienten beider Subgruppen.

Mit einem Durchschnittswert von  $9,58 \pm 1,07$  Punkten (Min. 6 / Max. 10 P.) der Gruppe-5 konnte im zweiten FU-Vergleich keine Signifikanz errechnet werden (Abb. 4.10.).

Des Weiteren verzeichnete der Unterschied bei der **Innenrotation** zwischen den Arthroskopiegruppen-1 und -3 eine starke Signifikanz mit 0,2 % ( $p = 0,002^{**}$ ). Den Patienten der Jüngstgemessenen dieser Operationsmethode war es mit durchschnittlich  $5,44 \pm 1,92$  Punkten möglich, ihren Handrücken bis in die Sacralregion zu führen (Min 2 / Max. 8 P.). Im zeitlichen Verlauf lag die mittlere Gruppe-3 zwischen zwei Teilergebnissen und schaffte es mit durchschnittlich  $7,52 \pm 1,66$  Punkten ihren Handrücken in die Region L3 bzw. den Bereich Th12 nach innen zu rotieren (Min.4 / Max. 10 P.). Auch bezüglich dieses Parameters zeigte der zweite Längsvergleich dieser Operationsgruppe keine Auffälligkeiten (Gruppe 5: Mw  $8,42 \pm 1,26$  / Min. 6 / Max. 10 P.; Abb. 4.10.).

Der Parameter **CMS-Kraft** zeigt zwei Auffälligkeiten: Im Längsvergleich zwischen den Patienten der arthroskopischen Kurz- und Mittelzeitgruppe präsentierte sich eine Signifikanz von  $p = 0,028^{**}$ . Die Kurzzeitgruppe kam durchschnittlich auf  $9,17 \pm 4,32$  Punkte (Min. 3,0 / Max. 16,2 P.) und die Mittelzeitgruppe auf  $13,11 \pm 5,28$  Punkte (Min. 3,0 / Max. 22,8 P.), wodurch sich eine deutlich gesteigerte Kraftentwicklung äußerte. Demgegenüber erreichte die Langzeitgruppe lediglich  $12,41 \pm 5,90$  Punkte (Min. 4,4 / Max. 25,0 P.) und notierte somit einen geringeren Durchschnittswert (Abb. 4.10.).

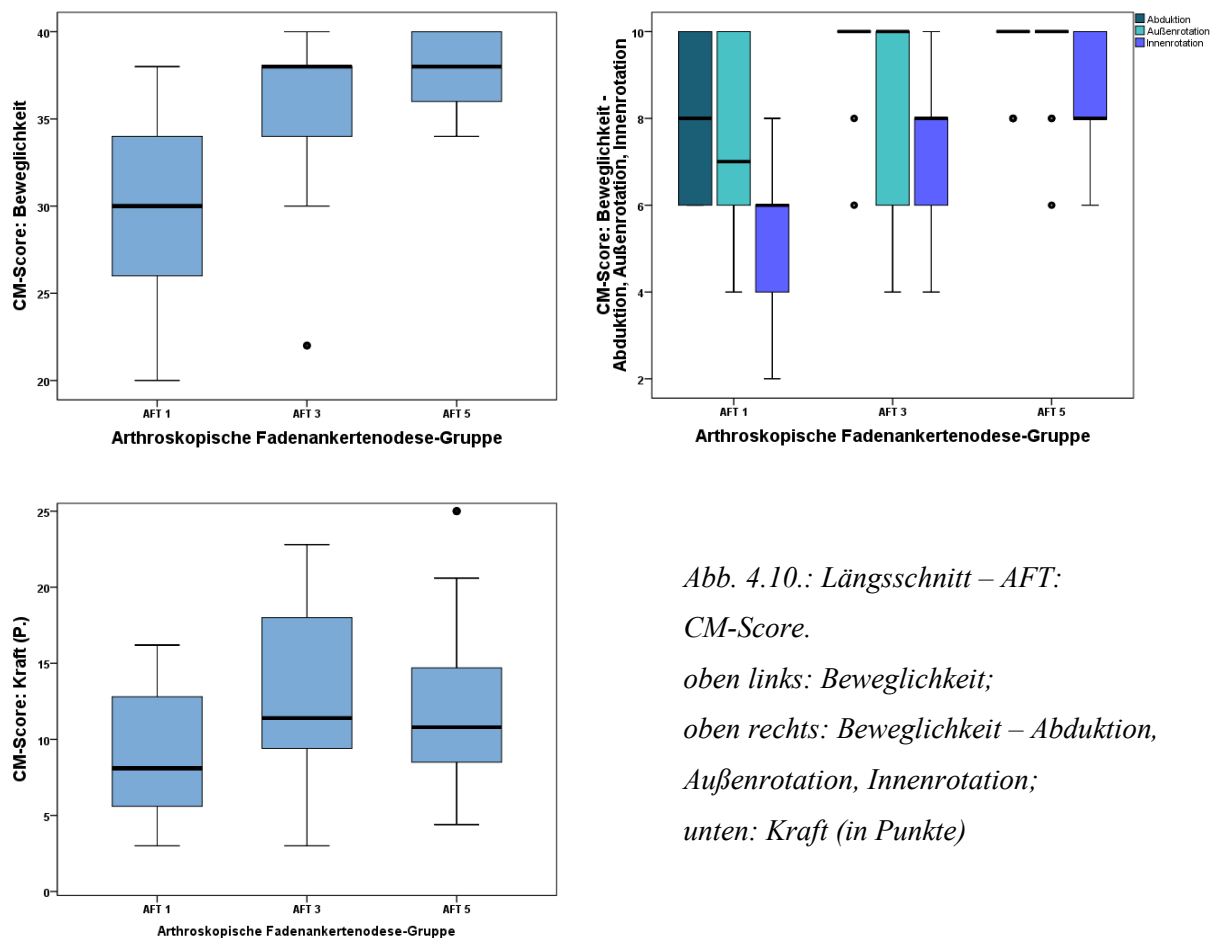


Abb. 4.10.: Längsschnitt – AFT:

CM-Score.

oben links: Beweglichkeit;

oben rechts: Beweglichkeit – Abduktion, Außenrotation, Innenrotation;

unten: Kraft (in Punkte)

Der **Schmerzparameter** des **Langen-Bizepssehnscores** im Gesamten sowie in dessen Unterkategorien Bizepssehnschmerz und lokaler Druckschmerz wies hinsichtlich der ersten sowie der zweiten zeitlichen Gruppengegenüberstellung der arthroskopischen Behandlung jeweils kennzeichnende Merkmale mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests auf.

Im ersten Längsvergleich zwischen Kurz- und Mittelzeitgruppe zeigte sich keine Signifikanz. Demgegenüber steigerte sich der Durchschnittswert von  $18,24 \pm 2,43$  Punkten der Gruppe-3 auf  $19,53 \pm 1,07$  Punkte der Gruppe-5. Bei diesen

Mittelwerten, die nahe der erreichbaren Maximalpunktzahl von 20 liegen, waren die Endergebnisse beider Gruppen mit geringfügigen bis keinen Schmerzen gleichzustellen. Hieraus entstand dessen ungeachtet analytisch ein signifikantes Resultat von 3,7 % Gruppendifferenz ( $p = 0,037^*$ ; Abb. 4.11.).

In der Unterkategorie **Schmerz der langen Bizepssehne** ergab der erste Längsvergleich ein signifikantes Ergebnis mit 1,6 prozentiger Abweichung ( $p = 0,016^*$ ). Mit  $8,33 \pm 1,65$  Punkten im Mittel stufen sich die Patienten der Kurzzeitgruppe sowie mit  $9,43 \pm 1,08$  Punkten die der Mittelzeitgruppe bei leichten Schmerzen ein. Das Minimum lag in der jüngeren bei 5,00 und in der mittleren Gruppe bei 6,00 Punkten. Das Maximum konnten wiederum einige Patienten beider Subgruppen erreichen (Abb. 4.11.).

Der zweite Längsvergleich dieses Parameters, bei dem die Langzeitgruppe auf mittlere  $9,74 \pm 0,65$  Punkte (Min. 8 / Max. 10 P.) kam, erbrachte kein auffälliges Resultat.

In der Frage nach dem lokalen **Druckschmerz der Langen Bizepssehne** kam es in der ersten zeitlichen Gegenüberstellung zu keiner Auffälligkeit, im zweiten Längsvergleich zwischen der Mittel- und Langzeitgruppe dagegen zu einer 2,4 prozentigen Signifikanz ( $p = 0,024^*$ ). Mit durchschnittlich  $8,81 \pm 1,84$  Punkten erwähnten die Patienten der Gruppe-3 einen leichten Schmerz bei Druck auf die Bizepssehne bzw. den Sulcus bicipitalis zu spüren. Die minimal erreichte Punktzahl in diesem Parameter betrug 4, die Maximalpunktzahl 10. Die Patienten der Gruppe-5 empfanden diesbezüglich keinerlei Schmerz und nannten allesamt 10 Punkte (Abb. 4.11.).

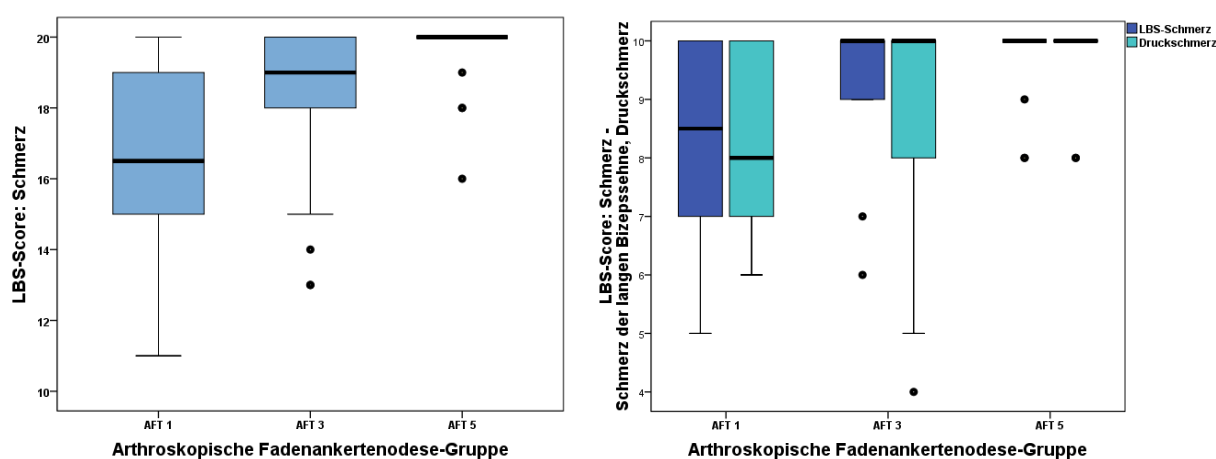


Abb. 4.11.: Längsschnitt – AFT: LBS-Score.

links: Schmerz; rechts: Schmerz – Schmerz der LBS und Druckschmerz

Abhängige Variable / Parameter	AFT-1		AFT-3		AFT-5		p-Wert a) Gr. 1 vs. 3 b) Gr. 3 vs. 5
	Mw	Mw	Mw	Mw	Mw	SD	
<b>C M-Sore</b>	<b>84,35</b>	<b>94,03</b>	<b>84,35</b>	<b>94,03</b>	<b>99,23</b>	<b>2,00</b>	<b>0,010**</b> <b>0,009**</b>
<b>Schmerz</b>	<b>11,00</b>	<b>13,36</b>	<b>11,00</b>	<b>13,36</b>	<b>14,32</b>	<b>1,57</b>	<b>0,004**</b> 0,176
<b>ATL's</b>	<b>17,39</b>	<b>19,10</b>	<b>17,39</b>	<b>19,10</b>	<b>19,53</b>	<b>1,07</b>	<b>0,008**</b> 0,417
Arbeit	3,56	3,90	3,56	3,90	3,89	0,46	0,109 0,943
Freizeit	3,22	3,71	3,22	3,71	3,63	0,76	0,083 0,622
Schlaf	1,50	1,76	1,50	1,76	2,00	0,00	0,108 <b>0,048*</b>
Erreichbarkeit	9,11	9,71	9,11	9,71	10,00	0,00	<b>0,021*</b> 0,173
<b>Schmerzfrie Beweglichkeit</b>	<b>29,78</b>	<b>35,71</b>	<b>29,78</b>	<b>35,71</b>	<b>37,58</b>	<b>2,17</b>	<b>0,001***</b> 0,185
Anteversion	9,11	9,81	9,11	9,81	10,00	0,00	0,114 0,173
Abduktion	8,11	9,71	8,11	9,71	9,58	0,84	<b>0,0004***</b> 0,359
Außenrotation	7,11	8,67	7,11	8,67	9,58	1,07	<b>0,026*</b> 0,143
Innenrotation	5,44	7,52	5,44	7,52	8,42	1,26	<b>0,002**</b> 0,073
<b>Kraft</b>	<b>9,17</b>	<b>13,11</b>	<b>9,17</b>	<b>13,11</b>	<b>12,41</b>	<b>5,90</b>	<b>0,028*</b> 0,533
<b>LBS - Score</b>	<b>77,67</b>	<b>83,67</b>	<b>77,67</b>	<b>83,67</b>	<b>85,58</b>	<b>11,66</b>	0,061 0,448
<b>Kosmetik</b>	<b>25,28</b>	<b>25,48</b>	<b>25,28</b>	<b>25,48</b>	<b>26,84</b>	<b>5,06</b>	0,854 0,538
subjektiv	13,61	13,57	13,61	13,57	14,21	2,51	0,873 0,458
objektiv	11,67	11,90	11,67	11,90	12,63	3,06	0,852 0,583
<b>Schmerz</b>	<b>16,67</b>	<b>18,24</b>	<b>16,67</b>	<b>18,24</b>	<b>19,53</b>	<b>1,07</b>	0,054 <b>0,037*</b>
LBS-Schmerz	8,33	9,43	8,33	9,43	9,74	0,65	<b>0,016*</b> 0,239
Druckschmerz	8,33	8,81	8,33	8,81	9,79	0,63	0,155 <b>0,024*</b>
<b>Krämpfe</b>	<b>18,89</b>	<b>20,00</b>	<b>18,89</b>	<b>20,00</b>	<b>19,47</b>	<b>2,29</b>	0,122 0,293
<b>Speed</b>	<b>9,72</b>	<b>9,57</b>	<b>9,72</b>	<b>9,57</b>	<b>9,79</b>	<b>0,54</b>	0,889 0,743
<b>Kraft</b>	<b>14,89</b>	<b>17,14</b>	<b>14,89</b>	<b>17,14</b>	<b>16,63</b>	<b>4,27</b>	0,254 0,918

Tab. 4.8.: Längsschnittergebnisse: Arthroskopische Fadenankertenodese  
(AFT-1 vs. -3 vs. -5; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)

### 4.3.2. Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6)

Im Längsvergleich zwischen der mini-open Kurz- und Mittelzeitgruppe -2 und -4, sowie der Mittel- und Langzeitgruppe -4 und -6 zeigten sich desgleichen einige charakteristische Unterschiede von einfachem bis hohem Signifikanzniveau.

Der erste postoperative zeitliche Längsvergleich zwischen Gruppe-2 und -4 wies Signifikanzen im Gesamtergebnis und den Beweglichkeitsparametern (Anteversio, Außenrotation) des Constant-Murley Scores sowie in den Parametern Schmerz und Krämpfe, Speed-Test und Kraft ebenso wie im Gesamtergebnis des Langen-Bizpessehnen-scores auf.

Der zweite Längsvergleich zwischen Gruppe-4 und -6 zeigt ähnliche Ergebnisse in den Parametern Gesamtergebnis, Aktivitäten des täglichen Lebens (Freizeit) und Beweglichkeit (Außenrotation) des Constant-Murley Scores sowie den Parametern Krämpfe und Kraft des Langen-Bizpessehnen-scores.

Die leichten postoperativen Leistungsabfälle bezüglich der arithmetischen Mittelwerte, die im vorherigen Abschnitt der Arthroskopiegruppen (Kurz- vs. Mittelzeit) angeschnitten wurden, musste insbesondere dieser Studienarm der mini-open Operationsmethode verzeichnen. In ausschließlich jedem Parameter des Constant-Murley- und Langen-Bizpessehnen-Scores war diese Funktionsminderung bzw. Stagnation zwischen der Kurz- und Mittelzeitgruppe zu verzeichnen. Jene werden in diesem Abschnitt nicht im Einzelnen erläutert, jedoch bei gravierenden Auffälligkeiten beschrieben und können aus der Tabelle 4.9. abgelesen werden.

Ein deutlicher Leistungsrückfall im **Gesamtparameter** des **Constant-Murley-Scores** wurde im ersten Längsvergleich zwischen der Kurzzeitgruppe-2 und Mittelzeitgruppe-4 festgestellt. Während Gruppe-2 auf  $91,62 \pm 10,77$  Punkte (Min. 67,4 / Max. 100 P.) kam, erreichte Gruppe-4 durchschnittlich nur  $80,03 \pm 16,39$  Punkte (Min. 52,7 / Max. 100 P.), wodurch es mittels Datenanalyse zu einer Signifikanz von  $p = 0,029^*$  kam.

Dahingegen wurde eine positive Gruppendifferenz mit 5,0 % offengelegt und betraf den zweiten Längsvergleich zwischen Gruppe-4 und Langzeitgruppe-6 ( $p = 0,050^*$ ). Der Mittelwert der Gruppe-6 lag im Durchschnitt bei  $90,68 \pm 11,43$  Punkten (Min. 64,5 / Max. 100 P.; Abb. 4.12.). In der Wertetabelle von *Böhm et. al, 1997 (aus Habermeyer, 2002)* liegen die Ergebnisse jeweils zwischen zwei Noten: Gruppe-2 erreicht knapp die Grenze einer ausgezeichneten Bewertung, Gruppe-4 liegt zwischen befriedigend und gut und Gruppe-6 zwischen gut und ausgezeichnet.



Während in der Konstante **Aktivitäten des täglichen Lebens** im ersten postoperativen Längsvergleich zunächst wiederum ein leichter Rückfall der Mittelwerte zu erkennen war, ging ein signifikantes Ergebnis aus der zweiten postoperativen Gegenüberstellung hervor. Die mini-open Kurzzeitgruppe-2 erreichte  $18,44 \pm 2,48$  Punkte im Mittel, 10 im Minimal- und 20 Punkte im Maximalwert. Die Patienten der Mittelzeitgruppe-4 kamen auf  $17,10 \pm 3,08$  Punkte im Durchschnitt, 10 Punkte im Minimum und auch auf die vollen 20 Punkte im Maximum. Das Patientenkollektiv der Langzeitgruppe-6 erzielte durchschnittliche  $18,83 \pm 1,86$  Punkte bei minimal 14 und maximal 20 Punkten, was eine nahezu völlige Schulter-Funktionsfähigkeit mit nur sehr geringen Einschränkungen versprach. Der zweite Längsvergleich zwischen Gruppe-4 und -6 ergab einen signifikanten Gruppenunterschied von 5,0 % ( $p = 0,050^*$ ; Abb. 4.12.).

Die **Freizeitaktivität** als Unterkategorie der Aktivitäten des täglichen Lebens, wurde von Seiten der mini-open Kurzzeitgruppe-2 mit  $3,39 \pm 0,92$  Punkten im Mittel bewertet (Min. 2 / Max. 4 P.) und lag somit zwischen der gleichbedeutenden Aussage zur Hälfte möglich bis voll gegeben. Ebenfalls die gleiche Schulterfunktion, jedoch nur  $2,95 \pm 1,36$  Punkte im Mittel, 0 Punkte im Minimum und 4 Punkte im Maximum erreichten die gemessenen Patienten der Mittelzeitgruppe-4 nach 13 bis 24 Monaten und verzeichneten somit einen leichten Rückfall. Die Freizeitaktivität der postoperativ ältesten mini-open Gruppe-6 war nahezu voll gegeben und lag bei  $3,74 \pm 0,69$  Punkten (Min. 2 / Max. 4 P.). In diesem Parameter liegt ein signifikantes Ergebnis von 2,3 % Unterschied zwischen der mittleren und ältesten mini-open Operationsgruppe vor ( $p = 0,023^*$ ; Abb. 4.12.).

Der Parameter **Beweglichkeit** wies erneut zwei signifikante Ergebnisse auf. Das eine zeigte der frühe postoperative Längsvergleich zwischen mini-open Kurzzeitgruppe-2 und Mittelzeitgruppe-4, indem allerdings die Signifikanz von 1,3 % zugunsten der Frühgemessenen ausfiel ( $p = 0,013^*$ ). Mit durchschnittlich  $36,22 \pm 3,62$  Punkten und minimal 28 Punkten überzeugte die Mittelzeitgruppe-2 und stellt damit die stärkste, durch den Mittelwert analysierte Studieneinheit dieses Parameters dar. Demgegenüber verzeichnete die postoperativ älteste mini-open Gruppe-4 lediglich  $30,00 \pm 7,64$  Punkte im Mittelwert und 18 Punkte im Minimum.

