

Aus dem Universitätsklinikum Münster

Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie

- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Georg Gosheger -

Diagnostische Aussagekraft klinischer Tests bei Subscapularissehnenpartialrupturen – eine prospektive Studie

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von Camen, Stephan

aus Warstein

2014

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-
Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. h.c. Wilhelm Schmitz

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dennis Liem

2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Björn Marquardt

Tag der mündlichen Prüfung: 25.02.2014

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Georg Gosheger
Referent: Prof. Dr. med. Dennis Liem
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Björn Marquardt

Zusammenfassung

Diagnostische Aussagekraft klinischer Tests bei
Subscapularissehnenpartialrupturen – eine prospektive Studie
Camen, Stephan

Ziel dieser Arbeit war es, die diagnostische Aussagekraft des Lift-off Tests (LOT), des Belly-press Tests (BPT), des Belly-off sign (BOS) und des Bear-hug Tests (BHT) in 45° Flexion bzw. 90° Flexion bezüglich der Detektion von Partialrupturen der Subscapularissehne zu ermitteln und zu vergleichen.

Dazu wurden in dieser Studie 82 konsekutive Patienten prospektiv mittels der genannten Tests untersucht, bei denen die Indikation zur Schulterarthroskopie aufgrund folgender Pathologien gestellt wurde: Supraspinatus-Ruptur, Impingement, Tendinosis calcarea oder Schulterinstabilität. Ausschlusskriterien waren eine voroperierte Schulter, eine bereits präoperativ durch bildgebende Verfahren gesicherte Subscapularis-Komplettruptur und ein stark eingeschränktes Bewegungsausmaß.

Arthroskopisch wurden 20 Subscapularispartialrupturen diagnostiziert (17 Partialrupturen 1° nach Fox und Romeo, zwei Partialrupturen 2° und eine Partialruptur 3°), entsprechend einer Prävalenz von 24,4%. Die Sensitivität / Spezifität betrug für den LOT 31% / 95%, für den BPT 30% / 95%, für das BOS 33% / 93%, für den BHT in 45° Flexion 50% / 90% und für den BHT in 90° Flexion 53% / 86%. Der Unterschied zwischen den Sensitivitäten der klinischen Tests war nicht signifikant ($p > 0,05$). Insgesamt wurden durch die Kombination der Tests zwölf (60%) der 20 Subscapularispartialrupturen präoperativ erkannt.

Alle geprüften klinischen Tests weisen eine hohe Spezifität auf bei einer mittleren Sensitivität. Die Varianten des Bear-hug Tests scheinen tendenziell eine höhere Sensitivität aufzuweisen, jedoch konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Anhand dieser Studie ist eine Kombination der verschiedenen zur Verfügung stehenden Tests im klinischen Alltag zu empfehlen, da so möglichst viele Läsionen der Subscapularissehne präoperativ entdeckt werden können.

Tag der mündlichen Prüfung: 25.02.2014

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich gebe hiermit die Erklärung ab, dass ich die Dissertation mit dem Titel:

**Diagnostische Aussagekraft klinischer Tests bei
Subscapularissehnenpartialrupturen – eine prospektive Studie**

aus dem Universitätsklinikum Münster

Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie

unter Anleitung von: **Prof. Dr. med. Dennis Liem**

1. selbständig angefertigt,
2. nur unter Benutzung der im Literaturverzeichnis angegebenen Arbeiten angefertigt und sonst kein anderes gedrucktes oder ungedrucktes Material verwendet,
3. keine unerlaubte fremde Hilfe in Anspruch genommen,
4. sie weder in der gegenwärtigen noch in einer anderen Fassung einer in- oder ausländischen Fakultät als Dissertation, Semesterarbeit, Prüfungsarbeit, oder zur Erlangung eines akademischen Grades, vorgelegt habe.

Münster, 26.02.2014

Stephan Camen

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1. Einführung.....	1
1.2. Anatomie.....	1
1.2.1. Überblick Schultergelenk.....	1
1.2.2. M. subscapularis und LHB.....	2
1.2.2.1. Das Rotatorenintervall.....	3
1.2.2.2. Das Pulley-System.....	4
1.2.2.3. Innervation.....	5
1.3. Funktion des M. subscapularis.....	6
1.4. Sehnenrupturen des M. subscapularis.....	6
1.4.1. Epidemiologie.....	6
1.4.2. Ätiologie.....	8
1.4.3. Klinik / Diagnostik.....	9
1.4.3.1. Symptomatik.....	9
1.4.3.2. Klinische Tests.....	10
1.4.3.3. Bildgebung.....	11
1.4.4. Therapie.....	13
1.5. Fragestellung und Zielsetzung.....	15
2. Patienten und Methoden.....	16
2.1. Studiendesign.....	16
2.2. Patienten.....	16
2.2.1. Einschlusskriterien.....	16
2.2.2. Ausschlusskriterien.....	16
2.2.3. Patientenkollektiv.....	16
2.3. Untersuchung.....	16
2.3.1. Bewegungsausmaß.....	16