Die weitere Signifikanz beurteilte das statistische Analyseverfahren im zweiten Zeitvergleich zwischen Gruppe-4 und -6, woraus sich 3,0 % Abweichung voneinander auftraten ( $p = 0,030^*$ ).  $35,39 \pm 4,99$  Punkte im Mittelwert und 20 Punkte im Minimum brachte das Patientenkollektiv der Langzeitgruppe-6 hervor. Hier kamen einzelne

Patienten aller drei mini-open Subgruppen an das Maximum von 40 Punkten (Abb. 4.12.).

Die **Anteversion** brachte im Längsvergleich zwischen Gruppe-2 und -4 ein bedeutsames Ergebnis von signifikanten 1,5 % Abweichung heraus ( $p = 0,015^*$ ). Die statistische Auswertung des jüngsten mini-open Patientenkollektivs ergab einen Mittelwert von  $9,89 \pm 0,47$  Punkten, ein Minimum von 8 und ein Maximum von 10 Punkten, was einer Bewegungsamplitude von 151 bis  $180^\circ$  entsprach. Gruppe-4 verzeichnete dahingegen durchschnittliche  $8,86 \pm 1,62$  Punkte mit minimal 6 und maximal ebenfalls 10 Punkten. Dieser Wert kam einer Arm-Anteversion von etwa  $150^\circ$  gleich.

Im zweiten Längsvergleich wurde kein charakteristisches Merkmal festgestellt. Gruppe 6 kam auf mittlere  $9,57 \pm 1,20$  Punkte (Min. 6 / Max. 10 P.; Abb. 4.12.).

Ähnlich dem Parameter der gesamten Beweglichkeit im Constant-Murley Score fiel auch der Längsvergleich der Unterkategorie **Außenrotation** aus. Zunächst zeigte sich eine 1,5 prozentige Signifikanz im Unterschied der Gruppe-2 und -4, die zum Vorteil der postoperativ jüngeren Gruppe ausfiel ( $p = 0,015^*$ ). Jene Patienten stellten wiederum die stärkste Gruppe mit  $9,11 \pm 1,71$  Punkten im Mittel- und 6 Punkten im Minimalwert dar. Dieser Wert entsprach einer Außenrotation mit nahezu vollständiger Armelevation vom Scheitel aus. Gruppe-4 kam im Durchschnitt auf  $7,33 \pm 2,56$  Punkte und im Minimum auf 2 Punkte, was einer Außenrotation im Scheitelgriff mit nach vorn rotiertem Ellenbogen entsprach.

In der zweiten postoperativen Gegenüberstellung der Mittel- und Langzeitergebnisse erreichten die Patienten der Gruppe-6 durchschnittlich  $9,04 \pm 1,89$  Punkte und minimal 4 Punkte. Die Patienten konnten problemlos im Scheitelgriff ihren Arm zur Seite rotieren und schafften nur andeutungsweise die weitere Elevation vom Scheitel aus. Folglich führte letztere Berechnung zu einem signifikanten Ergebnis von 1,4 % Abweichung ( $p = 0,014^*$ ). Das Maximum von 10 Punkten in diesem Parameter konnte von einigen Patienten der jeweiligen Gruppen erreicht werden (Abb. 4.12.).

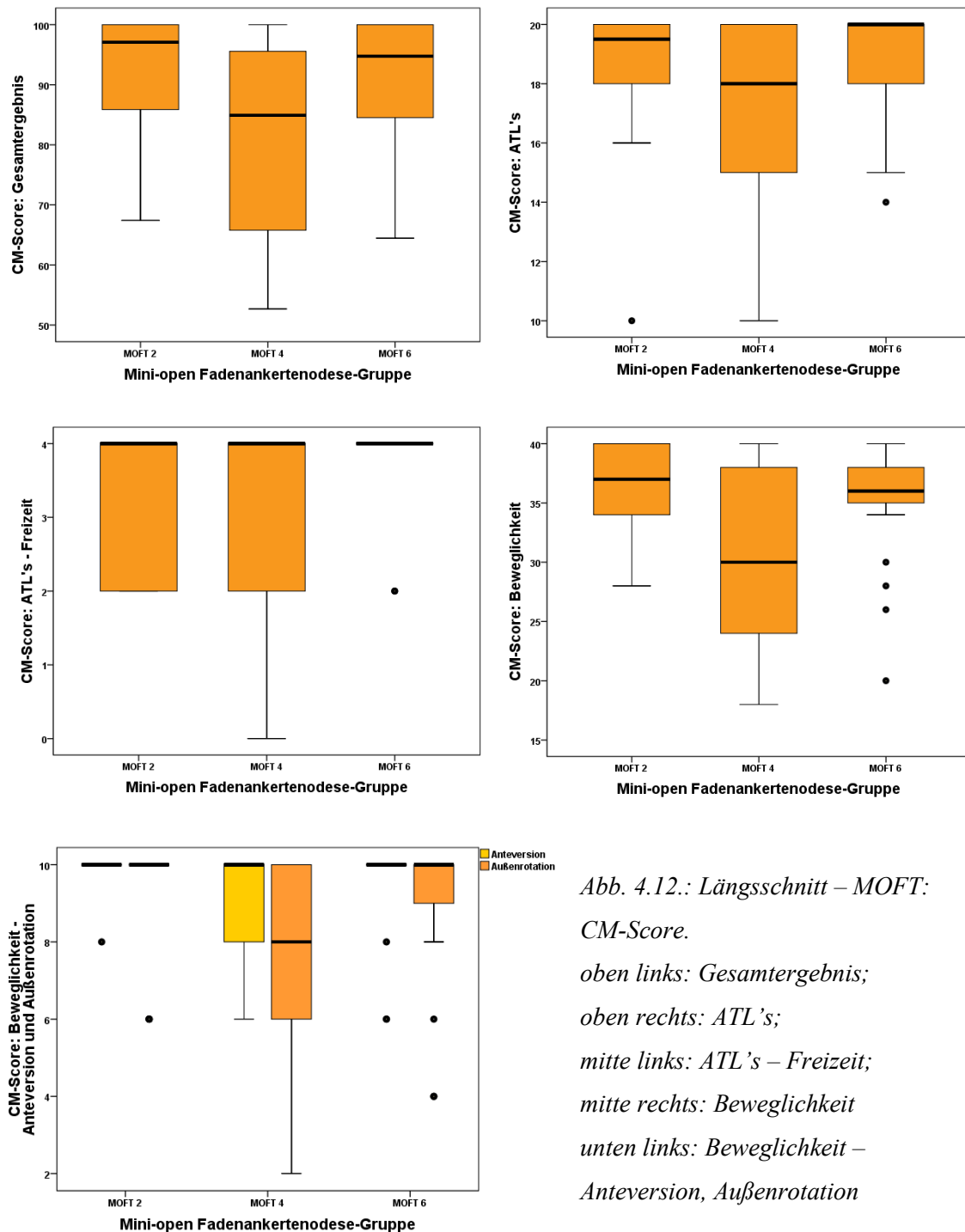


Abb. 4.12.: Längsschnitt – MOFT:

CM-Score.

oben links: Gesamtergebnis;

oben rechts: ATL's;

mitte links: ATL's – Freizeit;

mitte rechts: Beweglichkeit

unten links: Beweglichkeit –

Anteversion, Außenrotation

Das erste signifikante Resultat im **Langen-Bizepssehnscore** trat im **Gesamtergebnis** auf. Das Patientenkollektiv der Kurzzeitgruppe-2 erreichte mit  $89,44 \pm 11,02$  Punkten den größten Mittelwert der drei gemessenen Gruppen und erreichte mindestens 63 und maximal 100 Punkte. Mit nur durchschnittlichen  $77,19 \pm 16,90$  Punkten, lediglich 48 Punkten im Minimum und 99 im Maximum der

Mittelzeitgruppe-4 errechnete sich ein signifikantes Ergebnis von  $p = 0,012^*$  und impliziert somit eine Leistungsminderung.

Der weitere Nachuntersuchungs-Vergleich, in welchem Gruppe-6 auf mittlere  $87,43 \pm 8,48$  Punkte kam (Min. 70 / Max. 100 P.), zeigte kein präsentables Ergebnis (Abb. 4.13.).

Die Unterkategorie **Schmerz der langen Bizepssehne** zeugte wiederum von einem anhand des Mittelwerts gemessenen Leistungsabfalls sowie einem dadurch errechneten sehr signifikanten Gruppenunterschied von 0,9 % im ersten postoperativen Längsvergleich ( $p = 0,009^{**}$ ). Das Patientenkollektiv der mini-open Kurzzeitgruppe-2 antwortete im Durchschnitt, bezüglich der langen Bizepssehne und ihrem Verlauf im Sulcus intertubercularis nahezu keine Schmerzen mehr zu spüren, was sich durch  $9,44 \pm 0,92$  Punkte äußerte. Im Minimum wurden 8 Punkte angegeben. Demgegenüber erreichte das Patientenkollektiv der Mittelzeitgruppe-4 nur  $8,05 \pm 1,86$  Punkte, was durchschnittlich für ein etwas größeres Schmerzempfinden spricht. Das Minimum jener wurde mit 5 Punkten bewertet und spricht für mäßige Schmerzen der langen Bizepssehne. Die vollen 10 Punkte und somit eine gänzliche Schmerzfreiheit wurden jedoch von einigen Patienten aller Gruppen angegeben.

Der zweite Längsschnittvergleich zeigte keine Auffälligkeit. Langzeitgruppe-6 kam auf mittlere  $8,65 \pm 0,43$  Punkte und minimale 3 Punkte (Abb. 4.13.).

Im Parameter **Krämpfe** erreichte die Gruppe-2 einen arithmetischen Mittelwert von  $18,89 \pm 3,23$  Punkten (Min. 10 / Max. 20 P.). Deren Patienten erwähnten, lediglich mit geringfügigen Einschränkungen unter *keinen* Bizepskrämpfen zu leiden. Dahingegen gaben die Patienten der Gruppe-4 mit durchschnittlich  $15,24 \pm 6,80$  Punkten an, von Bizepskrämpfen unter Belastung betroffen zu sein. In dieser Studieneinheit lag das angegebene Minimum sogar bei 0 Punkten, was für ständige Krämpfe sprach. Daraus ergab sich statistisch eine Signifikanz von  $p = 0,047^*$  und somit zu einer deutlichen Funktionsminderung des M. biceps brachii.

Mit  $18,91 \pm 2,30$  Punkten im Mittel waren die Patienten der Gruppe-6 von fast keinen Bizepskrämpfen betroffen (Min. 10 / Max. 20 P.). Aus dem zweiten Längsvergleich zwischen den mittelalten und ältesten Patienten infolge der mini-open Fadenankertenodese errechnete sich eine Signifikanz von 3,8 % Unterschied ( $p = 0,038^*$ ) und bedeutete wiederum einen Zugewinn der Funktionsfähigkeit (Abb. 4.13.).

Die statistische Analyse des **Speed-Tests** ergab im ersten Längsvergleich zwischen Kurzzeitgruppe-2 und Mittelzeitgruppe-4 eine weitere Auffälligkeit zu Ungunsten des Genesungsverlaufs von  $p = 0,032^*$ . Die Gruppe-2 kam auf  $9,56 \pm 0,92$  Punkte im Mittelwert, was nahe dem Maximum von 10 Punkten und keinen Schmerzen während des Provokationstests entsprach. Das Minimum derer lag bei 7 Punkten. In Gruppe-4 zeigte sich ein Mittelwert von  $8,38 \pm 1,96$  Punkten, wobei der angegebene Minimalwert nur 3 Punkte betrug, also für relativ stark ausgeprägte Schmerzen bei der Testausübung spricht. Die maximalen 10 Punkte (keine Schmerzen) wurden dennoch von einigen Patienten beider Subgruppen angegeben.

Im zweiten Längsvergleich konnte keine Signifikanz verzeichnet werden. Das Patientenkollektiv der Langzeitgruppe-6 schaffte es auf mittlere  $9,30 \pm 1,30$  Punkte (Min. 6 / Max. 10 P.; Abb. 4.13.).

Die letzten signifikanten Auffälligkeiten wurden in der **Kraftmessung** des Langen-Bizepssehnscores deutlich, bei der erneut erst ein verminderter arithmetischer Mittelwert gefolgt von einem gesteigerten Ergebnis analysiert wurde.

Im ersten Längsvergleich zeigte mini-open Kurzzeitgruppe-2 mit durchschnittlichen  $17,33 \pm 4,65$  Punkten das höchste Ergebnis, was einer prozentualen Kraft des M. biceps brachii von etwa 90 % entsprach (Min 4 / Max. 20 P.). Die Mittelzeitgruppe-4 schaffte es mittels Kraftmessgerät auf nur auf etwa 70 % Muskelleistung, wodurch sich durchschnittliche  $11,81 \pm 7,32$  Punkte zeigten. Das Minimum in dieser Gruppe musste sogar mit 0 Punkten notiert werden, da die Bizepsleistung lediglich unter 50 % erbrachte. Aus diesem ersten Längsvergleich ergab sich eine analysierte Signifikanz von  $p = 0,009^{**}$ .

Im weiteren Gruppenvergleich konnten allerdings 2,7 % Gruppenabweichung festgestellt werden. Die Langzeitgruppe-6 erreichte  $16,52 \pm 4,40$  Punkte, was einer durchschnittlichen Kraft des M. biceps brachii von 80 % gleich kam (Min. 4 / Max. 20 P.; Abb. 4.13.).

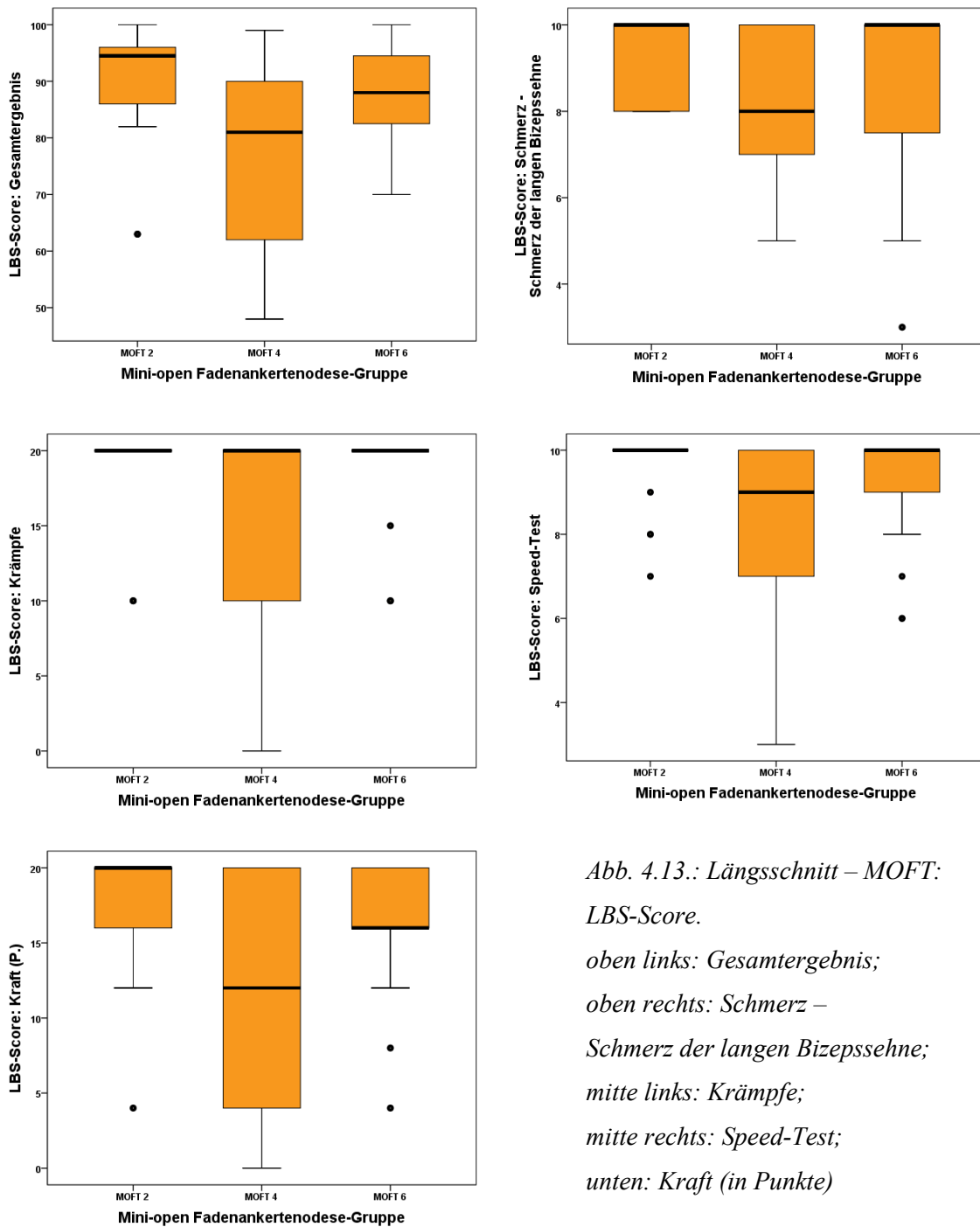


Abb. 4.13.: Längsschnitt – MOFT: LBS-Score.

oben links: Gesamtergebnis;  
 oben rechts: Schmerz –  
 Schmerz der langen Bizepssehne;  
 mitte links: Krämpfe;  
 mitte rechts: Speed-Test;  
 unten: Kraft (in Punkte)

Abhängige Variable / Parameter	MOFT-2		MOFT-4		MOFT-6		p-Wert a) Gr. 1 vs. 3 b) Gr. 3 vs. 5
	Mw	Mw	Mw	Mw	Mw	SD	
<b>C M-Sore</b>	91,62	10,77	80,03	16,39	90,68	11,43	0,029* 0,050*
<b>Schmerz</b>	12,06	2,66	10,64	2,60	11,89	3,22	0,150 0,145
<b>ATL's</b>	18,44	2,48	17,10	3,08	18,53	1,88	0,157 0,050*
Arbeit	2,72	0,58	3,14	1,01	3,57	0,84	0,074 0,138
Freizeit	3,22	1,00	2,95	1,36	3,74	0,69	0,367 0,023*
Schlaf	1,50	0,62	1,38	0,74	1,61	0,66	0,404 0,254
Erreichbarkeit	9,11	1,02	9,62	0,81	9,91	0,42	0,254 0,129
<b>Schmerzfremige Beweglichkeit</b>	29,78	5,44	30,00	7,64	35,39	4,99	0,013* 0,030*
Anteversion	9,11	1,57	8,86	1,62	9,57	1,20	0,015* 0,070
Abduktion	8,11	1,61	8,00	2,10	9,04	1,69	0,069 0,065
Außenrotation	7,11	2,30	7,33	2,56	9,04	1,89	0,016* 0,014*
Innenrotation	5,44	1,92	6,86	2,33	7,74	1,39	0,129 0,223
<b>Kraft</b>	9,17	4,32	10,98	3,74	12,55	4,91	0,143 0,151
<b>LBS - Score</b>	77,67	8,29	77,19	16,90	87,43	8,45	0,012* 0,060
<b>Kosmetik</b>	25,28	6,06	26,43	5,04	27,39	3,95	0,298 0,562
subjektiv	13,61	2,87	14,29	1,79	14,57	1,44	0,770 0,564
objektiv	11,67	3,84	12,14	3,73	12,83	3,31	0,230 0,541
<b>Schmerz</b>	16,67	2,68	16,62	3,53	17,48	3,45	0,097 0,358
LBS-Schmerz	8,33	1,65	8,05	1,86	8,65	0,43	0,009** 0,151
Druckschmerz	8,33	1,33	8,57	2,06	8,83	2,10	0,866 0,326
<b>Krämpfe</b>	18,89	3,23	15,24	6,80	18,91	2,30	0,047* 0,038*
<b>Speed</b>	9,72	0,58	8,38	1,96	9,30	1,30	0,032* 0,091
<b>Kraft</b>	14,89	4,45	11,81	7,32	16,52	4,40	0,009** 0,027*

Tab. 4.9.: Längsschnittergebnisse: Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6; Signifikanzmarkierung: grün = MOFT)

## 5. DISKUSSION

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven Erhebung wurden die Unterschiede zwischen arthroskopisch- und mini-open-rekonstruierten Pulley-Läsionen mit kombinierter LBS-Subluxation hinsichtlich ihres Outcomes untersucht und durch zwei standardisierte Scoresysteme dargestellt. Im Mittelpunkt des Interesses standen dabei die evidenzbasierte Erfassung der subjektiven Parameter Schmerzwahrnehmung und Aktivitäten des täglichen Lebens, der objektiven Parameter Beweglichkeit und Krafftähigkeit sowie des kosmetischen Ergebnisses. Eine weitere Intention stellte der Vergleich der beiden Operationsmethoden bezüglich des Zeitraums der Wiedereingliederung in den Alltag.