2.3.2. Klinische Tests.....	17
2.3.2.1. Lift-off Test (LOT)	17
2.3.2.2. Belly-press Test (BPT)	18
2.3.2.3. Belly-off sign (BOS).....	19
2.3.2.4. Bear-Hug Test (BHT).....	20
2.3.3. Isometrische Kraftmessung.....	21
2.3.3.1. Abduktionsmessung	22
2.3.3.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen	22
2.3.3.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position	23
2.4. Fragebogen.....	24
2.4.1. ASES-Score.....	24
2.4.2. Constant-Score	25
2.5. Magnetresonanztomographie	27
2.6. Schulterarthroskopie.....	27
2.7. Statistische Auswertung	28
3. Ergebnisse.....	29
3.1. Intraoperative Befunde	29
3.2. Vergleich der Studiengruppen	31
3.2.1. Nicht-Rupturgruppe.....	31
3.2.2. Rupturgruppe	32
3.2.3. Vergleich der Studiengruppen.....	32
3.3. Bewegungsausmaß.....	33
3.4. Klinische Tests	35
3.4.1. Lift-off Test.....	35
3.4.2. Belly-press Test	35
3.4.3. Belly-off sign	36
3.4.4. Bear-Hug Test	37
3.4.4.1. Bear-Hug Test in 45° Flexion.....	37

3.4.4.2. Bear-Hug Test in 90° Flexion.....	37
3.4.5. Zusammenfassender Vergleich.....	38
3.5. Isometrische Kraftmessungen	40
3.5.1. Abduktionsmessung.....	40
3.5.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen	40
3.5.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position.....	41
3.5.4. Vergleich der Studiengruppen.....	41
3.6. Magnetresonanztomographie	42
3.6.1. Korakohumeraler Abstand im axialen MRT	42
3.6.2. Korakohumeraler Abstand im sagittalen MRT	42
3.7. ASES-Score	43
3.8. Constant-Score	43
4. Diskussion	46
4.1. Intraoperative Befunde	46
4.2. Vergleich der Studiengruppen	47
4.3. Bewegungsumfang.....	48
4.4. Klinische Tests	49
4.4.1. Lift-off Test.....	49
4.4.2. Belly-press Test	51
4.4.3. Belly-off sign	54
4.4.4. Bear-hug Test.....	55
4.4.5. Vergleich der klinischen Tests.....	57
4.4.6. Diskussion der Methodik	60
4.5. Isometrische Kraftmessungen	60
4.5.1. Abduktionsmessung.....	60
4.5.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen	60
4.5.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position.....	61
4.5.4. Diskussion der Methodik	62

4.6. Magnetresonanztomographie	63
4.6.1. Korakohumeraler Abstand	63
4.6.2. Diskussion der Methodik	65
4.7. ASES-Score	65
4.7.1. Diskussion der Ergebnisse.....	65
4.7.2. Diskussion der Methodik	66
4.8. Constant-Score	67
4.8.1. Diskussion der Ergebnisse.....	67
4.8.2. Diskussion der Methodik	69
5. Fazit.....	70
6. Literaturverzeichnis	71
7. Abkürzungsverzeichnis	79
8. Abbildungsverzeichnis	81
9. Tabellenverzeichnis	82
10. Lebenslauf	83
11. Danksagung.....	84
12. Anhang	I
12.1. Votum der Ethikkommission	I
12.2. Aufklärung / Einwilligungserklärung	III
12.3. Untersuchungsbogen Schulter	V
12.4. Fragebogen.....	VI
12.4.1. ASES-Score.....	VI
12.4.2. Constant-Score	VII

1. Einleitung

1.1. Einführung

Die Diagnostik und Versorgung von Rotatorenmanschettenrupturen sind Aufgabenbereiche, die zum Standardprogramm in vielen orthopädischen bzw. unfallchirurgischen Abteilungen gehören. Um eine adäquate Versorgung zu gewährleisten, ist das Stellen der korrekten und vollständigen Diagnose essentiell. Schädigungen der Sehne des M. subscapularis sind dabei in den letzten Jahren in den Mittelpunkt gerückt, da sich gezeigt hat, dass besonders Partialrupturen derselben lange unterdiagnostiziert waren. Daher ist der Vergleich von diagnostischen Tests zur Erfassung von partiellen Subscapularisrupturen von Interesse.