Bei Reflektion dieser Studie offenbarten sich einige Kritikpunkte hinsichtlich des Patientenkollektivs und der Messmethodik, die ebenso wie die Ergebnispräsentation im Folgenden diskutiert werden.

### 5.1. Patientenkollektiv

In der vorliegenden retrospektiven Untersuchung wurden die Daten von 120 Patienten infolge einer arthroskopischen oder offenen Pulley-Rekonstruktion analysiert. Das Patientenkollektiv zeigte sich zu einem Anteil von 42,5 % weiblichen (n = 51) und 57,5 % männlichen (n = 69) Patienten mit einem Durchschnittsalter von 55 Jahren.

Gemäß der Altersverteilung bei Rotatorenmanschettenrupturen findet sich eine Übereinstimmung mit den in der Literatur aufgeführten Vorkommnissen um die 5. Lebensdekade. *Gschwend et al. (aus Helbig und Blauth, 1986)* stufen das mittlere Alter ebenfalls bei 55 Jahren ein, *Baumann et al, 2008* ermittelten in ihrer retrospektiven Analyse von Pulley-Läsionen ein Durchschnittsalter von 51 Jahren und *Braun et al., 2011*, die die Pathoanatomie des Bizeps-Pulleys arthroskopisch untersuchten, kamen auf durchschnittliche 48,5 Jahre. Obgleich der in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Alters-Zeitspanne von lediglich 22 bis 76 Jahren zeigte sich bei steigendem Alter ein vermehrtes Aufkommen an Pulley-Läsionen, wovon die meisten Schädigungen zwischen dem 45. und 75. Lebensjahr festgestellt wurden. Mit diesen Ergebnissen bestätigten sich die bereits 1986 getroffenen Aussagen von *Gschwend et al. (aus Helbig und Blauth, 1986)* sowie die von *Löhr u. Uthhoff, 2007*.

Im Hinblick auf die in der Literatur zu findende Geschlechterverteilung bei Läsionen der Rotatorenmanschette stimmen die Aussagen mehrerer Autoren mit dem Gesamtkollektiv der hier vorliegenden Untersuchung überein. Bereits *McLaughlin,*



1962 beschrieb die Rotatorenmanschettenruptur als eine Erkrankung hauptsächlich des männlichen Geschlechts. Auch die Untersuchungen von *Baumann et al., 2007*, *Braun et al., 2011*, *Pruchhorst, 2001*, *Scheibel et al., 2011* und viele weitere Studien bekräftigen das überwiegend männliche Profil bei Rotatorenmanschetten- und Pulley-Läsionen.

Die in dieser Untersuchung vorliegende Inzidenz an Pulley-Läsionsgraden kommt den Literaturangaben nicht aller Autoren gleich. Bei *Braun et al., 2011* kam ein Hauptaufkommen an anteromedialen (n = 48) gegenüber posterolateralen (n = 32) Pulley-Schädigungen zustande. Sie fanden deutlich weniger (n = 13) kombinierte SSP- und SSC-Sehnenläsionen, andererseits eine signifikante Korrelation von Pulley-Läsionen mit Schädigungen der LBS.

In der Studie von *Baumann et al., 2008* zeigten sich zugleich überwiegend Schädigungen der SSC-Sehne (15 %) im Vergleich zur SSP-Sehne (6,9 %). Kombinierte anteromediale und posterolaterale Sehnenläsionen wurden wiederum in nur wenigen Fällen (4,2 %) nachgewiesen, wohingegen die Autoren ein Hauptaufkommen an isolierten SGHL-Schädigungen (73 %) skizzierten. In jener Studie fand man des Weiteren bei allen Patienten eine instabile LBS in unterschiedlichem Ausmaß: 33 % reversible Subluxationen, 53 % permanente Subluxationen und 14 % Luxationen. Die Autoren schreiben daher jeder Pulley-Läsion eine folgende LBS-Subluxation zu. Somit stimmen die Aussagen von *Baumann et al., 2007* und *Braun et al., 2011* überein, wohingegen von *Walch et al., 1998* ein äußerst seltenes Übergreifen auf die LBS festgestellt wurde.

Während komplette LBS-Luxationen in der hier durchgeführten Untersuchung als Ausschlusskriterium galten, stellten Subluxationen ein entscheidendes Einschlusskriterium dar. Bei allen 120 Pulley-Patienten wurde eine Tenodese mittels arthroskopischer und mini-open Operationsmethode durchgeführt. Daher können die vorhandenen Literaturangaben über die Korrelation von Pulley-Läsionen und LBS-Schädigungen weder bestätigt noch widerlegt werden.

Der Blick auf die Relation von anteromedialen, posterolateralen und kombinierten Sehnenläsionen lässt eine Bestätigung der hier vorliegenden Datenanalyse zu, indem mit 33,3 % posterolaterale und mit 43,3 % mehr anteromediale Pulley-Schädigungen gefunden wurden. Kombinierte SSP- und SSC-Sehnenläsionen kamen in 15 % der untersuchten Fälle auf. Folglich kamen die hier vorliegenden Daten – insgesamt 91,6 % partielle artikulärseitige Schädigungen der Rotatorenmanschette (Pulley II, III und IV) – den Ergebnissen von *Braun et al., 2011* sowie *Baumann et al., 2008* gleich.

Demgegenüber wurden die Aussagen u.a. von *Lichtenberg et al., 2008*, *Hedtmann u. Fett, 1995* und *Habermeyer et al., 2002*, die auf die primäre Schädigung der oberflächlichen Schicht der Pulley-Schlinge hinweisen (CHL + SSP), welche anschließend auf die tiefe Pulley-Schicht übergreift (SGHL + SSC) widerlegt.

Die Unterschiede im Hinblick auf die Inzidenz und Ätiologie von Pulley-Läsionen lässt sich aufgrund der immer noch unzureichenden Analyse in der aktuellen Literatur erklären. Des Weiteren können durch die jeweiligen definierten Identifikationskriterien in den gegenwärtigen Studien, wie beispielsweise von *Habermeyer et al., 2004* und *Braun et al., 2011*, das Zustandekommen der unterschiedlichen Ergebnisse gemäß der Läsionsgröße und Kombination mit Sehnenschädigungen der Rotatorenmanschette sowie der LBS begründet werden.

Aufgrund der heterogenen Nachuntersuchungs-Zeitpunkte in der Gesamtverteilung der arthroskopischen und mini-offenen Operationsgruppe wurden von Seiten der Studienleitung die jeweiligen Gruppen in die definierten 3 Nachuntersuchungs-Strata unterteilt (vgl. Kap. 3.5.), um eine Vergleichsanalyse auf zeitlich homogenem Niveau ausführen zu können. Dadurch war es möglich, die jeweiligen Gruppenergebnisse im Querschnitt auf zeitlicher Ebene exakter zu definieren, d.h. den Entwicklungsgrad und die postoperativen Fortschritte im Heilungsprozess der beiden Operationsmethoden miteinander zu vergleichen. Des Weiteren konnte durch die Unterteilung, der postoperative Rehabilitationsfortschritt beider Operationsmethoden jeweils getrennt betrachtet werden. Der daraus resultierende Schwachpunkt stellte jedoch die kleinen Gruppengrößen von 18 bis 23 Patienten dar. Es lagen jedoch weiterhin kleine Abweichungen hinsichtlich der Pulley-Läsionsgröße, des Patientenalters und der Geschlechterverteilung in den jeweiligen Subgruppen vor. Demzufolge muss die Übertragbarkeit der Ergebnisse dieser Kollektive kritisch betrachtet werden.

Die Einflusskriterien Patientenalter, Geschlecht, Pulley-Läsionsgrad sowie die betroffene Schulter werden im Folgenden, im Kontext des Querschnittsvergleich der Ergebnisdiskussion eruiert.

## 5.2. Methodendiskussion

### 5.2.1. Erhebungsinstrumentation

Bei allen Patienten der vorliegenden empirischen Untersuchung wurde eine einheitliche Datenerhebung der beiden Schulderscores nach *Constant u. Murley, 1987* sowie nach *Scheibel et al., 2011* durchgeführt, die von ein und derselben Person (Studienleitung) sowie dem jeweiligen behandelnden Arzt geleitet wurde. Die Vorgehensweise ließ, aufgrund der Gewichtung von 1:1 der unabhängigen und parteiischen Untersucher, in Bezug auf die Kausalität die Gefahr einer Ergebnisverzerrung, insbesondere der objektiven Messgrößen Beweglichkeit, Kraft und Kosmetik, in nur sehr geringem Maße zu.

Bei den Instrumenten einer Outcome-Analyse steht deren hohe Qualität im Focus, sodass die Scores einfach umzusetzen und klinisch anzuwenden sind, wie es sich in der vorliegenden Studie bewiesen hat. Wie bereits in Kapitel 3.6.1. erwähnt, ist der Constant-Murley Score aufgrund seiner breiten Übertragbarkeit auf diverse Schulterpathologien seit einigen Jahren international anerkannt. Nichtsdestotrotz kann dieses Kriterium ebenso negativ ausgelegt werden, da es ihm inhaltlich an Spezifizierung und Differenzierung mangelt. Mit dem Hintergrund, exakter auf die Pathologie der LBS einzugehen, wurde erst kürzlich der Lange-Bizepssehnscore entwickelt, der ebenfalls über subjektive sowie objektive Items verfügt, den allgemeinen Gütekriterien entspricht sowie eine leichte Durchführung ohne aufgetretene Schwierigkeiten bewiesen hat.

Da der LBS-Score neben der Kraftmessung lediglich anhand der Parameter Speed-Test und Krämpfe über die Bizepsfunktion Auskunft gibt, ist ihm eine unzureichende Beweglichkeits- bzw. exakte Funktionsprüfung des M. biceps brachii mit seinen umliegenden Strukturen sowie des Glenohumeralgelenks und dem subacromialen Gleitmechanismus kritisch anzumerken.

Wie bereits Markus Scheibel in der Publikation (*Scheibel et al., 2011*) über seinen neu entwickelten LBS-Score anmerkte, beinhaltet dieser keine Kraftmessung der Supination, da sich jene für den Klinikalltag schwierig darstellt und es einer speziellen Messtechnik bedarf. Wie jedoch bereits in Kapitel 2.4.1. angeschnitten, liegen die Supinationseinbußen infolge einer LBS-Schädigung bei etwa 20 %. Daher wäre es von Vorteil, die rekonstruierte LBS ebenso auf ihre auswärtsdrehende Kraft testen zu können.

Eine weitere messtheoretische Problematik in diesem Score stellt – gegenüber dem in dieser Erhebung zum Einsatz gekommenen modifizierten Constant-Murley Score – die nicht vorhandene Adaptation an Alter und Geschlecht dar. Aus physiologischer

Sicht ist die Gleichstellung von Frau und Mann sowie des Alters in Bezug auf insbesondere die Beweglichkeits-, Funktions- und Krafftähigkeit, die zur Beeinflussung des Gesamtergebnisses führen konnten, unverkennbar. Gleichmaßen offenbarte der Geschlechtsunterschied in der hier vorliegenden empirischen Erhebung bezüglich der subjektiven und objektiven Kosmetikbeurteilung ein signifikantes Kriterium (Kap. 4.2. und 4.3.).

Zwar weisen beide Bewertungsscores divergente Gewichtungen hinsichtlich der objektiven und subjektiven Eigenschaften sowie unterschiedliche Schwerpunkte bezüglich der Items Schmerz, Beweglichkeit und Kraft auf, dennoch lassen sie sich mit dem Blickpunkt auf die hier vorliegende Pulley-Pathologie sehr gut miteinander in Verbindung bringen, sodass die Qualität der Aussagefähigkeit gegeben ist. Der Constant-Murley Score besteht aus 65 % und der Lange-Bizepssehnscore lediglich aus 35 % objektiven Anteilen.

Entsprechend der o.g. Feststellung lassen sich leicht voneinander abweichende Prozentwerte hinsichtlich der Kraft (CM-Score 25 % / LBS-Score 20 %) und größere Unterschiede in den Parametern Schmerz (CM-Score 15 % / LBS-Score 30 %) ableiten. Während der CM-Score Bewegungsparameter (40 %) enthält, beinhaltet der LBS-Score die Hilfsgröße Kosmetik (30 %). In beiden Scores werden Parameter der Schulterfunktion zu gleicher Gewichtung (CM-Score Aktivitäten des täglichen Lebens 20 % / LBS-Score Krämpfe 20 %), jedoch unterschiedlichen Inhalts angeschnitten.

Auf die für diese Untersuchung hypothesenrelevante Charakteristik Schmerz wird im CM-Score lediglich allgemein und im LBS-Score differenzierter eingegangen. Das Hypothesenmerkmal Beweglichkeit kann ausschließlich im CM-Score erfasst werden, wobei die Kosmetikcharakteristik nur im LBS-Score aufgenommen wird. Dahingegen enthalten beide Scores die entscheidende Kraftmessung, wobei jene im CM-Score hauptsächlich den M. supraspinatus und im LB-Score speziell den M. biceps brachii testet.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im LBS-Score fast ausschließlich das Outcome der Bizepspathologie und im CM-Score eher auf das der zusätzlich betroffenen Sehnenanteile (SSP und SSC) bzw. der allgemeinen Schulterfunktion erfasst wurde, um infolgedessen das Gesamtausmaß der Pulley-Rekonstruktion zu evaluieren.

*Kupsch et al., 2007* entwickelten den CM-Score-Patientenfragebogen mit erneut leicht abgeänderten Konstanten, bei dem es keiner objektiven Hilfestellung durch den Untersucher bedarf, sondern eine eigenständige Beantwortung bzw. Durchführung

des Patienten ermöglicht. Jenem wurde eine sehr gute, signifikante Korrelation und somit hohe Validität mit dem Originalscore nachgewiesen.

Gemäß der postoperativen Nachuntersuchung mit sonographischen Aufnahmen, klinischen Provokationstests sowie dem Hintergrund den neuen und bislang kaum erprobten LBS-Score anzuwenden, hat sich die Studienleitung in der hier vorliegenden Studie für die Verwendung des CM-Originalscore entschieden.

Bei den subjektiven Parametern der beiden Scores, insbesondere der Schmerzerfassung, sei anzumerken, dass jene zwar eine aussagekräftige Relevanz darstellen, jedoch – im Vergleich zu den objektiv und messbaren Konstanten – von beeinflussbaren Faktoren geprägt sind. Das psychische Wohlbefinden wie emotionale Verblindungen und seelische Befangenheit aufgrund momentanen privaten Stresses, beruflichen Leistungsdrucks oder einfach bestehender Sympathie bzw. Disposition gegenüber den Testpersonen, kann zu einer Ergebnisverzerrung führen. Psychische Faktoren waren jedoch im Rahmen dieser Studie nicht effizient und objektiv erfassbar und hätten im hier behandelten Kontext zu viel Raum eingenommen.

*Henn et al., 2007* bestätigten in ihrer Studie die Assoziation der präoperativen Erwartungshaltung und dem Outcome speziell infolge von Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette, was Autoren zuvor im Allgemeinen bzw. bei diversen anderen (Schulter-) Pathologien festgestellt haben: Je optimistischer sich die Erwartung der Patienten in Bezug auf den operativen Eingriff zeigte, desto besser fielen die Ergebnisse hinsichtlich des Outcomes aus.

Eine detailliertere Auskunft mit nachdrücklichen Selbstberichten speziell des Schmerzempfindens hätten möglicherweise qualitative Erhebungsmethoden geben können (*Zimbardo u. Gerrig, 2004*), die sich jedoch in der aktuellen Literatur über medizinische bzw. rehabilitative Forschungsgegenstände kaum finden lassen und überwiegend in den Sozialwissenschaften Anklang finden.

Bei Reflexion der angewandten Erhebungsinstrumentarien gewann das bildgebende Verfahren verstärkte Aufmerksamkeit. Anhand der Sonographie wurden die rekonstruierten Sehnenanteile auf ihren anatomisch-pathologischen Zustand als unterstützende Maßnahme der klinischen Untersuchung bzw. den im LBS-Score enthaltenen Parameter Kosmetik überprüft. Fokussiert wurde dabei die Lage der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis und deren Ankerplatzierung.

Bei einigen der 120 untersuchten Patienten, zeigte sich sonographisch eine Distalisierung des M. biceps brachii bzw. ein leicht ausgeprägtes Popeye-Sign. Auffällig war jedoch in einigen Fällen beider Tenodesetechniken ein mit Gewebe

gefüllter Sulcus, obgleich bei jenen Patienten eine geringfügige Deformierung des Muskels festgestellt wurde. Jene bildgebenden Feststellungen wurden jedoch in der hiesigen Untersuchung kritischer Weise nicht statistisch dokumentiert, sodass die Versagensquote lediglich anhand der objektiven Kosmetik (LBS-Score) erfolgte.

Angesichts der streng definierten Identifikationskriterien (Kap. 3.4.) in Bezug auf bestehende Sucht- und Nebenerkrankungen wie beispielsweise Fibromyalgie, Diabetes mellitus oder Krebserkrankungen – konnten Verzerrungen hinsichtlich des Schmerzes und der Bewegungsamplitude sowie der Aktivitäten des täglichen Lebens und Kraft z.B. durch die Einnahme von Analgetika oder ähnlichen wirkmechanischen Stoffen weitestgehend ausgeschlossen werden, sofern die Aussagen der teilnehmenden Patienten wahrheitsgemäß waren.

In einer retrospektiven Analyse von Pulley-Läsionen von *Baumann et al., 2008* wurde neben der Inzidenz, Ätiologie und dem klinischen Outcome auch der Rupturmechanismus erfragt. Jener konnte nicht signifikant manifestiert werden, wurde jedoch als eine Tendenz der schlechteren Ergebnisse im Constant-Murley-Score bei atraumatischen Patientenberichten gegenüber den Patienten mit vorangegangenen Trauma erklärt. Sicherlich stellt die Ursachenerfassung bei Pulley- und Rotatorenmanschettenläsionen ein interessantes und bedeutsames, eventuell das Outcome beeinflussende Plateau dar, jedoch erweist sich eine solche subjektive Erfassung aufgrund der langen Retrospektive als äußerst komplex, da sich die Patienten – wenn überhaupt – häufig nur vage an das Rupturereignis erinnern können. Somit liegt diesem Parameter lediglich eine sehr schwache statistische Bedeutsamkeit zugrunde.

### **5.2.2. Operative Einflusskriterien**

Im Literaturabgleich der letzten Jahre sind einige Vergleichen zwischen arthroskopischen und mini-open Operationsverfahren der Rotatorenmanschette hinsichtlich des subjektiven und objektiven Outcomes anhand von bildgebenden Verfahren sowie unterschiedlichen Scoresystemen (z.B. CM-Score, Simple Shoulder Test, American Shoulder and Elbow Surgeons, etc.) zu finden. In Abhängigkeit von den angewandten Identifikationskriterien, Methoden und Materialien kamen zusammenfassend ähnliche Ergebnisse in kurz- und mittelfristigen Nachuntersuchungen heraus (*Kim et al., 2003; Severud et al., 2003; Sauerbrey et al., 2005,*

*Warner et al., 2005*). Bei der Recherche wurde jedoch kein Vergleich explizit die Pulley-Rekonstruktion betreffend gefunden.

In Anbetracht des erst kürzlich entwickelten LBS-Score können außer den Untersuchungen von *Scheibel et al., 2011* kaum Vergleiche mit den hier analysierten Ergebnissen angebracht werden. Der Zusammenhang zwischen einer LBS-Tenodese mit rekonstruierten Rotatorenmanschettenläsionen ist in der aktuellen Literatur noch nicht hinreichend geklärt. *Habermeyer, 2002* berichtet von einer schlechteren Prognose bei Rotatorenmanschettendefekten mit begleitenden LBS-Läsionen. Einen Ansatz dazu bringt auch *Ebenhöh, 2005*: Die Autorin berichtet von tendenziell besseren Resultaten der Patienten, bei denen keine zusätzliche LBS-Tenodese durchgeführt wurde.

Hinsichtlich der Wahl des Ankermaterials, das in Kapitel 2.4.2.3. erwähnt wurde, herrscht an deutschen Kliniken Uneinigkeit. So wurden in der vorliegenden Untersuchung in der Arthroskopie ein resorbierbarer Healix™-Fadenanker (Fa. Mitek) und in der mini-open-Methode ein Corkscrew®-Titananker (Fa. Arthrex) verwendet – jeweils mit zwei nicht-resorbierbaren, unterschiedlich gefärbten Fadenpaaren armiert. Der Großteil (71,5 %) der in Deutschland befragten Operateure greift jedoch auf nicht-resorbierbares Material zurück (*Lüring et al., 2007*). Dies könnte sich auf die Feststellungen von *Tingart et al., 2004* stützen, die an Leichenpräparaten eine signifikant höhere Ausreißkraft der Titananker im Gegensatz zu resorbierbarem Material aufzeigten. *Gohlke et al., 2007* schildern unter Verwendung metallischer Anker (hier: mini-open Gruppe) die Gefahr einer Dislokation und fortschreitenden Gelenkzerstörung bei intraartikulärer Platzierung, einer Infektion und frühzeitigen Fadenrisses durch ein mögliches Durchscheuern an der Öse. Bei resorbierbaren Fadenankern nennen die Autoren neben einer geringen Festigkeit im Knochen eine partikelinduzierte Synovialitis als mögliche Folge. Bei den in dieser Studie verwendeten resorbierbaren Implantaten (hier: Arthroskopiegruppe) besteht keine Gefahr mehr durch die Öse, da die Fäden durch eine kleine Fadenschlinge durch das Implantat laufen (*Habermeyer, 2002*). Die Verankerung der hier verwendeten Ankerimplantate unterscheidet sich folglich hinsichtlich des Materials und der herstellenden Firma.