1.2. Anatomie

1.2.1. Überblick Schultergelenk

Das Schultergelenk, *Articulatio glenohumeralis*, ist das beweglichste Gelenk des menschlichen Körpers (43). In diesem Kugelgelenk artikuliert das *Caput humeri* mit der *Cavitas glenoidalis* der *Scapula*. Die Gelenkfläche des Humeruskopfes ist dabei etwa drei- bis viermal so groß wie die der Pfanne. Durch das etwa 5 mm breite, faserknorpelige *Labrum glenoidale* wird die Gelenkpfanne in alle Richtungen erweitert. Die dennoch bestehende Inkongruenz ermöglicht das große Bewegungsausmaß, bedingt aber auch die Anfälligkeit des Gelenks für Luxationen aufgrund der geringen knöchernen Führung (43).

Die Führung des Schultergelenks erfolgt v.a. durch Bänder und eine stark ausgeprägte Muskulatur (43). Die Sehnen der *Mm. supraspinatus* (SSP), *infraspinatus* (ISP), *subscapularis* (SSC) und *teres minor* bilden gemeinsam die Rotatorenmanschette (RM) (88). Diese umfasst den Humeruskopf wie eine Art Haube und zentriert ihn im Gelenk (16,43,88).

Die weite Kapsel des Glenohumeralgelenks mündet kranial, ventral und dorsal in die Rotatorenmanschette vor deren Ansatz an den *Tubercula majus* bzw. *minus*. Kaudal wird die Kapsel von keiner Sehne verstärkt. Hier ist die Kapsel zusätzlich weiter und bildet den *Recessus axillaris*, welcher die große Beweglichkeit im Schultergelenk ermöglicht (88). Die Vorderwand der Kapsel wird durch drei Faserzüge, die als *Ligg. glenohumeralia superius* (SGHL), *mediale* und *inferius* bezeichnet werden, verstärkt.

Als weiteres Band zieht das Lig. coracohumerale (CHL) vom Processus coracoideus (von hier an: Korakoid) der Scapula zum Humerus (96).

Kranial wird die Rotatorenmanschette durch einen Schleimbeutel, die Bursa subacromialis, vom Schulterdach, dem Fornix humeri, getrennt. Dieses wird gebildet von Akromion, Korakoid und dem Lig. coracoacromiale, welches beide verbindet. Zwischen Korakoid und Humeruskopf liegt die Bursa subscapularis, welche mit dem Gelenk in Verbindung steht. Durch die Schleimbeutel wird ein reibungsloses Gleiten der Rotatorenmanschette im osteofibrösen Kanal zwischen Humeruskopf und Schulterdach ermöglicht. In diesem subakromialen bzw. subkorakoidalen Raum verläuft vorne die Subscapularissehne, in der Mitte die Supraspinatussehne und hinten die Infraspinatussehne. Der M. supraspinatus ist der schwächste Muskel der Rotatorenmanschette, der M. subscapularis der stärkste (3,88,91). Zwischen SSP und SSC liegt die schwächste Stelle der Rotatorenmanschette, das Rotatorenintervall (51,88). In diesem verläuft die Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii (LHB), die meist am Tuberculum supraglenoidale der Scapula entspringt und weiter distal durch den Sulcus intertubercularis humeri zieht (51,88).

1.2.2. M. subscapularis und LHB

Zwischen dem M. subscapularis und der Sehne des langen Bizepskopfes besteht eine enge anatomische und funktionelle Verbindung. Der SSC entspringt von den medialen zwei Dritteln der vorderen Scapulafläche und zieht am Korakoid vorbei zum Tuberculum minus des Humerus (43). Auf Höhe des Glenoids geht das Muskelgewebe in Sehnengewebe über (50). Der Bereich zwischen Korakoid und Humerus wird als korakohumerales Intervall bezeichnet. Dieser Raum wird von SSC, Bursa subscapularis und der Gelenkkapsel normalerweise komplett ausgefüllt, sodass ein enger Kontakt zwischen Korakoid, Rotatorenmanschette und Humeruskopf besteht (30,32). Nahe der Sehneninsertion am Tuberculum minus ändert sich die Struktur der SSC-Sehne in Faserknorpel (13,88).

Die tendinöse Insertion des SSC am Tuberculum minus wird als (SSC-)Footprint bezeichnet. Neben dem Footprint existiert auch noch ein extraartikulärer, hauptsächlich muskulärer Ansatz distal des Tuberculum, wo der SSC mittels einer Membran am Humerus ansetzt (4,50,73). Der muskuläre Teil macht in etwa ein Drittel der Gesamtlänge des SSC-Sehnenansatzes aus, während die oberen zwei Drittel tendinös sind (4,50).