Die Fadenmaterialien (Fiberwire®) beider zum Einsatz gekommenen doppelt-armierten Anker bestehen aus einem geflochtenen 2-Komponenten-Aufbau aus Polyethylenen und Polyester und versprechen daher eine geringe Reißgefahr während der Verknotung. *Gohlke et al., 2007* nennen durch jene Beschaffenheit eine Minderung des bisher bekannten Fehlermodus, der durch herkömmliche nicht-

resorbierbare, geflochtene Fäden bestimmt war. Die Fadenstärke und Anzahl des notwendigen Nahtmaterials wurde dadurch reduziert.

Des Weiteren fanden in der hier vorliegenden Untersuchung zwei unterschiedliche Knotentechniken Anklang (AFT: Lasso-Loop Stich / MOFT: Einzelknopfnah), die zusätzlich gegebenenfalls eine Rolle hinsichtlich der Festigkeit einnehmen konnten. Zum einen galt die Anzahl der geknoteten Schlaufen um die Haltefäden und zum anderen die Zugfestigkeit der Fäden bzw. der Verknotung als ausschlaggebendes Kriterium.

Die zentralen Wesensmerkmale in der hier vorliegenden empirischen Studie konnten an drei Faktoren des operativen Eingriffs ausgemacht werden, um mögliche Korrelationen im Outcome im Hinblick auf entstandene Popeye-Signs bzw. die Versagensquote zu eruieren. Der größte Unterschied lag in der Operationsmethode an sich, also dem minimalinvasiven Eingriff der Arthroskopie sowie der etwas größeren mini-open-Revision. Andererseits lässt sich das kontroverse Outcome möglicherweise auch aufgrund der angewandten, verschiedenen Ankerimplantate und der Knotentechnik erklären (Kap 2.4.2.).

### **5.2.3. Postoperative Einflusskriterien**

Ein zusätzliches, das Ergebnis möglicherweise beeinflussendes Kriterium stellte die postoperative Nachbehandlung dar, die grundsätzlich über Physiotherapie bzw. Krankengymnastik mit zusätzlicher Applikation von physikalischen Maßnahmen sowie Medizinischer Trainingstherapie (KGG) erfolgte, wie ausführlich in Kapitel 2.4.3. erläutert wurde. Die Menge und Häufigkeit jener Maßnahmen waren jedoch zum einen abhängig vom jeweiligen postoperativen Zustand der Patienten und zum anderen vom Leistungsbudget und -katalog der Krankenkassen. Wie ebenfalls in Kapitel 2.4.3. berichtet, gelten bestimmte Richtlinien und Rehabilitationsphasen in der postoperativen Therapie von Pulley-Läsionen, die jedoch im Blick auf die unterschiedlichen rekonstruierten Sehnenanteile (Pulley-Läsionsgrad I bis IV) teilweise variierend verlaufen. Beispielsweise setzt bei einer isolierten Schädigung der LBS die aktiv-dynamische Mobilisation bereits ab der 4. Woche ein, wohingegen bei Rotatorenmanschettenrekonstruktionen die aktive Beweglichkeit in allen Richtungen bis zum Ende der 6. Woche limitiert ist.

Gleichermaßen können die Behandlungsschemata entgegen jeglicher Richtlinien aus zweierlei Gründen nicht pauschalisiert werden. Zum einen muss der einzelne Patient



mit seinem individuellen Pathomechanismus betrachtet werden und nuanciert gemäß seiner Rehabilitationsphase die manuellen und begleitenden physikalischen Maßnahmen ergriffen werden. Andererseits verfügt jeder Therapeut über seine explizite, über Jahre angeeignete Behandlungstechnik.

Obgleich viele Autoren, in mit dieser Erhebung vergleichbaren Studien, eine einheitliche postoperative Rehabilitation betonen, erfolgt die Wiederherstellung der Schulterfunktion infolge der Rotatorenmanschetten- bzw. Pulley-Läsion angesichts der o.g. posttherapeutischen Schritte, Qualität und Quantität der Behandlungsmethoden in unterschiedlich ausgeprägten Genesungsfortschritten.

Darüber hinaus stellen *Heers u. Heers, 2007* fest, dass alle Patienten mit Rotatorenmanschettendefekten von einer konservativ durchgeführten Physio- und Trainingstherapie profitieren können, jedoch verfügt die dementsprechende Literatur über unzureichende Studien. *Pruchhorst, 2001* berichtet in seiner empirischen Arbeit über den klinischen und sonographischen Mittel- und Langzeitvergleich zwischen konservativer und operativer Therapie der Rotatorenmanschette bei 73 Schultern. Es konnten zwar durchschnittlich bessere, jedoch keine signifikanten Ergebnisse des Constant-Murley Scores infolge der operativen Versorgung und überdies keine merkmalsstarken Auffälligkeiten der Rotatorenmanschette und LBS in der Sonographie festgestellt werden. Der Autor gibt zusammenfassend an, dass sowohl beide Therapiemethoden der Rotatorenmanschetten-Partialruptur im mittel- bis langfristigen Verlauf gute Ergebnisse erzielten, jedoch die Entscheidung bezüglich des Vorgehens von individuellen Aspekten des einzelnen Patienten abhängig sein sollte.

### **5.3. Ergebnisdiskussion**

#### **5.3.1. Querschnittergebnisse**

Die anhand der statistischen Datenanalyse hervorgetretenen Ergebnisse im Gesamten, d.h. im Vergleich der beiden Operationsmethoden sowie auch deren Subgruppenvergleiche, zeigen keine einheitlichen, eindeutig für eine der beiden Operationsmethoden sprechenden Behandlungseffekte im Hinblick auf die Parameter Schmerz, Beweglichkeit, Kraft und Funktion der Schulter sowie der kosmetischen Beurteilung. Im Gesamtvergleich der beiden Operationstechniken konnten sich mit fünf signifikanten Unterschieden in den Bereichen Schmerz und Funktion die Patienten der arthroskopischen Rekonstruktion gegenüber denen der mini-open

Methode hervorheben. Letztere brachten zwei charakteristische Ergebnisse im Parameter Kosmetik auf.

Auffällig erscheint im Subgruppenvergleich, dass in der jüngsten FU-Gegenüberstellung fast ausschließlich die Patienten infolge der mini-offenen Operationsmethode bessere Ergebnisse in beiden Scores erzielt hatten, wohingegen die signifikanten Resultate infolge der arthroskopischen Methode sowohl im Mittel- als auch im Langzeitvergleich überwogen.

In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Ergebnisse detailliert dargestellt.

#### **5.3.1.1. Gesamtgruppen: Arthroskopische vs. mini-open Fadenankertenodese**

Im Gesamtergebnis des CM-Scores erreichten die Patienten der arthroskopischen Operationsgruppe ein ausgezeichnetes (93 %) und die der mini-open-Gruppe ein gutes (87 %) Ergebnis. Die Daten führten anhand der statistischen Analyse jedoch zu keiner signifikanten Abweichung, sodass man insgesamt in diesem Score auf erfolgreiche Resultate beider Methoden schließen kann.

*Keener et al., 2010* brachten bei einer arthroskopischen Revision von Rotatorenmanschettenrekonstruktionen ein Gesamtergebnis von 76 % im CM-Score hervor. Ein exakter Vergleich zu den mini-open-Ergebnissen kann bezüglich des CM-Scores in der vorliegenden Literatur nicht aufgeführt werden, da andere Scoresysteme verwendet wurden. Jedoch bewiesen jene keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Operationsmethoden. Bei *Scheibel et al., 2001* zeigte sich ein Gesamtergebnis von 78 % der arthroskopischen isolierten LBS-Tenodese unter Verwendung von Fadenankern bzw. knotenlosen „Pushlock“-Ankern im CM-Score.

Die Abweichung bezüglich der Ergebnisse lassen sich möglicherweise durch die Anzahl der betroffenen Sehnen erklären. Bei den Arthroskopie-Patienten fanden sich mit 86 % mehr Rotatorenmanschettenbeteiligung, also neben der LBS auch die Sehnen des SSP und / oder SSC (Pulley II bis IV), wohingegen sich 97 % bei den mini-open Revisionen zeigten.

*Forsythe et al., 2010* fanden in ihrer Untersuchung eine Signifikanz, in der massiv-geschädigte Rotatorenmanschetten mit kombinierten SLAP-Läsionen bessere Gesamtergebnisse erzielten, als die isolierten Rotatorenmanschettendefekte. Jenes Ergebnis ist dennoch kritisch zu betrachten und möglicherweise zufällig entstanden, da aufgrund der Läsionsgröße bzw. -anzahl der beschädigten Strukturen von einer größeren postoperativen Beeinträchtigung auszugehen ist.

Die Überlegung, ob der Zustand der LBS relevanten Einfluss auf das Operationsergebnis bei Rupturen der Rotatorenmanschette hat, ist derzeit noch nicht geklärt. Aufgrund der divergenten Berichte von beispielsweise *Gerber et al., 2000* und *Habermeyer 1995* bedarf es weiterer Forschung (*Ebenhöh, 2005*).

In der Gegenüberstellung der hier angewandten Operationsmethoden lässt sich ein auffälliges Ergebnis bezüglich des hypothesenrelevanten Items Schmerz erkennen, bei dem die Gruppe infolge der arthroskopischen Pulley-Rekonstruktion signifikant weniger Beschwerden angab, als ihre Vergleichsgruppe. Jener Parameter ergab jedoch lediglich im CM-Score ein deutliches Resultat (AFT 12,94 / MOFT 11,52 %), während jener im LBS-Score unauffällig blieb.

Aufgrund des im CM-Score allgemein gehaltenen und sehr unspezifisch formulierten Parameters nach der Schmerzwahrnehmung stellt sich die Frage, wie die Patienten diesen interpretiert und von welchen Alltagsparametern – wie beispielsweise die freizeitbezogenen Tätigkeiten, familiären oder beruflichen Anforderungen – abhängig gemacht haben. In Betracht könnte auch das psychische Wohlbefinden zum Zeitpunkt der Erhebung gezogen werden

Nicht außer Acht zu lassen ist die für den Patienten selbst eine Schmerzreduktion durch die Operation zu erlangen, die eine Verbesserung der Aktivitäten des täglichen Lebens und insbesondere der Lebensqualität zur Folge hat. Aus diesem Grund nimmt die hier signifikant geringere Schmerzwahrnehmung der arthroskopisch operierten Patienten eine zentrale sowie die Hypothesen bestätigende Rolle ein.

Diesem rein subjektiven Bewertungskriterium kann das geringere Operationstrauma der Arthroskopie gegenüber dem etwas größeren invasiven Eingriff der mini-open-Revision durch den Deltasplit und dem Subkutan- und Hautschnitt zugesprochen werden. In den vorliegenden Informationen von *Kim et al., 2003*, *Sauerbrey et al., 2005* und *Verma et al., 2006* waren dahingegen keine auffallenden Unterschiede zu finden.

Bei arthroskopisch versorgten, isolierten LBS-Läsionen in der Untersuchung von *Scheibel et al., 2011* erreichten die Patienten im Schmerzparameter ähnliche Resultate (13,9 %).

In der Studie von *Warner et al., 2005* wurde in keiner der beiden Operationsgruppen ein Nachtschmerz via Simple-Shoulder-Test festgestellt. In den hier vorliegenden Daten zeigte sich der Schlaf wiederum signifikant. Die arthroskopisch operierten gaben weniger Nachtschmerz bzw. Störungen der Nachtruhe an (1,76 P.), als die mini-open Gegengruppe (1,52 P.). Alle Patienten, die in jenem Parameter Störungen angaben, berichteten in diesem Zusammenhang, von Schmerzen aufgewacht zu sein. Daher kann der Schlaf offensichtlich mit der Schmerzwahrnehmung in Verbindung

gebracht werden, wenngleich das Schlafverhalten unter die Kategorie Aktivitäten des täglichen Lebens zählt.

Die Unterkategorie Arbeitsfähigkeit zeigte sich signifikant mit einer besseren Funktion infolge der arthroskopischen Operationsmethode (3,79 %) gegenüber der mini-open-Repair (3,47 %), was man auch zum Teil mit verminderten Schmerzen erklären könnte, sowie der Beweglichkeit und Kraft zusammenhängt. Da sich jedoch hinsichtlich der Beweglichkeit und Kraft keine weiteren signifikant besseren Schulter-Armfunktionen präsentierten, lässt dieses Ergebnis auf entweder schmerzabhängige Zusammenhänge oder aber rein zufällige Gegebenheiten schließen. Im Literaturvergleich von *Kim et al., 2003*, *Sauerbrey et al., 2005* und *Verma et al., 2006* zeigten sich hinsichtlich der Funktionsfähigkeit keine auffälligen Unterschiede zwischen beiden Rekonstruktionstechniken bei Rotatorenmanschettendefekten.

Das Gesamtergebnis des LBS-Scores präsentierte sich ohne bedeutsame Auffälligkeit. Infolge der Arthroskopie wurden 82 % und nach mini-open versorgen Läsionen 85 % verzeichnet. Die arthroskopischen Ergebnisse bei *Scheibel et al., 2011* konnten sogar bei 92 % vermerkt werden. Da sich jenes Resultat jedoch auf die isolierte LBS-Tenodese ohne weitere Defekte der Rotatorenmanschette bezieht, kann das damit verbundene kleinere Trauma ein Erklärungsansatz der hier präsentierten Ergebnisse und den damit verbundenen operativen Folgen eines größeren Eingriffs darstellen.

Kosmetisch ergab sich ein ausgeprägt gutes Ergebnis der mini-open Operationsgruppe (27,26 %) entgegen der arthroskopisch therapierten Patienten (25,86 %). Die Patienten der MOFT-Gruppe sahen einen signifikant größeren Unterschied (14,44 %) des betroffenen Oberarms zur Gegenseite als die Patienten der AFT-Gruppe (13,79 %). Da dieser subjektive Parameter Interpretationsspielraum bot und das Patientengut unwissend über eine Deformität im Sinne des sog. Popeye-Signs bzw. eines distalisierten Bauches des *M. biceps brachii* waren, könnte das Ergebnis auch lediglich aus Gründen einer asymmetrischen Wirbelsäule oder eines ungenügend rehabilitierten bzw. noch atrophierten *M. biceps brachii* entstanden sein. Sowohl im signifikanten Ergebnis der Gesamt-Kosmetikkonstante als auch im subjektiven und objektiven Unterparameter hatte das Geschlecht einen stark beeinflussenden Effekt, indem von (subj.) und bei (obj.) weiblichen Studienteilnehmer deutlich höhere Punktzahlen und somit weniger Abweichung zum gesunden Arm festgestellt wurden.

Bei den arthroskopisch via Fadenankertenodese versorgten Patienten zeigten *Scheibel et al., 2001* ein nahezu übereinstimmendes kosmetisches Gesamtergebnis (25,5 %) sowie gute subjektive Beurteilungen. Zwischen der objektiven und subjektiven Beurteilung wurde von ihnen ein signifikantes Resultat ermittelt. Wenngleich sich die Distalisierungs- bzw. Versagensquoten des M. biceps brachii bei der Tenotomie größer herausstellten, als es bei den Tenodeseverfahren der Fall ist, kommt es dennoch häufig zu einer Tenodese- bzw. Autotenodeseinsuffizienz der LBS (*Scheibel u. Habermeyer, 2005; Bauer u. Löbig, 2011*). Bei offenen Rotatorenmanschettenrekonstruktionen ist in der Literatur eine Versagensquote von 10 bis 12 % zu finden (*Kim et al., 2003*). In den hier vorliegenden Daten zeigte sich 16,93 % Versagensquote aller Studienteilnehmer, 19,53 % infolge der Arthroskopie und nur 14,53 % nach miniopen-Operation. Diese wurde anhand des Parameters objektive Kosmetik ermittelt. *Scheibel et al., 2011* manifestierten die Versagensquote der arthroskopischen Anker-Fixation anhand des objektiven Kosmetikparameters sowie zusätzlichen, gründlicheren MRT-Auswertungen und analysierten in 35 % der Fälle eine intertuberculare Distalisierung der LBS, wobei dieses häufige Aufkommen – wie auch in den hier entstandenen Daten – mit einem Autotenodesemechanismus charakterisiert wird. Das Phänomen der Autotenodese mit einem gefüllten Sulcus via Sonographie oder MRT lässt Schlüsse auf die o.g. Tenodeseinsuffizienz, in Zusammenhang mit den kosmetischen Ergebnissen zu.

Wie bereits im Kapitel 2.4. erläutert, spielen die operativen Materialien eine äußerst wichtige Rolle. Anker- und Fadenbeschaffenheit tragen einen hohen Anteil an der Festigkeit bzw. Ausrissstärke der rekonstruierten Bizepssehne. Die Knotentechnik jedoch liegt gemäß der in der hiesigen Studie behandelnden Ärzte im Fokus und kann zu einem Entgleiten der LBS und einer Distalisierung im Sulcus führen.

Ein weiterer, möglicherweise die LBS-Scorergebnisse (Kraft, Speed-Test und Krämpfe) beeinflussender Störfaktor, stellt die Kraftübertragung des Muskel-Sehnenapparates auf den Knochen dar. Der Reintegrationsprozess in den physiologischen Schritten kann zum einen durch die Pathologie von Geweben, wie z.B. durch degenerative und vaskuläre Veränderungen erschwert werden. Zum anderen stellt die Rotatorenmanschette äußerst prekäre, negative biomechanische Voraussetzungen angesichts der konstanten nach medial-cranialen Zugrichtung. Dadurch wird das Einsprossen der gebündelten und teilweise überkreuzenden Sehnenfasern in die Knochenstruktur erschwert (*Löhr u. Uthoff, 2007*). Je nach Integrationsstärke und -ausmaß infolge der Fixation kann mehr oder weniger Kraft übertragen werden, was sich folglich in den hier vorliegenden Ergebnissen (LBS-score: Krämpfe und Speed-Test) äußert und zu der Vermutung einer besseren

Sehnenintegration infolge der Arthroskopie führt. Mit dem Hintergrund der besseren kosmetischen Ergebnisse nach mini-open Repair lässt sich jene These jedoch nicht abschließend klären.

Im Speed-Test, als Unterkategorie des Schmerzparameters, lagen erneut die Ergebnisse der arthroskopischen Rekonstruktion (9,69 %) über denen der mini-open-Repair (9,06 %), was augenscheinlich mit einer stärker ausgeprägten Funktionsfähigkeit und verminderten Schmerzen einherging, da der Speed-Test nicht ausschließlich ein Erkennungszeichen der LBS darstellt. Im anterioren Schulterbereich strahlen neben jener auch die Pulley-Sehnen (SSP und SSC) ein. Des Weiteren werden bei der Armpositionierung dieses Tests auch die Mm. infraspinatus und teres minor der Rotatorenmanschette und weitere Muskeln des Schultergürtels aktiv. Somit gilt dieser Parameter nicht nur dem M. biceps brachii zugesprochenen Schmerz, sondern ebenfalls einer allgemeinen, die rekonstruierte Schulter betreffenden mehr oder weniger leidvollen Empfindung. Aus den genannten Gründen kann mutmaßlich eine Verkettung mit den o.g. positiven Ergebnissen bezüglich des Schmerzes und der Arbeitsfähigkeit im funktionellen Zusammenhang infolge der Arthroskopie hergestellt werden.

Hinsichtlich schmerzhafter Krämpfe zeigten sich erneut bessere Ergebnisse nach arthroskopisch versorgten Patienten (19,48 %) gegenüber der mini-open-Methode (17,66 %). Jene dokumentierte Funktionsfähigkeit könnte nochmals die o.g. Faktoren insbesondere im Hinblick auf den genannten Schmerz, den Speed-Test und die Arbeitsfähigkeit, also die Kategorie Aktivitäten des täglichen Lebens widerspiegeln. *Frost et al., 2009 und Lim et al., 2011* berichten bei LBS-Tenotomien von einem höheren Aufkommen an Popeye-Signs und Krämpfen im M. biceps brachii im Vergleich zur Tenodese, jedoch sind Literaturangaben der Gegenüberstellung von Arthroskopie und mini-open-Verfahren nicht bekannt. Die Informationen von *Scheibel et al., 2011* geben die Ergebnisse der jeweiligen Unterkategorien (hier: Speed-Test und Krämpfe) nicht wieder, sodass diesbezüglich auch kein Vergleich herangezogen werden kann.

Wie bereits beschrieben, kann auch die Knotentechnik einen Einfluss auf das Ergebnis nehmen. In diesem Fall stellte der Lasso-Loop-Stich mutmaßlich eine insuffiziente Halterung der LBS, sodass diese aus dem Knoten und distal in den Sulcus entgleiten konnte. Schon ein leichtes Zusammenrollen des Muskelbauches kann aufgrund der verkürzten Ausgangslänge des M. biceps brachii zu schmerzhaft auftretenden Krämpfen führen. Das hervorgerufene Konvult führt zu einer permanenten Kontraktion der Muskelfasern, d.h. dass innerhalb des Sarkomers der kontraktile Mechanismus (Gleit-Filament-Theorie) nicht mehr greift und zur Folge hat,

dass die Aktin- und Myosinfilamente sich nicht mehr voneinander lösen und in ihre Ausgangsposition zurückgleiten können. Darüber hinaus könnte der kontrahierte Muskelbauch zu Verklebungen der Bindegewebshaut zwischen den Muskelfaserbündeln führen (*Faller u. Schünke, 2004*). Die hier eröffnete These der Verkettung von intramuskulären Entwicklungen würde allerdings nicht mit den Ergebnissen der Kosmetik (LBS-Score) übereinkommen, da die Einzelknopfnah eine größere Festigkeit bewiesen hat oder zumindest für einen höheren Anteil an Autotenodesemechanismen spricht. Somit bleibt weiterhin Raum für Spekulationen.

### 5.3.1.2. Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2)

Die Beobachtung des Querschnittsvergleich der jüngsten FU-Gruppen lieferte mit Ausnahme von zwei Parametern (LBS-Score: Krämpfe und Speed-Test) deutlich bessere Scoreergebnisse der mini-open-Repair auf, welche sowohl anhand der großen Anzahl an signifikanten Ergebnissen, als auch an den höheren Mittelwerten manifestiert werden konnten.

Im CM-Score lieferte die mini-open Repair durchweg bessere Ergebnisse und eine Vielzahl an Signifikanzen in den Parametern der schmerzfreien Beweglichkeit sowie der Kraft. Im LBS-Score überzeugten sie im Gesamtergebnis mit höchster Signifikanz und gaben deutlich weniger LBS-Schmerzen an.

Hinsichtlich der Beweglichkeit im Gesamten sowie als Unterkategorien Abduktion, Außenrotation und Innenrotation und schmerzfreier Erreichbarkeit (ATL's) kamen die mini-open-behandelten Pulley-Patienten mit z.T. höchsten Auffälligkeiten in Gegenüberstellung mit der arthroskopischen Methode hervor. Jene Ergebnisse liegen jedoch konträr zu denen von *Severud et al., 2003*. Sie berichten von signifikant besseren arthroskopisch-operierten Rotatorenmanschetten im Anfangsstadium, also in den ersten drei Monaten, als derjenigen infolge der mini-open-Therapie. *Kim et al., 2003* und *Warner et al., 2005* konnten keinen Unterschied hinsichtlich der Beweglichkeit zwischen arthroskopischen und mini-open-Repairs (via Fadenakerfixation) feststellen, wobei es sich jeweils um Langzeit-Messungen handelte.

Der CM-Score brachte ebenfalls ein signifikantes Ergebnis hervor, indem die mini-open-Tenodese (13,31 %) eine deutliche Kraftsteigerung gegenüber der Arthroskopie (9,17 %) zeigte. Dies widerspricht den Aussagen von *Kim et al., 2003* und *Warner et al., 2005*, die keine bedeutungsvolle Abweichung der beiden Operationsmethoden

festgestellt haben. Der Kraftzuwachs des M. biceps brachii (LBS-Score) blieb allerdings unauffällig.

Im Gesamtergebnis des LBS-Scores wurde abermals ein signifikanter Fortschritt der mini-open-Methode (89,44 %) – im Vergleich zur arthroskopischen Tenodese (77,67 %) – notiert, wenngleich jener Score mit Ausnahme der Unterkategorie LBS-Schmerz keine weiteren statistischen Signifikanzen aufwies. Die Patienten des mini-open Eingriffs berichteten von deutlich geringeren Schmerzen der LBS und deren Verlauf im Sulcus (9,44 %), als diejenigen Patienten infolge der Arthroskopie (8,33 %). Obwohl sich der invasive Eingriff bei der mini-open-Repairmethode mittels M. deltoideus-Split, Subkutan- bzw. Hautschnitt als deutlich höher herausstellt und dies nach Aussagen u.a. von *Ozbaydar et al., 2007* längere frühpostoperative Schmerzen zur Folge hat, waren jene Patienten im hier vorliegenden Datensatz von geringeren LBS-Schmerzen geprägt als nach der Arthroskopie.

Wie bereits in Kapitel 5.2.1. angeschnitten, verfügt jeder Patient über eine unterschiedliche psychische Verfassung und insbesondere eine differenzierte Schmerzwahrnehmung. Daher stehen subjektive Erfassungen in Anbetracht des Outcomes grundsätzlich unter einem kritischen Blickwinkel.

Eine gesteigerte Bewegungsamplitude mit einer Wechselbeziehung von Schmerzfreiheit und Kraftfähigkeit der betroffenen Schulter bzw. des Arms charakterisiert automatisch eine verbesserte Funktionsfähigkeit und einen ökonomischeren Armeinsatz im Alltag, wie beispielsweise *Muraki et al., 2008* erwähnen. Im hiesigen Kurzzeitvergleich der jüngsten postoperativen Gruppen konnte jedoch kein Unterschied hinsichtlich der Aktivitäten des täglichen Lebens bzw. Funktionsfähigkeit verzeichnet werden, dennoch konnten deutliche Zugewinne der Kraft (CM-Score) und geringere LBS-Schmerzen (LBS-Score) der mini-open Repair zugesprochen werden. Angesichts der heterogenen Modalitäten Nachmessungszeitpunkt, Patientenalter und Pulley-Läsionsgrad in diesem ersten Untersuchungszeitraum sollten die Ergebnisse differenziert betrachtet werden. Während die Patienten der mini-open-Gruppe mit durchschnittlich 11 Monaten ( $10,72 \pm 1,87$  Mte.) nachuntersucht wurden, lag der mittlere Testzeitpunkt der Arthroskopie-Gruppe bei lediglich 8 Monaten ( $7,78 \pm 2,18$  Mte.). Des Weiteren lag das Durchschnittsalter der arthroskopisch therapierten Patienten mit 60 Jahren (32 - 76 J.) deutlich über dem der mini-open-operierten Patienten mit 51 Jahren (22 – 65 J.) Bereits in Kapitel 2.3. wurden die degenerativen und endokrinen Veränderungen im Alterungsprozess des weichteilgeführten Schultergelenks angeschnitten. Die festgestellten, auffällig schlechteren Score-Ergebnisse infolge der Arthroskopie



können somit möglicherweise auch durch den kürzeren Nachuntersuchungszeitpunkt und / oder das höhere Alter zustande gekommen sein und für einen langfristigeren rehabilitativen Prozess sprechen. Andererseits war in der Arthroskopie-Gruppe die Pulley-Läsionsgröße durchschnittlich kleiner und somit weniger Sehnenanteile betroffen (Pulley II bis IV: n = 13) als in der mini-open-Gruppe (Pulley II bis IV: n = 18), was gemäß den Aussagen von *Kim et al., 2003* und *Baumann et al., 2007* zu besseren Ergebnissen hätte führen sollen. *Kim et al., 2003* zeigten in ihrer Studie einen deutlichen Unterschied im klinischen Outcome bezüglich der Läsionsgröße: große Sehnenläsionen hatten wesentliche Einbußen v.a. im Hinblick auf die Schulterkraft und -funktion. Auch *Baumann et al., 2008* demonstrierten schlechtere CM-Scoreergebnisse, je größer die Pulley-Läsionen vorlagen.

Grundsätzlich kann zusammengefasst werden, dass das Zustandekommen der Resultate im kurzzeitigen Nachuntersuchungszeitraum ungeklärt ist und vielen möglichen Einflussfaktoren unterliegt. Es vermag möglicherweise aufgrund der heterogenen Patientenmodalitäten, einer eindeutigen, schnelleren postoperativen Entwicklung infolge der mini-open-Repair oder aber zufällig erfolgt sein.

#### **5.3.1.3. Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4)**

Entgegen der Tatsache, dass die Patienten infolge mini-open-Repair im jüngsten Nachuntersuchungszeitraum in fast allen Score-Parametern höhere Punktzahlen und somit einen größeren, frühen postoperativen Entwicklungsstand zeigten, waren in diesem mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum hervorragende Fortschritte infolge der Arthroskopie festzustellen. Jene Gruppe wies – außer in der kosmetischen Beurteilung – anhand der Mittelwerte und den häufigsten signifikanten Unterschieden das bessere klinische Outcome insbesondere in puncto CM-Gesamtergebnis, Schmerz (beide Scores), Aktivitäten des täglichen Lebens und Beweglichkeit (CM-Score) sowie der Kraft (LBS-Score) auf.

Die durchgängig besseren Ergebnisse im CM-Score hatten ein signifikantes Gesamtergebnis der arthroskopischen Rekonstruktion von 94,03 % gegenüber der mini-open-Repair von 80,03 % zur Folge. Die Patienten nach einer arthroskopischen Rotatorenmanschettenrekonstruktion im Vergleich zur mini-open-Technik erreichten bei *Keener et al., 2010* lediglich 76 %. Bei *Scheibel et al., 2011* kamen die Patienten infolge einer isolierten arthroskopischen Ankertenodese der LBS nur auf 78,3 % in Gegenüberstellung mit einer arthroskopischen Weichteiltenodese.

Der dem Gesamtergebnis entsprechende postoperative, progressive Heilungsprozess infolge der Arthroskopie zeigte sich weiter in der schmerzfreien Schulter-Armbeweglichkeit und insbesondere der beiden Unterkategorien Anteversion und Abduktion. Die frontale und im Speziellen die laterale Bewegungsamplitude der vollen 180° wurde bereits im mittelfristigen Messungszeitraum von fast allen Patienten infolge der Arthroskopie erreicht, wohingegen die Patienten nach mini-open-Repair noch wesentlich mehr Einschränkungen zeigten. Die Rotationsbewegungen blieben dahingegen zwischen beiden Operationsgruppen unauffällig.

Dass die arthroskopisch therapierten Patienten ihren Arm besser im Alltag – besonders bei Ausübung der Arbeit und Freizeitaktivität – besser einsetzen konnten, zeigten erneut die CM-Scoreparameter der Aktivitäten des täglichen Lebens, Arbeit und Freizeit anhand statistisch ausgewerteter Signifikanzen. In jenen Parametern stellt sich jedoch die Frage nach dem Beruf und Hobby sowie der dabei erforderlichen Schulterbelastung. Der Anspruch der operativ therapierten Schulter kann beispielsweise bei einem Büroarbeitsplatz nicht mit einer handwerklichen Tätigkeit gleichgestellt werden, jedoch besteht im CM-Score keine weitere Spezifizierung, sodass die Ergebnisse hingenommen werden mussten.

Beide Schmerzparameter – sowohl des CM-Scores, als auch hinsichtlich der LBS – zeigten hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen: die Arthroskopie stellte sich in diesem Mittelzeitvergleich als wesentlich schonender und schmerzärmer heraus. Ebenfalls zeigten die mit dem Schmerzempfinden korrelierenden Funktionsparameter Krämpfe und Speed-Test des LBS-Scores, so wie auch das Kraftverhältnis des M. biceps brachii deutliche Abweichungen zugunsten der arthroskopischen Fadenankertenodese.

Somit kann festgestellt werden, dass die im vorherigen Abschnitt erwähnte wechselseitige Beziehung zwischen einer nahezu erreichten Schmerzfreiheit, großer Bewegungsamplitude und Krafffähigkeit im Hinblick auf eine hinreichende Schulterfunktion im hier mittelfristigen postoperativen Nachuntersuchungszeitraum von 13 bis 24 Monaten unmissverständlich auffällig wird und die Argumentation von *Muraki et al., 2008* Bestätigung findet.

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, liegen für die vorliegenden Daten keine direkt vergleichbaren Studien vor, die hinsichtlich der Pulley-Läsion Kurz- bzw. Mittelzeitergebnisse liefern. Lediglich durch *Scheibel et al., 2011* konnten Parallelen gefunden werden mit ähnlichen Modalitäten, wie dem durchschnittlichen Patientenalter und Nachuntersuchungszeitraum, indem die Resultate des CM- sowie LBS-Score bezüglich der Schmerzwahrnehmung, Beweglichkeit und Alltagsfunktionsfähigkeit der Schulter infolge einer arthroskopischen LBS-

Fadenankertenodese mit den hiesigen weitestgehend konvergieren. Das Gesamtergebnis des CM-Scores sowie der LBS-Kraftparameter fiel jedoch deutlich geringer aus, obgleich in jener Untersuchung reine LBS-Tenodesen durchgeführt wurden und nicht wie in der hier vorliegenden Studie weitere Sehnenanteile der Rotatorenmanschette betroffen waren. Somit zeigten die hier arthroskopisch rekonstruierten Pulley-Läsionen überzeugende Ergebnisse. Der Vergleich von *Sauerbrey et al., 2005* zeigte keine Unterschiede im Blick auf Schmerz und Funktion, wobei die Gruppen hinsichtlich ihres durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraumes (arthr. 19 Mte. / mini-open 33 Mte.) äußerst heterogen waren. Dessen ungeachtet, konnten die Resultate der arthroskopischen Rekonstruktion angesichts des deutlich jüngeren postoperativen Messalters mit denen der mini-open Repair standhalten.

Die Patientenmodalitäten Messzeitpunkt, Patientenalter sowie Pulley-Läsionsgrad lagen für diesen mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum auf relativ homogenem Niveau, sodass jene – gegenüber dem Vergleich zwischen den jüngsten Nachuntersuchungsgruppen (Kap. 5.3.1.2.) – keine ausschlaggebenden ergebnisverzerrenden Einflussfaktoren darstellten konnten, andererseits jedoch auf ein deutliches Bild des postoperativen Fortschritts infolge der Arthroskopie hinweisen.

#### **5.3.1.4. Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6)**

In diesem letzten, langfristigen Vergleich wurde ebenfalls anhand von Mittelwerten und Signifikanzen die Dominanz der arthroskopischen Refixation der Pulley-Läsionen deutlich. Neben einem äußerst stark ausgeprägten Unterschied im Gesamtergebnis des CM-Scores richtete sich der Blick auf die Schmerzparameter und zeigte diesbezüglich den Fortschritt der postoperativen Rehabilitation.

Das Patientenkollektiv wies in diesem Querschnitt erneut heterogene Modalitäten hinsichtlich der Geschlechterverteilung (arthr. w = 11, m = 8 / mini-open w = 9, m = 14) sowie leichte Abweichungen des Patientenalters (arthr. 59 / mini-open 52 J.) auf. *Bustami, 2005* notiert, dass Frauen im Kraftparameter häufig nicht die Normalwerte erreicht haben. Diese Aussage trifft mit den hier analysierten Ergebnissen nicht überein, dennoch wurden Parallelen festgestellt, indem es eine Korrelation von Geschlecht und Kraft gibt. Grundsätzlich haben die hier teilgenommenen männlichen Patienten mit höchstem Signifikanzniveau mehr Gewicht gestemmt. Wie bereits erläutert, beschreibt *McLaughlin, 1962* die Rotatorenmanschettenruptur als eine

Erkrankung hauptsächlich des männlichen Geschlechts, was mit dem hier vorliegenden gesamten Datensatz übereinstimmt, jedoch nicht auf die in diesem Querschnittvergleich älteste postoperative Arthroskopiegruppe zutrifft. Daher sollten die entstandenen Ergebnisse insbesondere unter Berücksichtigung des Ungleichgewichts zwischen weiblichen und männlichen Patienten differenziert beurteilt werden.

Im CM-Score Gesamtergebnis kamen die Patienten infolge der arthroskopischen Rekonstruktion (99,23 %) so gut wie an die maximal zu erreichende Punktzahl heran, entgegen den Patienten nach dem mini-open Eingriff (90,68 %), was sich in einer höchst ausgeprägten, statistischen Signifikanz äußerte. Eine solche hohe Punktzahl konnte in keiner Vergleichsstudie gefunden werden und stellt das Langzeitergebnis der Arthroskopie deutlich über das der mini-open-Repair.

Die erreichte weitestgehende Schmerzfreiheit der arthroskopisch therapierten Patienten im Allgemeinen, sowie auch bezüglich der Nachtruhe zeichnete sich dementsprechend im CM-Score jeweils mit hoher Bedeutung und im LBS-Score mit einfachem Signifikanzniveau von der mini-open-Gruppe ab.

Die Schlafverhältnisse der Patienten sollten an dieser Stelle erwähnt und der Bezug auf das Schmerzempfinden hergestellt werden. Aufgrund der nächtlichen Entspannungsphase bzw. Muskelrelaxation erfährt das weichteilgeführte Schultergelenk bei einer unzureichenden Gelenkstabilisierung bzw. -zentrierung keine Kompensation durch die Rotatorenmanschette. Dadurch können unbewusste, nächtliche Bewegungen zu (vorübergehenden) schmerzhaften Folgen mit Erwachen führen, was sowohl der Operationsmethode aber auch den rehabilitativen Maßnahmen zugesprochen werden kann.

Im Langzeitvergleich zwischen arthroskopischer und mini-open-Repair von Rotatorenmanschettendefekten konnten weder *Kim et al., 2003* und *Severud et al., 2003* noch *Sauerbrey et al., 2005* und *Warner et al., 2005* Unterschiede im Outcome in Bezug auf das Schmerzempfinden ermitteln.

### **5.3.2. Längsschnittergebnisse**

Eine eher sekundäre, dennoch wesentliche Intention dieser Studie war die Evaluation der Ergebnisse anhand der Längsschnittvergleiche innerhalb beider Operationsmethoden, die Aufschluss über die differenten Sehneneinheilungs- und

Rehabilitationsphasen geben sollten. Da es sich jeweils um drei unterschiedliche Patientenkollektive innerhalb einer Operationsgruppe handelte, sollte die Interpretation wiederum par force unter dem Blickwinkel der teilweise leicht heterogenen Modalitäten (Geschlecht, Alter, Pulley-Läsionsgrad) erfolgen.

Im zeitlichen Verlauf fielen neben den kennzeichnenden Fortschritten insbesondere in einigen Parametern signifikante Rückschritte auf, die im Folgenden näher definiert werden.

### **5.3.2.1. Arthroskopische Fadenankertenodese (AFT- 1 vs. -3 vs. -5)**

Die häufigsten signifikanten Fortschritte wurden im ersten Vergleich zwischen AFT Gr. 1 vs. 3 gemessen, sodass man aufgrund der Ergebnislage die Rehabilitation innerhalb der ersten postoperativen 24 Monate als die wesentliche und entwicklungsstärkste Phase infolge der arthroskopischen Rekonstruktion schlussfolgern könnte.

Im ersten Längsschnittvergleich konnten sich die Studiengruppen mit hoher Auffälligkeit im Gesamtergebnis des CM-Scores von 84,35 % (AFT Gr. 1) auf 94,03 % (AFT Gr. 2) steigern. Des Weiteren berichteten die Patienten von deutlich verminderten Schmerzen sowohl im Allgemeinen (CM-Score), als auch in Bezug auf den Verlauf der LBS (LBS-Score).

Die Beweglichkeitsparameter des CM-Scores standen in diesem ersten Längsvergleich im Fokus, indem diesbezüglich die größte rehabilitative Entwicklung erkennbar wurde. Die Patienten der mittleren Messgruppe grenzten sich mit z.T. höchst signifikanten Resultaten von denen der jüngsten Studieneinheit ab: schmerzfreie Erreichbarkeit ( $p = 0,021^*$ ), schmerzfreie Beweglichkeit ( $p = 0,001^{***}$ ), Abduktion ( $p = 0,0004^{***}$ ), Außenrotation ( $p = 0,026^*$ ) und Innenrotation ( $p = 0,002^{**}$ ). Ebenfalls in den CM-Scorekonstanten Aktivitäten des täglichen Lebens ( $p = 0,008^{**}$ ) und Kraft ( $p = 0,028^*$ ) konnten signifikante Ergebnisse des Schultergebrauchs verzeichnet werden, sodass man von einer stark ausgeprägten Verbesserung im Alltagsgebrauch der Schulter innerhalb der ersten postoperativen Phase ausgehen kann.