Die Länge der tendinösen Insertion des SSC am Tuberculum minus beträgt von kranial nach kaudal im Durchschnitt etwa 2,5 cm, wobei die Insertionsfläche am oberen Rand mit durchschnittlich 1,6-1,8 cm deutlich breiter ist als am unteren Rand mit 0,3 cm (4,24,50,73). Der obere Teil des Footprints ist nicht nur breiter, sondern scheint auch der stärkste Fixationspunkt für die Sehne zu sein (42). Neuere Studien an Kadavern und mittels MRT zeigen, dass die Insertion des SSC anteromedial keinesfalls am Tuberculum minus endet, sondern dass oberflächliche Fasern über den Sulcus intertubercularis hinweg zum Tuberculum majus ziehen oder in diesen einstrahlen (13,18,37,64). Der gesamte Ansatz des SSC am Humerus ist von kranial nach kaudal etwa 4 cm lang (4,50).

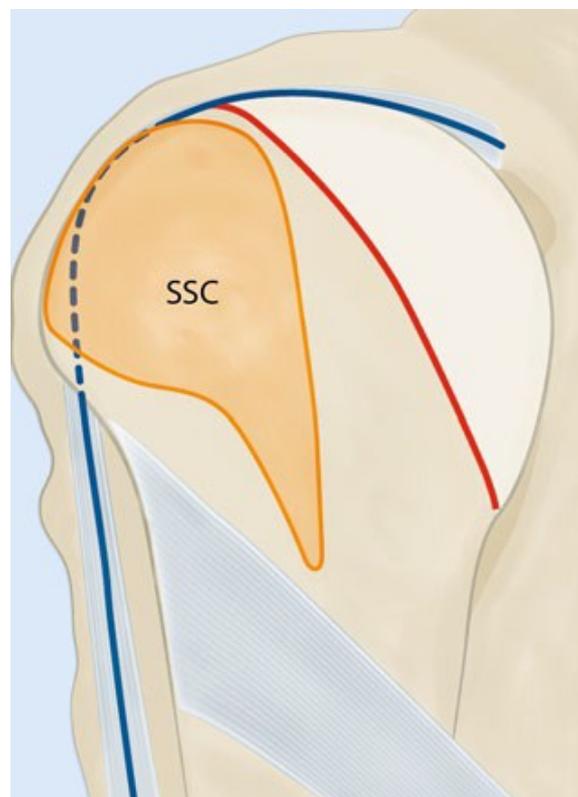


Abbildung 1: Lagebeziehung des SSC am Tuberculum minus der rechten Schulter. Orange unterlegt ist der SSC-Footprint, die blaue Linie stellt den Verlauf der LHB dar; aus (53).

Der SSC ist außerdem noch an der Bildung des Rotatorenintervalls und des Bizeps-Pulley-Systems beteiligt (10,51,92).

1.2.2.1. Das Rotatorenintervall

Das Rotatorenintervall ist der dreieckförmige Bereich zwischen dem kranialen Rand des SSC und dem anterioren Rand des SSP. Die Spitze des Dreiecks zeigt zum proximalen Ende des Sulcus intertubercularis (89). Das Rotatorenintervall lässt sich in

einen medialen Bereich und einen lateralen Bereich unterteilen. Der mediale Teil besteht aus zwei Schichten: dem oberflächlichen CHL und den in der Tiefe verlaufenden SGHL und Gelenkkapsel (51).

Der laterale Teil setzt sich aus vier Schichten zusammen: Die oberflächlichen Fasern des CHL bilden die äußerste Schicht, gefolgt von einer Schicht aus sich kreuzenden Fasern von SSP, SSC und CHL. Die dritte Schicht wird von den tiefen Fasern des CHL gebildet, die innerste von SGHL und Gelenkkapsel (51).

1.2.2.2. Das Pulley-System

Das Pulley-System (auch „biceps reflection pulley“) ist der Aufhängeapparat der LHB im Rotatorenintervall. Seine Funktion ist die Stabilisierung der LHB in ihrem Verlauf in Richtung Sulcus intertubercularis (10,92,93). Beim Pulley-System handelt es sich um eine U-förmige Schlinge um die LHB, die durch das CHL und das SGHL gebildet wird (Abb. 2). Hierbei formt das CHL den bursaseitigen (oberflächlichen) Teil, das SGHL den gelenkseitigen (tiefen) Anteil. Zusätzliche Sicherung entsteht durch Faser-einstrahlungen des SSP und des SSC (51,92).