Die wiederum drei leicht heterogenen, möglichen Einflussfaktoren der Patientenmodalitäten stellten die Geschlechter- und Altersverteilung sowie der Pulley-Läsionsgrad dar. In der jüngsten Messgruppe wurden neben Schädigungen der LBS 13 kombinierte partielle artikulärseitige Läsionen der Rotatorenmanschette überwiegend weiblichen Geschlechts gezählt, während die mittlere Studiengruppe

aus 18 kombinierten Pulley-Läsionen hauptsächlich männlicher Studienteilnehmer bestand. Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln ausführlich erläutert, können sowohl Geschlecht und Alter, als auch die Läsionsgröße und -Anzahl eine bedeutsame Rolle im klinischen Outcome in der Gegenüberstellung der jüngsten und mittleren Studieneinheiten genommen haben. Obgleich der Pulley-Läsionsgrad in der mittleren Nachuntersuchungsgruppe größer war, erreichten jene Patienten signifikante Verbesserungen hinsichtlich der Kraft und Funktion (ATL's), was somit den Feststellungen von *Kim et al., 2003* und *Baumann et al., 2007* mit dem hier vorliegenden Datensatz nicht entspricht. Nichtsdestotrotz lag in der mittleren Studiengruppe das Durchschnittsalter zwar etwas unter, dahingegen das Mindestalter von 46 Jahren (Ø 56; 46-72 J.) deutlich über dem der jüngsten Messgruppe (Ø 60; 32-76 J.). Zudem zählte der Geschlechtsanteil mehr Männer, wodurch die ermittelten Ergebnisse beeinflusst sowie bekräftigt werden konnten. In der hiesigen Untersuchung war es jedoch nicht möglich, deren Gewichtung und Korrelation eindeutig zu erfassen, sodass es weiterer Studien bedarf.

In Gegenüberstellung der mittleren und ältesten postoperativen Pulley-Rekonstruktionen waren abermals signifikante, jedoch weniger deutliche Fortschritte zu erkennen.

Im CM-Score verbesserten sich die Patienten der ältesten Arthroskopiegruppe wiederum mit stark ausgeprägtem Signifikanzniveau und erreichten mit 99,23 % nahezu die Maximalpunktzahl im Vergleich zur mittleren Studiengruppe mit 94,03 %.

Des Weiteren standen die Fortschritte hinsichtlich der signifikanten Schmerzminimierung im Blickpunkt zwischen den Mittelzeit- und Langzeitergebnissen. Neben ausnahmslos ungestörten Schlafverhältnissen ( $p = 0,048^*$ ) berichteten die Patienten der ältesten Studiengruppe von nahezu keinen Schmerzen der LBS sowie Druckschmerzen ( $p = 0,037^* / 0,024^*$ ) zu empfinden.

An dieser Stelle sei zu erwähnen, dass insbesondere der Vergleich der Mittel- und Langzeitergebnisse nicht ausschließlich Fortschritte in der postoperativen Rehabilitation verzeichnete. Die Gegenüberstellung machte überdies Stagnationen und sogar leichte Rückschritte – wenn auch sehr gering ausgeprägt – in den Konstanten der Schulterfunktion (CM-Score: Arbeit, Freizeit, Abduktion; LBS-Score: Krämpfe, Kraft) deutlich. Jene lassen sich durch die vorliegenden Daten nicht endgültig analysieren und bieten dementsprechend ein großes, allumfassendes Feld von Erklärungsansätzen, wie beispielsweise psychische und alltagsabhängige Faktoren.

Die Patientenmodalitäten lagen in diesem zweiten Längsschnittvergleich auf relativ homogener Ebene, sodass sie kaum Ergebnisverzerrungen veranlassen konnten, jedoch konnte der vorliegende Datensatz aufgrund der kleinen Patientenzahl aller Subgruppen (+/- 20) die Reproduzierbarkeit nicht garantieren.

Grundsätzlich jedoch bot die Ergebnislage die Annahme großer Fortschritte bezüglich der Alltagsfähigkeit, bestimmt durch eine verbesserte Krafftähigkeit und insbesondere einer gesteigerten Bewegungsamplitude der arthroskopisch rekonstruierten Pulley-Läsion in den ersten postoperativen 24 Monaten. Die anschließenden 3. und 4. postoperativen Jahre waren entscheidend geprägt von weiteren, deutlich abgeschwächten Schmerzen.

#### **5.3.2.2. Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6)**

Von größter Auffälligkeit im Längsverlauf der mini-open Methode zeugten die Leistungsminderungen im Vergleich zwischen den jüngsten und mittleren postoperativen Pulley-Rekonstruktionen, die in einigen Parametern von hohem Signifikanzniveau geprägt waren. Im zweiten Vergleich zwischen den Mittel- und Langzeitergebnissen relativierten sich die Resultate, sodass teilweise wieder positiven Signifikanzen analysiert wurden.

Im Längsvergleich zwischen den postoperativ jüngsten und mittleren Patienten verwies die statistische Datenanalyse anhand der arithmetischen Mittelwerte in ausschließlich jedem Parameter auf Rückschritte der Mittelzeitergebnisse. Die signifikanten Leistungsabschwächungen wurden im CM-Score durch das Gesamtergebnis ( $p = 0,029^*$ ) und der schmerzfreien Beweglichkeit ( $p = 0,013^*$ ) sowie deren Unterkategorie der Außenrotation ( $p = 0,016^*$ ) präsentiert. Im LBS-Score zeigten sich die auffälligsten negativen Signifikanzen wiederum im Gesamtergebnis ( $p = 0,012^*$ ), im Parameter Krämpfe ( $p = 0,047^*$ ) und im Speed-Test ( $p = 0,032^*$ ). Die Unterkategorie LBS-Schmerz ( $p = 0,009^{**}$ ) sowie die Kraft ( $p = 0,009^{**}$ ) offenbarten sogar stark ausgeprägte, negative Signifikanzen.

Der Blick auf die beiden Patientenkollektive lässt eine lediglich geringfügige Heterogenität des Mindestalters sowie die Pulley-Läsionsgröße zu: In der jüngsten Studiengruppe zählte die Spannweite 22 bis 65 Jahre bei 18 kombinierten artikulareitigen Rotatorenmanschettenläsionen. In der mittleren Subgruppe lag das Alter zwischen 37 und 67 Jahren und zählte 20 große Pulley-Läsionen. Daher kann

die Ergebnislage kaum anhand jener Modalitäten begründet werden und bietet Raum für weitere Störfaktoren wie beispielsweise den ausführlich o.g. Deklarationen oder lediglich dem Zufallsprinzip. Letzterem kann zunehmend Bedeutung zugesprochen werden, da bereits im frühen Querschnittsvergleich der beiden operativen Methoden (AFT Gr. 1 vs. MOFT Gr. 2) das Outcome zugunsten der mini-open Repair deutlich besser ausfiel – nebst allen Thesen des größeren invasiven Eingriffs und deren Folgen – sowie wiederum im internen Operationsgruppen-Längsschnitt (MOFT Gr. 2 vs. 4) die jüngsten postoperativen mini-open-Rekonstruktionen auffallend stärker waren. Man könnte jedoch auch einfach auf schlechte Resultate der Patienten im mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum (MOFT Gr. 4) schließen.

Der zweite Vergleich der Mittel- und Langzeitergebnisse zeugte gegenüber dem ersten Längsschnitt von einer durchgängig positiven Entwicklung infolge des mini-offenen Eingriffs.

Im CM-Score verbesserte sich das Gesamtergebnis ( $p = 0,050^*$ ), genauso wie die Alltagsfähigkeit (ATL's;  $p = 0,050^*$ ) und deren Unterkategorie Freizeitaktivität ( $p = 0,023^*$ ) signifikant. Ebenfalls konnten Fortschritte hinsichtlich der schmerzfreien Beweglichkeit ( $p = 0,030^*$ ) sowie der beinhaltenden Außenrotation ( $p = 0,014^*$ ) notiert werden. Im LBS-Score präsentierte sich lediglich der Parameter Krämpfe ( $p = 0,038^*$ ) auffallend.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass das Rezidiv zwischen den jüngsten und mittleren nachuntersuchten Patienten infolge der mini-open Pulley-Rekonstruktion anhand der ermittelten Daten nicht geklärt werden konnte. Hierfür gibt die aktuelle Literatur keine analogen Auskünfte. Die produzierten Kurz- und Langzeitergebnisse (MOFT Gr. 2 vs. 6) offerierten ähnliche Ergebnisse, sodass sogar die statistische Analyse zwischen der jüngsten und ältesten postoperativen Studieneinheit mittels Mann-Whitney-U-Test in keinem Parameter des CM- und LBS-Scores signifikanten Entwicklungen brachte. Dementsprechend sind die erhobenen Datensätze bedenklich und möglicherweise dem Zufall unterlegen, entgegen der strengen Identifikationskriterien und Erhebungsinstrumentarien.



#### 5.4. Fazit und Perspektiven

Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden 120 Patientendaten mit überwiegend größeren Pulley-Läsionen (Grad II bis IV) in Kombination mit partiellen artikulärseitigen Rotatorenmanschettendefekten, hauptsächlich männlichen Geschlechts und einem Durchschnittsalter von 55 Jahren stimmen mit den Aussagen mehrerer Autoren (s.o.) überein, die sowohl Läsionen des Pulley-Systems und Rotatorenmanschetten, als auch Pathologien der LBS untersucht haben.

Da in der aktuellen Literatur noch keine vergleichbaren Daten von arthroskopischer vs. mini-open Repair (insbesondere der Fadenankertenodese) von Pulley-Läsionen vorhanden sind, war es unmöglich, direkte Vergleiche aufzustellen. Die hier erwähnten, vergleichbaren Aussagen bezogen sich zum einen auf isolierte Rekonstruktionen von Rotatorenmanschetteläsionen oder aber der LBS und zum anderen auf die Ätiologie von Pulley-Läsionen. Andererseits ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass jene Ein- und Ausschlusskriterien – wie beispielsweise partielle oder Totalrupturen, diverse Begleitpathologien und die Anwendung unterschiedlicher Techniken – im Gegensatz zu der hiesigen Studie nicht immer streng bestimmt waren, sodass es möglicherweise zu Ergebnisverzerrungen kommen konnte.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass hinsichtlich der strikt definierten Identifikationskriterien in der vorliegenden Studie keine ergebnisverzerrenden Störgrößen zu kritisieren waren. Jedoch bildeten die Patientenmodalitäten – v.a. Geschlechterverteilung, Pulley-Läsionsgröße und Durchschnittsalter – sowohl in der Gegenüberstellung der Operationsmethoden im Gesamten, als auch in den Kurz-, Mittel- und Langzeitvergleichen der Subgruppen keine gänzliche Homogenität. Somit muss die Ergebnisinterpretation kritisch betrachtet werden.

Die Gegenüberstellung beider Operationsverfahren im Gesamten zeigte eine deutliche Schmerzreduktion und gesteigerte Funktionsfähigkeit der therapierten Schulter infolge der arthroskopischen Fadenankertenodese. Die mini-open Repair präsentierte dahingegen ein signifikant besseres Outcome der Kosmetik, welches sich auch durchgängig in den Vergleichen der Kurz-, Mittel- und Langzeitergebnisse zeigte, jedoch nicht stark auffällig äußerte. Die Kurzzeitergebnisse demonstrierten insbesondere anhand der Beweglichkeitsparameter eine frühzeitige Heilungsprozedur infolge der mini-open Fadenankertenodese, während sich im Mittelzeitvergleich die Arthroskopie mittels Aktivitäten des täglichen Lebens, Beweglichkeit und Schmerzminderung durchsetzte. Der Langzeitvergleich war geprägt von erneuter,

signifikanter Schmerzreduktion der Arthroskopiegruppe. Die Kraftparameter beider Scoresysteme sind zu vernachlässigen, da sich kein einheitliches Bild zeigte.

Der Längsschnittvergleich der arthroskopischen Operationsmethode äußerte sich konstant ansteigend, wobei die größten Heilungsprozesse innerhalb der ersten 24 Monate von statten gingen – insbesondere hinsichtlich der Bewegungs- und Funktionsfähigkeit sowie Schmerzwahrnehmung. In den darauffolgenden zwei Jahren wurde erneut eine deutliche Schmerzreduktion erkennbar.

Infolge der mini-open Fadenankertenodese konnte in den Kurzzeitergebnissen äußerst gute Effekte v.a. in Bezug auf die Beweglichkeit notiert werden. Die postoperative Mittelzeitgruppe zeigte jedoch teilweise signifikante Rückschritte in allen Erhebungskonstanten. Jene Leistungsregression wurde von der Langzeitgruppe insbesondere bezüglich der Beweglichkeit und Funktion relativiert. Jenes Zustandekommen konnte in der hiesigen Studie aufgrund der Datenlage nicht abschließend geklärt werden.

Eine Konsequenz für Patienten mit dem Hintergrund einer verkürzten rehabilitativen Physio- und Trainingstherapie konnten die vorliegenden Daten nicht liefern. Ebenso wenig wie die damit verbundenen Kosten der Krankenkassen.

Grundsätzlich zeigten beide Operationsverfahren gute bis ausgezeichnete Ergebnisse. Die besondere Stärke der vorliegenden Erhebung implizierte, dass äußerst exakt definierte Identifikationskriterien Anwendung gefunden haben, die diesbezügliche Ergebnisverzerrungen ausschließen konnten. Festzustellen ist jedoch, dass aus Gründen der zu kleinen Patientenzahl und teilweisen Heterogenität (hinsichtlich des Alters, Pulley-Läsionsgrad und der Geschlechterverteilung) in den Kurz-, Mittel- und Langzeitgruppen das klinische Outcome im zeitlichen, rehabilitativen Prozess nicht exakt ermessen werden konnte. Demnach sind weitere konfirmatorische Studien nötig, um insbesondere im Rahmen des Zeitfaktors, endgültige Schlüsse hinsichtlich einer der beiden operativen Maßnahmen zu eruieren.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

Pulley-Läsionen sind eine pathologische intrinsische oder extrinsische Veränderung eines oder mehrerer Anteile der Rotatorenintervallschlinge, die den Führungsapparat der LBS bildet. Jene Schädigungen des Pulley-Systems und deren operative Therapiemethoden zählen bislang noch als Minorität unter den eruierten Schultererkrankungen. Ziel dieser Erhebung war es, die minimalinvasive arthroskopische Fadenankertenodese sowie die etwas größere mini-open Fadenankertenodese gegenüber zu stellen und jene hinsichtlich ihres klinischen Outcomes zu vergleichen. Fokussiert wurden dabei die Beweglichkeit und Kraft, das kosmetische Ergebnis sowie die subjektive Schmerzwahrnehmung.

In dieser retrospektiven, nicht randomisierten Studie wurden unter Anwendung von streng definierten Identifikationskriterien der Datensatz von 120 Patienten mit der Hauptpathologie der Pulley-Läsion (Grad I bis IV) und kombinierter Läsion der LBS rekrutiert, die zwischen September 2006 und März 2011 in den Privatkliniken Ortho-Klinik Rhein/Main (Offenbach) und Ortho-Mainfranken (Würzburg) eine operative Therapie erhielten.

Im Rahmen einer postoperativen Untersuchung erfolgte die Datenerhebung anhand von zwei standardisierten Fragebögen (Constant-Murley- und Langer-Bizepssehnscore), sonographischen Aufnahmen sowie gegebenenfalls zusätzlicher Informationen aus den Patientenakten.

Das Patientenkollektiv umfasste insgesamt 8,3 % Pulley-I-Läsionen, 33,3 % Pulley-II-, 43,3 % Pulley-III- und 15,0 % Pulley-IV-Läsionen mit einem mittleren Alter von  $55,19 \pm 10,10$  Jahren und einer Geschlechterverteilung von 42,5 % weiblichen und 57,5 % männlichen Studienteilnehmern. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich nach  $20,97 \pm 11,07$  Monaten statt, wobei die beiden Operationsgruppen bezüglich der Nachuntersuchungs-Zeitspannen in die Chroniken 4 bis 12 Monate (Kurzzeit), 13 bis 24 Monate (Mittelzeit) und 25 bis 48 Monate (Langzeit) unterteilt wurden, um differenziertere Ergebnisse zu erhalten.

Im Outcome der beiden Operationsverfahren im Gesamten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Gesamtergebnissen des Constant-Murley- und Langer-Bizepssehnscores, jedoch äußerten die Patienten infolge der arthroskopische Fadenankertenodese deutlich weniger Schmerzen (CM- und LBS-Score). Ebenfalls konnte bei jenen Patienten eine gesteigerte Schulter-Armfunktion

(CM-Score) festgestellt werden. Die herausragenden Ergebnisse nach der mini-open Pulley-Rekonstruktion zeigten sich hinsichtlich des kosmetischen Outcomes (LBS-Score).

Der Kurzzeitvergleich zeigte hauptsächlich eine schneller erlangte Beweglichkeit der mini-open Tenodesegruppe. Weitere signifikante Unterschiede offenbarten sich bezüglich der Kraft (CM-Score) sowie im LBS-Score Gesamtergebnis und LBS-Schmerzen. Obwohl nicht jeder Parameter statistisch signifikante Unterschiede aufwies, zeigten jene Patienten anhand der erfassten Mittelwerte in nahezu allen Parameter eine entwicklungsstärkere Rehabilitation.

In den beiden späteren zeitlichen Gegenüberstellungen wiesen dahingegen jeweils die Patienten der Arthroskopiegruppe deutlich bessere Ergebnisse auf und erzielten jeweils hoch signifikante Unterschiede im CM-Score Gesamtergebnis. Im Mittelzeitvergleich zeigten sich daneben überwiegend große Fortschritte hinsichtlich der Beweglichkeit (CM-Score) sowie der Funktionsfähigkeit und Schmerzwahrnehmung (jew. CM- und LBS-Score), aber auch im Kraftparameter (LBS-Score). Im Langzeitvergleich war zusätzlich noch die signifikante Gruppenabweichung in Bezug auf die Schmerzreduktion (CM- und LBS-Score) auffällig.

Obgleich sich der Kosmetikparameter auf kurzer, mittlerer sowie langer Zeitebene statistisch nicht als signifikant erwies, kann man dennoch beobachten, dass die Patienten infolge der mini-open Fadenankertenodese stets von besseren Ergebnissen geprägt waren, indem höhere Mittelwerte erreicht wurden.

Im Längsschnittvergleich zwischen der jüngsten und mittleren Studieneinheit der arthroskopischen Pulley-Rekonstruktionen konnten die meisten Signifikanzen in den Bereichen Beweglichkeit, Funktionsfähigkeit und Schmerzminimierung festgestellt werden. Der zweite Vergleich der Mittel- und Langzeitergebnisse wurde erneut eine deutliche Reduktion des Schmerzbildes erkennbar.

Infolge der mini-open Fadenankertenodese präsentierte sich das Outcome im Längsverlauf äußerst auffällig, da in den Kurzzeitergebnissen sehr gute Effekte v.a. in Bezug auf die Beweglichkeit notiert werden konnten. Dahingegen zeigten die Ergebnisse der Mittelzeitgruppe teilweise signifikante Rückschritte in ausschließlich jedem Parameter der beiden Scores. Die Langzeitergebnisse lagen etwa auf dem Niveau der ersten Gruppe, sodass die Entwicklungskurve wieder anstieg.

Als wesentliche Effekte dieser Studie konnte festgestellt werden, dass die mini-open Fadenankertenodese zu optisch besseren Resultaten (obgleich jene nicht

durchgängig Signifikanz zeigten) und einer niedrigeren Versagensquote geführt hat, als die konkurrierende arthroskopische Methode. Somit kann eine der eingangs festgelegten Arbeitshypothesen (H5; Kap. 1.3.) verifiziert werden.

Des Weiteren führte dahingegen die arthroskopische Fadenankertenodese postoperativ zu deutlich weniger Schmerzen in Gegenüberstellung zu den mini-open Pulley-Rekonstruktionen, womit eine weitere Arbeitshypothese (H1; Kap. 1.3.) bestätigt werden konnte. Somit sind zwei der eingangs festgelegten fünf Arbeitshypothesen bestätigt worden.

Die Nullhypothese, die keinen Unterschied zwischen den beiden angewandten Operationsmethoden implizierte, konnte falsifiziert werden. Dennoch wurden hinsichtlich der verbleibenden hypothesenrelevanten Parameter Kraft, Beweglichkeit und Alltags- bzw. Schulterfunktionsfähigkeit aufgrund des vorliegenden Datensatzes jedoch keine endgültigen Aussagen festgestellt.

---

## 7. LITERATURVERZEICHNIS

**Bankes M., Crossmann J., Emery R. (1998)** A standard method of shoulder strength measurement for the Constant score with a spring balance. *J Shoulder Elbow Surg* 7(2): 116-121

**Bartl C., Imhoff A.B. (2007)** Die isolierte Subscapularissehnenruptur. *Orthopäde* 36: 848-854

**Bauer G., Löbig C. (2011)** Arthroskopische Versorgungsstrategien der langen Bizepssehne. *Orthopäde* 40: 6-12

**Baumann B., Genning K., Böhm D., Rolf O., Gohlke F. (2008)** Arthroscopic prevalence of pulley lesions in 1007 consecutive patients. *J Shoulder Elbow Surg* 17(1):14-20

**Bennett W. (2001)** Visualization of the anatomy of the rotator interval and bicipital sheath. *Arthroscopy* 17(1): 107-11.

**Bennett W. (2009)** Correlation of the SLAP lesion with lesions of the medial sheath of the biceps tendon and intraarticular subscapularis tendon. *Indian J Orthop* 43(4): 342-346

**Bös K., Hänsel F., Schott N. (2004)** Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft (2. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Hamburg: Czwalina

**Bortz J. (2005)** Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler (6. vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Heidelberg: Springer

**Braun S., Horan M., Elser F., Millett P. (2011)** Lesions of the Biceps Pulley. *Am J Sports Med* 39(18): 790

**Buess E., Steuber K.U., Waibl B. (2005)** Open Versus Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Comparative View of 96 Cases. *Arthroscopy* 21(5): 597-604

**Bustami B. (2005)** Der Constant-Murley-Score als Fragebogen – Stellenwert bei der Nachbehandlung von Patienten nach ESWT bei Tendinosis calcarea der Schulter. Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität München

**Choi C.H., Kim S.K., Jang W.C., Kim S.J. (2004)** Biceps Pulley Impingement. Arthroscopy 20(6) 80-83

**Constant C.R., Murley A.H. (1987)** A clinical method of functional assessment of the shoulder. Clin Orthop Relat Res (214): 160-164

**Constant C.R. (1991)** Schulterfunktionsbeurteilung. Orthopäde 20: 289-294

**Cowling P., Gamble A., Rangan A. (2010)** The use of shoulder ultrasound in a one-stop clinic: diagnostic accuracy for rotator cuff tear and biceps tendon pathology. J Shoulder Elbow 3: 13-16

**Der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (2010)**  
Zugriff am 18.02.2010: [www.bfdi.bund.de](http://www.bfdi.bund.de)

**Deutsche Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e.V. (2009)**. Zugriff am 09.05.2009: [www.dvse.info](http://www.dvse.info)

**Ebenhöh J. (2005)** Einfluss einer LBS-Tenodese auf das Ergebnis einer Rotatorenmanschettenrekonstruktion. Eine Matched-Pair-Analyse von Patienten mit bzw. ohne LBS-Tenodese. Dissertation der Medizinischen Fakultät der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg

**Echtermeyer V., Bartsch S. (2005)** Praxisbuch Schulter (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme

**Echtermeyer V., Sangmeister M. (1996)** Praxisbuch Schulter: Erkrankungen und Verletzungen systematisch diagnostizieren, therapieren, begutachten. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag

**Einsingbach T., Klümper A., Biedermann L. (1992)** Sportphysiotherapie und Rehabilitation (2. Auflage). Stuttgart, New York: Georg Thieme

**Eulert J., Hedtmann A. (1996)** Das Impingement-Syndrom der Schulter. Stuttgart-New York: Georg Thieme

**European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (2009)**. Zugriff am 13.12.2009: [www.secec.org](http://www.secec.org), "22nd Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow"

**Faller A., Schünke M. (2004)** Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion (14. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme

**Fenske M., Frey M. (2005)** Einführung Schulter: Operationsvermeidende Orthopädie. Grundlagen – Befunderhebung – konservative Behandlung (2. Auflage). Berlin: Optimo-Reha-Akademie

**Forsythe B., Guss D., Anthony S., Martin S. (2010)** Concomitant Arthroscopic SLAP and Rotator Cuff Repair. J Bone Joint Surg Am 92: 1362-1369

**Frisch H. (1995)** Programmierte Therapie am Bewegungsapparat: Chirotherapie. Berlin, Heidelberg: Springer

**Frost A., Zafar M., Maffulli N. (2009)** Tenotomy Versus Tenodesis in the Management of Pathologic Lesions of the Tendon of the Long Head of the Biceps Brachii. Am J Sports Med 37(4): 828-833

**Gerber C., Fuchs B., Hodler J. (2000)** The results of repair of massive tears of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Am 82A: 505-515

**Gohlke F., Hedtmann A. (2002)** Orthopädie und orthopädische Chirurgie, Stuttgart: Georg Thieme

**Gohlke F., Rolf O., Böhm D. (2007)** Offene Rekonstruktion der Rotatorenmanschette. Orthopäde 36: 834–847

**Habermeyer P. (1995)** Die operative offene Therapie der Rotatorenmanschette. Orthopäde 24: 512-528



**Habermeyer, P. (2002)** Schulterchirurgie (3. Auflage). München, Jena: Urban & Fischer

**Habermeyer P. (1989)** Sehnenrupturen im Schulterbereich. Orthopäde 18(4) 257-266

**Habermeyer P., Magosch P., Pritsch M., Scheibel M.T., Lichtenberg S. (2004)**

Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. J Shoulder Elbow Surg 13(1): 5-12

**Harryman D., Sidles J., Harris S., Matsen F. (1992)** The role of the rotator interval capsule in passive motion and stability of the shoulder. J Bone Joint Surg Am 74(1):53-66.

**Hauser-Bischof C. (2003)** Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart: Georg Thieme

**Hedtmann A. (1990)** Degenerative Schultererkrankungen: Diagnostik, konservative und operative Therapie, Begutachtung. Stuttgart: Enke

**Hedtmann A., Fett, H (1995)** Schultersonographie bei Subakromialsyndrom mit Erkrankungen und Verletzungen der Rotatorenmanschette. Orthopäde 24: 498-508

**Heers H., Heers G. (2007)** Konservative Therapie bei Rotatorenmanschettendefekten. Orthopäde 36: 817-824

**Heisel J., Jerosch J. (2009)** Die Schulter – Rehabilitation nach Verletzungen und operativen Eingriffen. München: Pflaum

**Helbig B., Blauth W. (1986)** Hefte zur Unfallheilkunde (Nr. 180): Schulterschmerzen und Rupturen der Rotatorenmanschette. Berlin, Heidelberg: Springer

**Held M. (2008)** Anterosuperiores Impingement der Schulter als Folge von Pulley-Läsionen: Verletzungsmuster und arthroskopische Therapie. Eine prospektive Untersuchung. Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität München

**Henn R.F., Kang L., Tashjian R.Z., Green A. (2007)** Patients' Preoperative Expectations Predict the Outcome of Rotator Cuff Repair. J Bone Joint Surg Am 89: 1913-1919

- Hildebrandt G. (1990)** Physikalische Medizin: Bd.1. Physiologische Grundlagen, Thermo- und Hydrotherapie, Balneotherapie und medizinische Klimatologie. Stuttgart: Hippokrates
- Hochschild J. (2005)** Strukturen und Funktionen begreifen: Funktionelle Anatomie – Therapierelevante Details. Bd. 1. Grundlagen zur Wirbelsäule, HWS und Schädel, BWS und Brustkorb, Obere Extremität (3. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme
- Ide J., Maeda S., Takagi K. (2005)** A Comparison of Arthroscopic and Open Rotator Cuff Repair. *Arthroscopy* 21(9): 1090-1098
- Jungermann M., Gumpert N. (2008)** Online-Patienten-Informations-Service, Die optimale Therapie des Rotatorenmanschettenrisses. Taunusstein
- Kapandji I.A. (1999)** Funktionelle Anatomie der Gelenke: schematisierte und kommentierte Zeichnungen zur menschlichen Biomechanik. Bd. 1. Obere Extremität (3. Auflage). Stuttgart: Hippokrates
- Keener J., Wei A., Kim H.M., Paxton E., Teefey S., Galatz L., Yamaguchi K. (2010)** Revision Arthroscopic Rotator Cuff Repair: Repair Integrity and Clinical Outcome. *J Bone Joint Surg Am* 92: 590-598
- Kettler M., Kurtoglu E., Grifka J., Tingart M. (2007)** Die arthroskopische Rotatorenmanschettennaht. *Orthopäde* 36: 862-867
- Kilicoglu O., Koyuncu O., Demirhan M., Esenyel C., Atalar A., Ozsoy S., Bozdog E., Sunbuloglu E., Bilgic B. (2005)** Time-Depend Changes in Failure Loads of 3 Biceps Tenodesis Techniques. *Am J Sports Med* 33(10): 1536-1544
- Kim S.H., Ha K.I., Park J.H., Kang J.S., Oh S.K., Oh I. (2003)** Arthroscopic versus Mini-Open Salvage Repair of the Rotator Cuff Tear: Outcome Analysis at 2 to 6 Years' Follow-up. *Arthroscopy* 19(7): 746-754
- Kolster B., Ebel-Paprotny G. (1996)** Leitfaden Physiotherapie: Befund und Techniken, Behandlung und Rehabilitation (2. Auflage). Neckarsulm, Lübeck, Ulm: Jungjohann

**Krämer K.L., Maichl F.P. (1993)** Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in der Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart, New York: Thieme

**Kupsch A., Kessler M.A., Weis M., Imhoff A. (2007)** Entwicklung von Patientenfragebögen zur Selbsterfassung der Schulterfunktion. Unfallchirurg 110(2): 111-115

**Kusma M., Dienst M., Eckert J., Lorbach O., Kohn D. (2007)** Arthroskopische und offene Techniken der Tenodese der langen Bizepssehne. Obere Extremität 2: 124-129

**Lafosse L., Reiland Y., Baier G.P., Toussaint B., Jost B. (2007)** Anterior and posterior instability of the long head of the biceps tendon in rotator cuff tears: a new classification based on arthroscopic observations. Arthroscopy 23(1): 73-80

**Le Huec J.C., Schaeffer T., Moinard M., Kind M., Diard F., Dehais J., Le Rebeller A. (1996)** Traumatic tear of the rotator interval. J Shoulder and Elbow Surg 5(1): 41-6

**Lichtenberg S., Habermeyer P., Magosch P. (2008)** Atlas Schulterarthroskopie. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer

**Lim T.K., Moon E.S., Koh K.H., Yoo J.C. (2011)** Patient-Related Factors and Complications After Arthroscopic Tenotomy of the Long Head of the Biceps Tendon. Am J Sports Med 39(4): 783-789

**Löhr J.F., Uhthoff H.K. (2007)** Epidemiologie und Pathophysiologie der Rotatorenmanschettenrupturen. Orthopäde 36: 788-795

**Loits D., Klonz A. (2011)** Läsionen der Bizepssehnen am Oberarm. Unfallchirurg 114: 47-54

**Lorbach O., Kieb M., Grim C., Engelhardt M. (2010)** Proximale und distale Ruptur des M. biceps brachii. Orthopäde 39: 1117-1122

**Lüring C., Diedrich O., Köck F.X., Grifka J., Tingart M. (2007)** Aktuelle operative Therapiestrategien der Rotatorenmanschettenruptur an deutschen Kliniken. Orthopäde 36: 810-8116

**Mc Laughlin H. L. (1962)** Rupture of the Rotator Cuff. J Bone Joint Surg 44A: 979-983

**Millar N., Tantau R., Murrell G. (2009)** Open versus Two Forms of Arthroscopic Rotator Cuff Repair. Clin Orthop Relat Res 467: 966-978

**Muraki T., Aoki M., Ohsiro S., Miyamoto H., Uchiyama E., Miyamoto S., Tatsumi H. (2008)** The range of glenohumeral joint motion in activities of daily living after rotator cuff repair: a cadaveric biomechanical study. PubMed, PMID: 18585063

**O'Connor P.J., Rankine J., Gibbon W.W., Richardson A., Winter F., Miller J.H. (2005)** Interobserver Variation in Sonography of the Painful Shoulder. J Clin Ultras 33(2): 53-56

**Osti L., Papalia R., Paganelli M., Denaro E., Maffulli N. (2010)** Arthroscopic vs. mini-open rotator cuff repair: A quality of life impairment study. International Orthopaedics 34: 389-394

**Ozbaydar M., Chung S., Diller D., Warner J.J.P. (2007)** Die arthroskopische Rekonstruktion der Rotatorenmanschette. Orthopäde 36: 825-833

**Pruchhorst R. (2001)** Klinische und sonographische Mittel- und Langzeitergebnisse nach konservativer und operativer Therapie nach Partialrupturen der Rotatorenmanschette – eine Vergleichsstudie. Dissertation der Ruhr-Universität Bochum – Abteilung Orthopädie

**Pschyrembel – Klinisches Wörterbuch (2004)** (260. Auflage) Berlin: Walter de Gruyter

**Rappold N.S. (2009)** Operationstechnik nach L'Episcopo zur Wiederherstellung der Schulterfunktion bei posterosuperioren Rotatorenmanschettenrupturen (eine Langzeitstudie). Dissertation der Medizinischen Fakultät München

**Reichert B. (2003)** Anatomie in vivo: palpieren verstehen; Stuttgart: Hippokrates

**Resch H., Sperner G., Beck E. (1989)** Hefte zur Unfallheilkunde (Nr. 206):  
Verletzungen und Erkrankungen des Schultergelenks. Berlin, Heidelberg:  
Springer

**Roos C. (2009)** SLAP-Läsionen: Klinische Ergebnisse 35 Monate nach  
arthroskopischer Refixation mittels transglenoidaler PDS-Nähte in Caspari-Technik.  
Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität Freiburg i.Br.

**Sauerbrey A., Getz C., Pincastelli M., Ianotti J., Ramsey M., Williams G. (2005)**  
Arthroscopic versus Mini-Open Rotator Cuff Repair: A Comparison of Clinical  
Outcome. *Arthroscopy* 21 (12): 1415-1420

**Scheibel M., Habermeyer P. (2005)** Aktuelle klinische Untersuchung der Schulter.  
*Orthopäde* 34: 267-284

**Scheibel M., Schröder R.J., Chen J., Bartsch M. (2011)** Arthroscopic Soft Tissue  
Tenodesis vs. Bony Fixation Anchor Tenodesis of the Long Head of the Biceps  
Tendon. *Am J Sports Med* 39(5): 1046

**Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K. (2007)**  
Prometheus – Lernatlas der Anatomie (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme

**Severud E., Ruotolo C., Abbott D., Nottage W. (2003)** All-Arthroscopic versus Mini-  
Open Rotator Cuff Repair: A Long Term Retrospective Outcome Comparison.  
*Arthroscopy* 19(3): 234-238

**Shank J., Singleton S., Braun S., Kissenberth M., Ramappa A., Ellis H., Decker  
M., Hawkins R., Torry M. (2011)** A Comparison of Forearm Supination and Elbow  
Flexion Strength in Patients with Long Head of the Biceps Tenotomy or Tenodesis.  
*Arthroscopy* 27(1): 9-16

**Speer K. (2005)** Injury Prevention and Rehabilitation for Active Older Adults. USA:  
Sheridan Books

**Staubesand J., Fleischhauer K., Zenker W. (1985)** Benninghoff Anatomie – Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen: Cytologie, Histologie, allg. Anatomie und Anatomie des Bewegungsapparates (14. Aufl.). Urban und Schwarzenberg

**Tingart M., Grifka J. (2007)** Läsionen der Rotatorenmanschette. Orthopäde 36: 787

**Tingart M., Apreleva M., Lehtinen J., Zurakowski D. (2004)** Anchor Design an Bone Mineral Density Affect the Pull-out Strength of Suture Anchors in Rotator Cuff Repair. Am J Sports Med 32 (6): 1466-1473

**Valerius K.P., Frank A., Kolster B., Hirsch M., Hamilton C., Lafont E. (2006)** Das Muskelbuch: Funktionelle Darstellung der Muskeln des Bewegungsapparates (2. Auflage). Marburg: Dr. Kolster Produktions- und Verlags-GmbH

**Verma N., Dunn W., Adler R., Cordasco F., Allen A., MacGillivray J., Graig E., Warren R., Altchek D. (2006)** All-Arthroscopic Versus Mini-Open Rotator Cuff Repair: A Retrospective Review With Minimum 2-Year Follow-up. Arthroscopy 22(6): 587-594

**Walch G., Nove-Josserand L., Boileau P., Levigne C. (1998)** Subluxations and dislocations of the tendon of the long head of the biceps. J Shoulder Elbow Surg; 7(2): 100-8.

**Warner J., Tétreault P., Lehtinen J., Zurakowski D. (2005)** Arthroscopic versus Mini-Open Rotator Cuff Repair: A Cohort Comparison Study; Arthroscopy 21(3): 328-332

**Weishaupt D., Zanetti M., Tanner A., Gerber C., Hodler J. (1999)** Lesions of the reflection pulley of the long biceps tendon. MR arthrographic findings. Invest Radiol 34(7): 463-9

**Werner A., Ilg A., Schmitz H., Gohlke F. (2003)** Tendinitis of the long head of biceps tendon associated with lesions of the "biceps reflection pulley". Sportverletz Sportschaden 17(2): 75-79

**Werner A., Müller T., Böhm D., Gohlke F. (2000)** The Stabilizing Sling for the Long Head of the Biceps Tendon in the Rotator Cuff Interval. Am J Sports Med 28(1): 28-31

**Witt A.N., Rettig H., Schlegel K.F. (1982)** Orthopädie in Praxis und Klinik; Bd. 6: Spezielle Orthopädie – obere Extremität. Teil 2: Lokalisierte Erkrankungen (2. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme

**Wittstein J., Queen R., Abbey A., Moorman C. (2010)** Isokinetic testing of biceps strength and endurance in dominant versus nondominant upper extremities. J Shoulder Elbow Surg 19: 874-877

**Youm T., Murray D., Kubiak E., Rokito A., Zuckermann J. (2005)** Arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: A comparison of clinical outcomes and patient satisfaction. J Shoulder Elbow Surg 14(5): 455-459

**Zanetti M., Pfirrmann C.W.A. (2004)** Bizepsprobleme: Ultraschall, Magnetresonanztomographie und MR-Arthrographie. Radiologe 44: 591-596

**Zimbardo P., Gerrig R. (2004)** Psychologie – Eine Einführung (16. aktualisierte Auflage). Pearson Studium

[www.maitrise-orthop.com](http://www.maitrise-orthop.com); Zugriff am 15.12.2011

[www.shoulderdoc.co.uk](http://www.shoulderdoc.co.uk), Zugriff am 08.12.2011

## 8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1.:	Schultergelenk – Die artikulierenden Skelettelemente eines rechten Schultergelenks links: Ansicht von ventral; rechts: Ansicht von dorsal ( <i>Schünke et al., 2007</i> )	7
Abb. 2.2.:	Die fünf Gelenke der Schulter ( <i>Schünke et al., 2007</i> )	11
Abb. 2.3.:	Bänder des Art. glenohumerale links: Ansicht von ventral; rechts: Ansicht von dorsal ( <i>Schünke et al., 2007</i> )	16
Abb. 2.4.:	Muskeln der Rotatorenmanschette eines rechten Schultergelenks; oben (a): Ansicht von ventral; unten links (b): Ansicht von dorsal; unten rechts (c): Ansicht von lateral ( <i>Schünke et al., 2007</i> )	17
Abb. 2.5.:	Muskuläre Zugwirkung der Rotatorenmanschette links: Frontalebene von ventral; mitte: Frontalebene von dorsal; rechts: Horizontalebene: 1. SSP; 2. SSC; 3. ISP; 4. M.teres minor; 5. LBS ( <i>Echtermeyer und Sangmeister, 1996</i> )	18
Abb. 2.6.:	Musculus deltoideus ( <i>Hochschild, 2005</i> )	19
Abb. 2.7.:	Biomechanik der LBS; oben: in IRO; mitte: in Neutral-0-Stellung; unten: in ARO ( <i>Held, 2008</i> )	20
Abb. 2.8.:	M. biceps brachii; links: M. biceps brachii caput longum und breve; rechts: M. biceps brachii caput longum und breve mit Rotatorenmanschette ( <i>Schünke et al., 2007</i> )	21
Abb. 2.9.:	Arterielle Versorgung (links); oben (a): Ansicht von ventral; unten (b): Ansicht von dorsal ( <i>Hochschild, 2005</i> )	23
Abb. 2.10.:	Nervale Versorgung (rechts); oben (a): Ansicht von ventral; unten (b): Ansicht von dorsal ( <i>Hochschild, 2005</i> )	23
Abb. 2.11.:	links: Transversalachse des Schultergelenks ( <i>Fenske und Frey, 2005</i> ); mitte: Retroversion; rechts: Anteversion ( <i>Kapandji, 1999</i> )	24
Abb. 2.12.:	links: Sagittalachse des Schultergelenks ( <i>Fenske und Frey, 2005</i> ); mitte: Adduktion in Kombination mit Retroversion; rechts: Adduktion in Kombination mit Anteversion ( <i>Kapandji, 1999</i> )	25
Abb. 2.13.:	links: Vertikalachse des Schultergelenks ( <i>Fenske und Frey, 2005</i> ) mitte: Vorwärtsführung des Armes in der Horizontalen; rechts: Rückwärtsführung des Armes in der Horizontalen ( <i>Kapandji, 1999</i> )	25