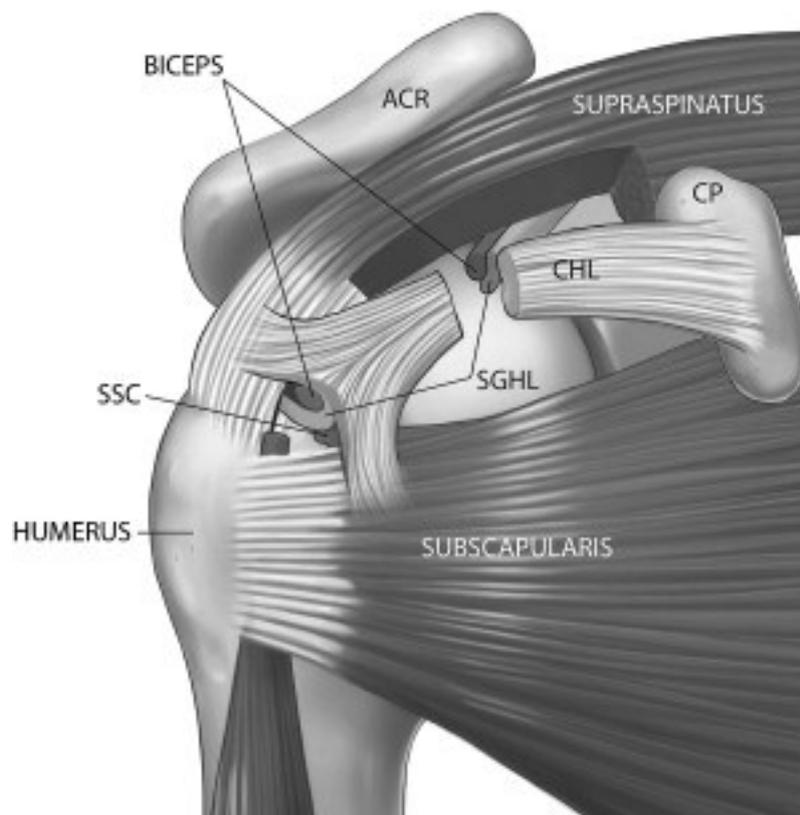


Abbildung 2: Anatomie Rotatorenintervall mit Pulley-System. Aufsicht von ventral auf die rechte Schulter, dargestellt sind die Lagebeziehungen von SSP, SSC und LHB. ACR=Akromion, CP=Korakoid; aus (66)

Das CHL entspringt am dorsolateralen Rand des Korakoids, zieht durch das Rotatorenintervall und teilt sich distal in zwei Bänder auf (51,96). Das stärkere laterale CHL (LCHL) strahlt in das Tuberculum majus ein, wobei es zur Mischung mit Fasern des SSP kommt. Das kleinere mediale CHL (MCHL) zieht über die LHB hinweg zum Tuberculum minus, wo es gemeinsam mit Fasern des SSC und des SGHL einstrahlt (10,51). Hierbei bildet es den vorderen Teil des Pulley-Systems. Verschiedene Variationen der Insertion des CHL bei konstantem Ursprung wurden von Yang et al. (96) anhand einer Kadaverstudie berichtet. Beschrieben wurden Einstrahlungen in das Rotatorenintervall, die Sehne des SSP und die Sehne des SSC.

Das SGHL entspringt am Tuberculum supraglenoidale direkt ventral der LHB (51). In seinem Verlauf nach lateral unterkreuzt es die LHB und inseriert ebenfalls am Tuberculum minus. So bildet sich die U-förmige Schlinge, deren ventrale Wand und Boden durch Einstrahlungen des SSC verstärkt werden (92). Weitere Anteile des SSC strahlen zusammen mit dem SGHL in den oberen Rand des Sulcus intertubercularis ein (92). Von dorsal kommend verstärken Fasern des SSP das Dach des Pulley-System. Eine komplette Ummantelung der LHB kommt aber erst beim Übergang zum proximalen Ende des Sulcus intertubercularis zustande (92,93).

Die kranialen Fasern des SSC sind somit an der Bildung des medioinferioren Pulley-Systems beteiligt (4,10,92). Läsionen dieser bandförmigen Strukturen werden als Pulley-Läsionen bezeichnet und sind aufgrund der anatomischen Verhältnisse häufig mit Partialrupturen der kranialen SSC-Sehne assoziiert (14,41).

1.2.2.3. Innervation

Die Innervation des M. subscapularis erfolgt durch die Nn. subscapulares (C5-C8), welche aus dem Plexus brachialis hervorgehen. Dabei variiert die Anzahl der einzelnen Nerven, meist sind es drei bis vier, seltener nur zwei. Auch die Abgänge vom Plexus sind variabel (65). Basierend auf diesen Erkenntnissen und den Ergebnissen einiger Elektromyographie (EMG)-Studien (20,52,85) wird eine unterschiedliche Innervierung und separate Ansteuerung der kranialen und kaudalen SSC-Fasern diskutiert. Mit zunehmender Abduktion soll die Aktivierung der kaudalen Fasern des SSC steigen (20,52). Aufgrund der Ergebnisse ihrer aktuellen EMG-Studie von 2011 bezweifeln Pennock et al. (70) jedoch diesen Zusammenhang und postulieren, dass der SSC doch als eine Einheit zu wirken scheint.

1.3. Funktion des M. subscapularis

Der M. subscapularis sorgt zusammen mit den anderen Muskeln der Rotatorenmanschette und dem Bandapparat des Schultergelenks dafür, dass der Humeruskopf im Gelenk zentriert bleibt, indem sie eine Translation des Humerus im Gelenk unterbinden (81,91). Die Hauptfunktionen des SSC sind die Innenrotation und die anteriore Stabilisierung des Schultergelenks, sowohl statisch als auch dynamisch (16,57,81,91).

Während der Innenrotationsbewegungen sind die wichtigsten beteiligten Muskeln der SSC, der M. pectoralis major und der M. latissimus dorsi, welche synergistisch kontrahieren (57). Der Grad der Aktivierung der drei Muskeln und ihr Beitrag zur gesamten Kraftentwicklung variiert abhängig von der Stellung des Humerus im Gelenk (19,20,70,82,85).

Bei adduziertem Arm ist der SSC der Hauptstabilisator, mit zunehmender Abduktion nimmt die Bedeutung des SSC für die vordere Stabilisierung ab. Während der Außenrotationsbewegungen ist der SSC der Stabilisator im Schultergelenk, bei Extensionsbewegungen arbeiten SSP und SSC zusammen (87,91). Der SSC bildet zusammen mit den Mm. infraspinatus und teres minor, den hinteren Muskeln der Rotatorenmanschette, das transversale Kräftepaar („transverse force couple“), welches essentiell ist, um den korrekten Drehpunkt im Schultergelenk aufrechtzuerhalten (3,16). Dieser ist notwendig, um die große Beweglichkeit zu ermöglichen (16).

Su et al. (81) konnten zeigen, dass eine Beteiligung der kranialen Hälfte der SSC-Fasern bei kombinierten anterosuperioren RM-Rupturen zu einer gesteigerten anterosuperioren und superioren Translation führt.

Eine weitere wichtige Funktion ist die Stabilisierung der LHB in ihrem Verlauf, wozu der SSC sowohl durch seine Beteiligung am medioinferioren Pulley-System als auch durch seine Fasern, die den Sulcus intertubercularis überstrahlen, beiträgt (4,10,14,51,92)

1.4. Sehnenrupturen des M. subscapularis

1.4.1. Epidemiologie

Rupturen der Rotatorenmanschette sind schon seit vielen Jahrzehnten bekannt als Ursache für Schulterschmerzen und Bewegungseinschränkungen. Lange Zeit lag der

Fokus jedoch auf Läsionen des häufiger betroffenen SSP, während SSC-Rupturen als relativ selten angesehen wurden.

Codman (21) berichtete 1934 von einer Prävalenz der SSC-Rupturen von nur 3,5 %. Deutsch et al. (27) fanden während offener Schulteroperationen bei 4% ihrer Patienten eine Läsion der SSC-Sehne. Walch et al. (89) prägten 1994 den Begriff der „hidden lesions“ für Partialrupturen des kranialen SSC, da sie diese in ihren Eingriffen häufig von einer oberflächlichen Faszie bzw. oberflächlichen Fasern des CHLs verdeckt fanden. Sie nahmen an, dass solche versteckten Läsionen weit häufiger auftreten als vermutet.

1998 konnten Sakurai et al. (75) anhand von Kadaverstudien zeigen, dass Partialrupturen des SSC sehr viel häufiger vorkommen als zum damaligen Zeitpunkt angenommen. Sie fanden in 23,9% der Schultern Partiailläsionen des SSC in Kombination mit Partiailläsionen des SSP, in weiteren 13,0% isolierte SSC-Partialrupturen. Diese Ergebnisse wurden durch aktuelle Studien bestätigt, in denen die Prävalenz von SSC-Läsionen zwischen 19% und 43% lag (2,4,6,9,10,56).

Die Diskrepanz in den Prävalenzraten ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass die meisten Partialrupturen am intraartikulären, kranialen Teil der SSC-Sehne auftreten und so bei der offenen Operation von bursaseitig nicht einzusehen sind, während eben dieser Bereich arthroskopisch gut darstellbar ist (6,17,94).