Abb. 2.14.:	links: Längsachse des Humerus; rechts: Außen-Innenrotations-Nullstellung ( <i>Fenske und Frey, 2005</i> )	26
Abb. 2.15.:	links: Außenrotation; rechts: Innenrotation ( <i>Kapandji, 1999</i> )	26
Abb. 2.16.:	links: Abduktionsbewegung bis 180° - Sagittalachse ( <i>Kapandji, 1999</i> ); rechts: Bewegungsanteile von Humerus und Scapula bei 90° Abduktion ( <i>Hochschild, 2005</i> )	27
Abb. 2.17.:	links: Ausweichbewegung bei Störung des humeroscapularen Rhythmus; rechts: Bewegungsausmaß der Adduktion ( <i>Hochschild, 2005</i> )	28
Abb. 2.18.:	Flexion; links: durch Bewegungen im Glenohumeralgelenk; mitte: durch Außenrotation der Scapula; rechts: durch Wirbelsäulenbewegung ( <i>Hochschild, 2005</i> )	29
Abb. 2.19.:	Extension ( <i>Hochschild, 2005</i> )	29
Abb. 2.20.:	Muskeln der Rotatorenmanschette; links (a): Außenrotatoren; Rechts (b): Innenrotatoren ( <i>Hochschild, 2005</i> )	30
Abb. 2.21.:	Rotatorenintervall – isolierte Ansicht von ventral; links: oberflächlicher Strang = CHL; rechts: tiefer Strang = SGHL ( <i>Held, 2008</i> )	32
Abb. 2.22.:	Die Strukturen des SGHL (6) und des CHL (5) bilden eine Schlinge (Pulley-System) um die LBS (4) im Rotatorenintervall. 1 = M. teres minor, 2 = ISP; 3 = SSP; 4 = LBS; 5 = CHL; 6 = SGHL; 7 = SSC ( <i>Habermeyer et al., 2002</i> )	33
Abb. 2.23.:	links: bei Adduktion ist der Verlauf der LBS intraartikulär nahezu horizontal, im Sulcus intertubercularis senkrecht. Den Übergang muss das Pulley-System gewährleisten; mitte: Scherkräfte in Normal-0-Stellung; rechts: Scherkräfte bei Innenrotation ( <i>Habermeyer et al., 2004</i> )	35
Abb. 2.24.:	Popeye-Sign als Folge einer ruptierten LBS; links: LBS-Ruptur; mitte: distales LBS-Gleiten im Sulcus; rechts: Popeye-Sign ( <a href="http://www.shoulderdoc.co.uk">http://www.shoulderdoc.co.uk</a> ; 08.12.2011)	37
Abb. 2.25.:	Stadien der Pulley-Läsion ( <i>Habermeyer et al, 2004</i> )	39
Abb. 2.26.:	Faktoren, die für Veränderungen der Rotatorenmanschette verantwortlich sind; links (a): extrinsische Faktoren; rechts (b): intrinsische Faktoren ( <i>Habermeyer, 2002</i> )	40
Abb. 2.26.:	O'Brien-Test ( <i>Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002</i> )	47
Abb. 2.27.:	Palm-up Test ( <i>Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002</i> )	48

Abb. 2.28.:	Yergason-Test ( <i>Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002</i> )	48
Abb. 2.29.:	Speed-Test ( <a href="http://www.maitrise-orthop.com">http://www.maitrise-orthop.com</a> ; 15.12.2011)	48
Abb. 2.30.:	Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy ( <i>Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002</i> )	49
Abb. 2.31.:	Lift-off Test nach Gerber ( <i>Brunner, 2002 aus Habermeyer, 2002</i> )	49
Abb. 3.1.:	Flussdiagramm des Studienablaufs	67
Abb. 4.1.:	Patientenkollektiv (alle Studienteilnehmer); oben links: Geschlechterverteilung; oben rechts: Alter (zum Messzeitpunkt); mitte links: Nachuntersuchungszeitpunkt post-OP; mitte rechts: Pulley-Läsionsgrad nach Habermeyer; unten: betroffene Schulter	87
Abb. 4.2.:	Querschnitt – Gesamtgruppenvergleich (AFT vs. MOFT): CM-Score. links: Schmerz; rechts: ATL's – Arbeit und Schlaf.	93
Abb. 4.3.:	Querschnitt – Gesamtgruppenvergleich (AFT vs. MOFT): LBS-Score. oben links: Kosmetik; oben rechts: Kosmetik subjektiv; unten links: Krämpfe; unten rechts: Speed-Test.	95
Abb. 4.4.:	Querschnitt- Kurzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2): CM-Score. oben links: ATL's – Erreichbarkeit; oben rechts: Beweglichkeit gesamt; unten links: Beweglichkeit – Abduktion, Außenrotation, Innenrotation; unten rechts: Kraft (in Punkte)	100
Abb. 4.5.:	Querschnitt – Kurzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2): LBS-Score. links: Gesamtergebnis; rechts: LBS-Schmerz – Schmerz der langen Bizepssehne	101
Abb. 4.6.:	Querschnitt – Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4): CM-Score. oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: Schmerz; mitte links: ATL's; mitte rechts: ATL's – Arbeit und Freizeit unten links: Beweglichkeit; unten rechts: Beweglichkeit – Anteversio und Abduktion	106
Abb. 4.7.:	Querschnitt – Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4): LBS-Score. oben links: Schmerz – Schmerz der langen Bizepssehne; Oben rechts: Krämpfe unten links: Speed-Test; unten rechts: Kraft (in Punkte)	108

- Abb. 4.8.: Querschnitt – Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6):  
CM-Score und LBS-Score.  
oben links: CM-Score Gesamtergebnis;  
oben rechts: CM-Score Schmerz;  
unten links: CM-Score ATL's – Schlaf;  
unten rechts: LBS-Score Schmerz 112
- Abb. 4.9.: Längsschnitt – AFT: CM-Score.  
oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: Schmerz;  
unten links: ATL's; unten rechts: ATL's - Schlaf und Erreichbarkeit 117
- Abb. 4.10.: Längsschnitt – AFT: CM-Score.  
oben links: Beweglichkeit;  
oben rechts: Beweglichkeit – Abduktion, Außenrotation,  
Innenrotation; unten: Kraft (in Punkte) 119
- Abb. 4.11.: Längsschnitt – AFT: LBS-Score.  
links: Schmerz; rechts: Schmerz – Schmerz der LBS und  
Druckschmerz 120
- Abb. 4.12.: Längsschnitt – MOFT: CM-Score.  
oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: ATL's  
mitte links: ATL's – Freizeit; mitte rechts: Beweglichkeit  
unten links: Beweglichkeit – Anteversion, Außenrotation 125
- Abb. 4.13.: Längsschnitt – MOFT: LBS-Score.  
oben links: Gesamtergebnis; oben rechts: Schmerz –  
Schmerz der langen Bizepssehne; mitte links: Krämpfe;  
mitte rechts: Speed-Test; unten: Kraft (in Punkte) 128

## 9. TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.1.:	Schulterbewegungen und die Beteiligung der Rotatorenmanschette sowie der Muskeln des Schultergelenks bzw. -gürtels ( <i>Schünke et al., 2007 und Hochschild, 2005</i> )	31
Tab. 3.1.:	Ein- und Ausschlusskriterien	70
Tab. 3.2.:	Patientenrekrutierung	72
Tab. 3.3.:	Gruppenzuordnung im Quer- und Längsschnittvergleich	73
Tab. 3.4.:	CM-Score – Überblick	75
Tab. 3.5.:	CM-Score – Punkteverteilung für ATL's	76
Tab. 3.6.:	CM-Score – Kategorie Beweglichkeit mit Punkteverteilung	78
Tab. 3.7.:	CM-Score – Umrechnungstabelle an Alter und Geschlecht ( <i>Gerber et al., 1992 aus Habermeyer, 2002</i> )	79
Tab. 3.8.:	CM-Score – Wertetabelle ( <i>Böhm et. al, 1997 aus Habermeyer, 2002</i> )	80
Tab. 3.9.:	LBS-Score – Überblick	81
Tab. 3.10.:	LBS-Score – Kategorie Schmerz / Krämpfe mit Punkteverteilung	82
Tab. 3.11.:	LBS-Score – Kategorie Kosmetik mit Punkteverteilung	82
Tab. 3.12.:	LBS-Score – Kategorie Kraft mit Prozent- und Punktwerten	83
Tab. 3.13.:	Signifikanzgrenzen ( <i>Bös et al., 2004</i> )	85
Tab. 4.1.:	Patientenkollektiv der Gesamtgruppen	88
Tab. 4.2.:	Patientenkollektiv der Subgruppen	90
Tab. 4.3.:	Ergebnisse der AFT und MOFT (Gesamtgruppen) mit den Einflussvariablen Geschlecht, Alter und Schulter (Signifikanzmarkierung: rot = AFT; grün = MOFT)	96
Tab. 4.4.:	Darstellung der besseren Subgruppe (im KZ- / MZ- / LZ-Querschnittvergleich) durch den stärkeren Mittelwert, ggf. mit Signifikanzniveau (Signifikanzmarkierung: rot = AFT; grün = MOFT)	97
Tab. 4.5.:	Kurzzeitergebnisse (AFT-1 vs. MOFT-2; Signifikanzmarkierung: grün = MOFT)	102
Tab. 4.6.:	Mittelzeitergebnisse (AFT-3 vs. MOFT-4; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)	109
Tab. 4.7.:	Langzeitergebnisse (AFT-5 vs. MOFT-6; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)	113

Tab. 4.8.:	Längsschnittergebnisse: Arthroskopische Fadenankertenodese (AFT-1 vs. -3 vs. -5; Signifikanzmarkierung: rot = AFT)	121
Tab. 4.9.:	Längsschnittergebnisse: Mini-open Fadenankertenodese (MOFT-2 vs. -4 vs. -6; Signifikanzmarkierung: grün = MOFT)	129

**10. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

A.	=	Arteria
Aa.	=	Arteriae
Abb.	=	Abbildung/-en
ABD	=	Abduktion
ADD	=	Adduktion
AFT	=	Arthroskopische Fadenankertenodese (-Gruppe)
Art.	=	Articulatio
arthr.	=	arthroskopisch
ARO	=	Außenrotation
ATL	=	Aktivitäten des täglichen Lebens (engl. ADL = Activities of daily living)
bzw.	=	beziehungsweise
ca.	=	circa
CHL	=	Ligamentum coracohumerale
cm	=	Zentimeter
CM-Score	=	Constant-Murley-Score
etc.	=	et cetera
et al.	=	und andere
Fa.	=	Firma
FLEX	=	ventrale Flexion, Anteversion
ggf.	=	gegebenenfalls
Hrsg.	=	Herausgeber
IRO	=	Innenrotation
ISP	=	M. infraspinatus
J.	=	Jahre
jew.	=	jeweils
Kap.	=	Kapitel
kg	=	Kilogramm
KGG	=	Krankengymnastik am Gerät
KZ	=	Kurzzeit
LBS (LHB)	=	Lange Bizepssehne (Long Head of Biceps)
LBS-Score	=	Langer Bizepssehnen-Score
Lig.	=	Ligamentum
Ligg.	=	Ligamenta

---

LZ	=	Langzeit
m	=	Meter
mm	=	Millimeter
MOFT	=	mini-open Fadenankertenodese (-Gruppe)
Mte.	=	Monate
M.	=	Musculus
Mm.	=	Musculi
Med.	=	Medizin /-isch
MRT	=	Magnetresonanztomographie
Mw	=	Arithmetischer Mittelwert
MZ	=	Mittelzeit
n	=	Anzahl
N.	=	Nervus
Nn.	=	Nervi
o.ä.	=	oder ähnliches
obj.	=	objektiv
o.g.	=	oben genannt
p	=	p-Wert / Statistisches Maß der Signifikanz
P.	=	Punkte
PASTA	=	Partial Articular Supraspinatus Tendon Avulsion
s.	=	siehe
s.o.	=	siehe oben
SD	=	Standardabweichung
SGHL	=	Ligamentum glenohumerale superius
SLAP	=	Superiores Labrum von Anterior nach Posterior
SSC	=	Musculus subscapularis
SSP	=	Musculus supraspinatus
s.o.	=	siehe oben
subj.	=	subjektiv
Tab.	=	Tabelle/-n
Tub.	=	Tuberculum
Tubb.	=	Tuberculi
u.	=	und
u.a.	=	unter anderem
u.ä.	=	und ähnliches
u.U.	=	unter Umständen

---

v.a.	=	vor allem
vgl.	=	vergleiche
vs.	=	versus
z.B.	=	zum Beispiel
z.T.	=	zum Teil

### **Symbole**

%	=	Prozent
&	=	und
/	=	oder, beziehungsweise
#	=	Schädigung, Läsion
*	=	signifikant ( $p \leq 0,05$ )
**	=	sehr signifikant ( $p \leq 0,01$ )
***	=	hoch signifikant ( $p \leq 0,001$ )
+	=	plus
-	=	minus
±	=	plus minus (Standardabweichung)
≤	=	kleiner gleich
°	=	Grad
#	=	Sehnenschädigung
Ø	=	Durchschnitt
°/s	=	Grad pro Sekunde



## 11. ANHANG

----- **Untersuchungsbogen** -----

ORTHOPÄDISCH – ANÄSTHESIOLOGISCHE  
GEMEINSCHAFTSPRAXIS

in der

ORTHO-KLINIK  
Rhein/Main GmbH  
Schulter- / Kniechirurgie  
Sporttraumatologie

Dr. med. Adalbert Missalla – Dr. med. Uwe König – Uta Daur-Staufenberg

**OrthoMainfranken**  
Gemeinschaftspraxis für Orthopädie und Unfallchirurgie Würzburg · Kitzingen

■ Dr. med. <b>Martin Jansen</b> Facharzt für Orthopädie	■ Dr. med. <b>Edith Raab</b> Fachärztin für Orthopädie	■ PD Dr. med. <b>Dirk Böhm</b> Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie	■ Dr. med. <b>Karl-Peter Hobräck</b> Facharzt für Orthopädie	■ Dr. med. <b>Michael Matzer</b> Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie
---	--	---	--	---

Name: \_\_\_\_\_

Erhebung am: \_\_\_\_\_

Operateur: \_\_\_\_\_

OP-Datum: \_\_\_\_\_

Diagnose: \_\_\_\_\_

li / re

- I. Constant-Murley Score
- II. Langer-Bizepssehnen Score
- III. Sonographie
- IV. Bemerkungen

**I. Constant-Murley Score (CM-Score)****1. Schmerzen**

a)	keine	milde	mäßige	starke	}	Mittelwert a + b	Punkte ___ / 15
	15	10	5	0			
b)	Selbsteinschätzung: _____						

**2. Aktivität des täglichen Lebens**

a) Arbeitsfähigkeit	- voll	4
	- zur Hälfte	2
	- nicht gegeben	0
b) Freizeitaktivität (z.B. Sport)	- voll	4
_____	- zur Hälfte	2
	- nicht gegeben	0
c) Schlaf	- ungestört	2
	- z.T. gestört	1
	- stark gestört	0
d) schmerzlose Erreichbarkeit	- Überkopf	10
	- Scheitel	8
	- Nacken	6
	- Brustbein	4
	- Gürtellinie	2

Punkte \_\_\_ / 20

**3. Schmerzfremige Beweglichkeit**

a) Anteversion	<u>0-30°</u>	<u>31-60°</u>	<u>61-90°</u>	<u>91-120°</u>	<u>121-150°</u>	<u>151-180°</u>
	0	2	4	6	8	10
b) Abduktion	0	2	4	6	8	10

c) Außenrotation	Hand am Hinterkopf mit ...	
	- Ellenbogen nach vorne	2
	- Ellenbogen nach hinten	2
	Hand am Scheitel mit ...	
	- Ellenbogen nach vorne	2
	- Ellenbogen nach hinten	2
	Volle Elevation vom Scheitel aus	2
d) Innenrotation	Handrücken auf ...	
	- Außenseite des Oberschenkels	0
	- Gesäß	2
	- Lumbosacralem Übergang	4
	- L3	6
	- Th12	8
	- den Schulterblättern	10

Punkte \_\_\_ / 40

**4. Kraftmessung**

(3 sek. bei abduziertem gestrecktem Arm; im Sitzen oder Stehen)

0,5 kg = 1 Punkt (max. 12,5 kg = 25 Punkte)

li = \_\_\_\_\_ re = \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_

Punkte \_\_\_ / 25

**Gesamt \_\_\_ / 100**

**II. Langer-Bizepssehnscore (LBS-Score)****1. Schmerz / Krämpfe**

a) LSB-Schmerzen 0 (stark) – 10 (keine) = \_\_\_\_\_

b) Lokaler Druckschmerz 0 (stark) – 10 (keine) = \_\_\_\_\_

Punkte \_\_\_\_ / 20

**Krämpfe**            immer    unter Belastung    keine  
                          0                    10                    20

Punkte \_\_\_\_ / 20

Speed 0 (stark) – 10 (keine) = \_\_\_\_\_

Punkte \_\_\_\_ / 10

**2. Kosmetik**

a) Subjektiver kosmetischer Unterschied

keiner	leicht	deutlich	schwer
15	10	5	0

b) Objektiver kosmetischer Unterschied

keiner	leicht	deutlich	schwer
15	10	5	0

Punkte \_\_\_\_ / 30

**3. Kraft**

Bizepskraft in Ellenbogenflexion	Prozentualer Anteil	Punktwert
betroffene Seite / nicht betr. Seite ____ kg x 100 / ____ kg = ____	≤ 50%	0
	51 – 60%	4
	61 – 70%	8
	71 – 80%	12
	81 – 90%	16
	91 – 100%	20

Punkte \_\_\_\_ / 20

**Gesamt \_\_\_\_ / 100**

**III. Sonographie**

---

---

---

**IV. Bemerkungen**

---

---

---

## 12. DANKSAGUNG

An erster Stelle danke ich Herrn Dr. U. König und Herrn Dr. A. Missalla. Sie haben mir die Möglichkeit gegeben, diese wissenschaftliche Erhebung im Hause der Ortho-Klinik Rhein/Main in Offenbach am Main durchzuführen und mir dafür ihr Patientengut, alle Einrichtungen und Materialien zur Verfügung gestellt.

Mein ganz besonders großer Dank gebührt Herrn Dr. U. König für die Idee und Überlassung der Thematik sowie die Unterstützung zur Planung und Durchführung der Studie, der Beantwortung medizinischer Fragen und einer überaus hervorragenden Hilfestellung hinsichtlich der Dissertation. Er hatte jederzeit ein offenes Ohr für mich und bot mir darüber hinaus auch großartigen moralischen Beistand. Auch seiner Familie danke ich herzlich für die Mehrbelastung und Gastfreundschaft.

Ohne Herrn Dr. U. König wäre die Kooperation mit der Ortho Mainfranken in Würzburg nicht zustande gekommen und das Projekt in dieser Form nicht möglich gewesen. Mein Dank gilt daher Herrn PD Dr. D. Böhm für die Bereitstellung des Patientenguts und Einrichtungen sowie der fachlichen Unterstützung. Darüber hinaus danke ich ihm für seine Ermutigung, mich für ein Studium der Medizin zu bewerben.

Bei Herrn Prof. Dr. F. C. Mooren bedanke ich mich für das Vertrauen zur wissenschaftlichen Zusammenarbeit mit seiner Abteilung Sportmedizin am Institut für Sportwissenschaft der Justus-Liebig Universität Gießen. Seine maßgebliche Hilfe ermöglichte mir die Durchführung und Fertigstellung dieser Dissertation. Es stellte für mich ein Privileg dar, unter Prof. Dr. F. C. Mooren gearbeitet zu haben.

Des Weiteren danke ich meinem Arbeitgeber Herrn B. Gathof für seine Großzügigkeit, mir eingeräumte Freiheiten und fachlichen Beistand. Auch meinen Kollegen des Reha-Teams der Ortho-Klinik Rhein/Main danke ich für ihre Hilfe.

Herrn Dr. J. Herrmann danke ich für seine Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Ebenfalls ganz tiefer Dank gilt meinen Freunden, insbesondere Frau S. Kaiser und Herrn C. Winter, Frau A. Macht, Frau S. Jahn, Herrn P. Vogel sowie Frau C. und Herrn R. Winter, für ihre vielfältigen Anregungen und die Unterstützung bei der

Erstellung der Dissertation. Im Laufe dieser Arbeit wurden sie von mir leider etwas vernachlässigt, gaben mir dessen ungeachtet unentwegten Beistand.

Der größte Dank gilt allerdings meinen Eltern Frau O. und Herrn U. Hartleb, die mir ganz besonders große Hilfestellung auf allen Ebenen gegeben haben. Durch deren Unterstützung und Verständnis war es mir möglich, das Studium der Sportwissenschaft und die Promotion durchzuführen sowie das bevorstehende Studium der Medizin zu beginnen. Ich danke ihnen aus tiefstem Herzen für die liebevolle Fürsorge, Geduld und moralische Unterstützung!

### **13. ERKLÄRUNG**

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne fremde, unerlaubte Hilfe verfasst sowie ausschließlich mit den Hilfsmitteln angefertigt habe, die in der Dissertation angegeben wurden.

Alle Textstellen, Abbildungen und Tabellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden sowie alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, habe ich als solche kenntlich gemacht.

---

Ort, Datum und Unterschrift