SSC-Läsionen treten häufig in Kombination mit Läsionen des SSP auf, besonders mit Komplettrupturen. Kim et al. (56) berichteten bei insgesamt 60 SSC-Partialrupturen (SSC-PR) von einer Beteiligung des SSP in 54 Fällen (90%). Isolierte SSC-Läsionen sind mit etwa 10-25% aller SSC-Läsionen seltener und meist Folge eines Traumas (5,8,10,34,58,75). Partiailläsionen der SSC-Sehne werden häufig im Zuge von Pulley-Läsionen entdeckt. Diese werden nach einer arthroskopischen Klassifikation von Habermeyer et al. (41) in vier Grade eingeteilt, wobei Grad III durch eine kombinierte Läsion von SGHL und SSC gekennzeichnet ist, während Grad IV eine Schädigung von SGHL, SSC und SSP bedeutet. Von den 89 Patienten ihrer Studie wiesen 42 (47,2%) eine Grad III- oder IV- Läsion auf. Braun et al. (14) fanden 2011 eine Inzidenz der Pulley-Läsion von 32% (67/207), wobei bei 30 (45%) der 67 Pulley-Läsionen eine Beteiligung des SSC beobachtet wurde. Insgesamt wird die Beteiligung des SSC an der Gesamtanzahl der Rotatorenmanschettenrupturen mit Werten zwischen 23% und 59% angegeben (6,9,10,58,69).

1.4.2. Ätiologie

Die Ätiologie von Rupturen der Subscapularissehne ist nach wie vor Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion. Sicher ist, dass in beinahe allen Fällen die kranialen Fasern des SSC-Ansatzes mitbetroffen sind (4,55,72,75).

Isolierte SSC-Läsionen können durch ein Trauma auftreten. Der zugrunde liegende Mechanismus ist meist eine gewaltsame Hyperextension oder Außenrotation des abduzierten Armes, z.B. durch Fall auf den ausgestreckten Arm (17,27,33). Seltener ist eine vordere Luxation der Schulter Ursache einer SSC-Läsion, auch direkte Schläge auf die Schulter können diese auslösen (27,33).

Eine weitere allgemein anerkannte Ursache besonders für Partialrupturen der SSC-Sehne ist die altersbedingte Degeneration (56,75). Hierbei kommt es mit zunehmendem Alter zu einer fortschreitenden Degeneration v.a. der kranialen Fasern des SSC-Ansatzes am Tuberculum minus (75). Kim et al. (56) konnten zeigen, dass das Risiko für das Vorliegen einer artikulareseitigen SSC-PR alle 10 Jahre um den Faktor 1,65 steigt. Dieses Ergebnis wird bestätigt durch die Resultate von Sakurai et al. (75), die, wie oben beschrieben, in 37% aller Leichname eine Läsion des SSC fanden. Auch bei allen Schultern ohne SSC-PR konnten sie in der histologischen Aufarbeitung der SSC-Fasern deutliche degenerative Veränderungen v.a. am kranialen intraartikulären Drittel nachweisen, bursaseitig hingegen deutlich weniger. Auffallend ist zudem, dass bei SSC-PR deutlich häufiger die dominante Schulter betroffen ist (11,35,56).

Das subkorakoidale Impingement (SCI) als Auslöser für degenerative Schäden an der SSC-Sehne ist umstritten (7,62,67,72). In der Literatur wird das SCI durch einen korakohumeralen Abstand (coracohumeral distance, CHD) kleiner sechs mm in der axialen MRT-Bildgebung und vorderen Schulterschmerz definiert (69). Richards et al. (72) konnten zeigen, dass ein Zusammenhang besteht zwischen einem verringerten korakohumeralen Abstand und Partiailläsionen des SSC. Jedoch stellte sich heraus, dass die Messung des CHD in der präoperativen Bildgebung nur eine geringfügige Aussagekraft bezüglich eines SCI hat (36). Lo et al. (62) formulierten die Theorie, dass es durch eine Verkleinerung des CHD und dem daraus resultierenden SCI nicht nur zur Einengung der SSC-Sehne zwischen Korakoid und Humerus kommt, sondern auch zu starken Zugbelastungen der kranialen Fasern des SSC-Ansatzes. Darin sahen sie eine mögliche Erklärung der fast immer kranial beginnenden SSC-Rupturen.

Ein weiterer Faktor in der Pathogenese der SSC-PR wird in dem sogenannten anterosuperioren Impingement (ASI) vermutet. Bei diesem erstmals von Gerber und Sebesta (35) beschriebenen Mechanismus kommt es bei gleichzeitiger Adduktion und Flexion des sich in maximaler Innenrotation befindlichen Arms zu einem Kontakt zwischen der anterosuperioren Kante des Labrums bzw. Glenoids und den tiefen Anteilen von SSC bzw. Pulley-System. Sie beobachteten in einer arthroskopischen Studie, dass ab einer Flexion von 120° das Pulley-System bzw. die LHB komprimiert wurden. Mit abnehmender Flexion waren mehr distal gelegene Bereiche der Ansatzregion am Humerus betroffen. Bei geringer Flexion (unter 100°) war das Pulley-System nicht mehr betroffen, jedoch kam es zur Kompression des SSC-Ansatzes. Einen Zusammenhang von Pulley-Läsionen und ASI beschrieben auch Habermeyer et al. (41). Außerdem bemerkten sie, dass das Vorliegen einer SSC-PR bei bestehender Pulley-Läsion ein ASI deutlich wahrscheinlicher macht.

Eine nach medial subluxierende LHB kann ebenfalls zu Partialrupturen der artikularseitigen SSC-Sehne führen. Dies kann insbesondere bei gleichzeitiger Adduktion und Innenrotation des Arms geschehen, wenn bereits Partiaalläsionen des SGHL bzw. des SSP vorliegen (10,41,90).

Kommt es zu einer Retraktion der SSC-Sehne, so ist zumindest ein Teil des CHL gerissen (10).

Isolierte SSC-Läsionen, die durch ein Trauma verursacht wurden, sind tendenziell von größerem Rupturausmaß als die degenerativen Läsionen der SSC-Sehne (8,27,28). Insgesamt machen die traumatischen Läsionen etwa 60% aller SSC-Rupturen aus, die degenerativen Läsionen ca. 40% (5).

1.4.3. Klinik / Diagnostik

1.4.3.1. Symptomatik

Häufigstes Symptom von Patienten mit einer SSC-Läsion ist der anteriore Schulterschmerz (11,12,27,33). Dieser kann bewegungsabhängig auftreten, aber auch in Ruhe (27). Häufig haben die Patienten mit SSC-Rupturen nicht nur Schmerzen bei Überkopfaktivitäten, sondern auch bei Bewegungen des Arms unterhalb des Schulterniveaus (11). Schmerzen während der Nacht sind nicht selten (33). In der klinischen Untersuchung zeigt sich oft ein Druckschmerz über dem Tuberculum minus (55).

Eine Einschränkung des aktiven Bewegungsausmaßes ist nicht ungewöhnlich, häufig bedingt durch Schmerzen, aber auch durch die gestörte Biomechanik des Schultergelenks. Besonders die Innenrotation hinter dem Rücken ist oft limitiert, sodass Bewegungen des Arms hinter dem Körper für viele Patienten zum Problem werden (5). Bei Komplettrupturen des SSC findet sich häufig eine gesteigerte passive Außenrotation, bei Partialrupturen ist dies eher nicht zu erwarten (7,11,27,33).

Eine Schwäche der Innenrotationskraft tritt v.a. bei SSC-Komplettrupturen auf (27).

1.4.3.2. Klinische Tests

Da die oben beschriebenen Symptome sehr unspezifisch sind und sich eine höhere Prävalenz der SSC-Rupturen abzeichnete, haben verschiedene Autoren in den letzten Jahren versucht, klinische Tests zu entwickeln, die eine präoperative Diagnostik der SSC-Rupturen erlauben. Die folgenden Zeilen sollen einen Überblick über die Anzahl der verfügbaren Tests und ihre diagnostischen Qualitäten geben. Die in dieser Studie angewandten Tests werden im Methodenteil näher erläutert.

Gerber et al. (33) beschrieben bereits 1991 den Lift-off Test (LOT) als ersten dieser Tests. Sie fanden, dass er bei korrekter Ausführung gut geeignet war, Komplettrupturen des SSC zu detektieren. Da er aber bei einigen Patienten nicht durchzuführen war, wurde 1996 der Belly-press Test (BPT) als Alternative entwickelt (34). Hertel et al. (46) beschrieben ebenfalls 1996 das Internal Rotation Lag Sign (IRLS). Sie konnten zeigen, dass es im Vergleich zum LOT bei gleichbleibender Spezifität eine höhere Sensitivität für SSC-PR aufweist. Als Erklärung vermuteten sie, dass die Funktion des Muskels am besten getestet werden kann, wenn er durch die äußerste Innenrotation maximal verkürzt ist. Mit der zunehmenden Aufmerksamkeit für SSC-PR zeigte sich jedoch, dass insbesondere der LOT und das IRLS, aber auch der BPT nur niedrige Sensitivitäten bezüglich der SSC-PR aufwiesen. Im Laufe der Jahre wurden weitere Varianten des BPT publiziert: Der Napoleon-Test, zuerst beschrieben durch Schwammborn und Imhoff (78), und der modifizierte BPT nach Scheibel (77). Für den Napoleon-Test konnten Burkhart et al. (17) zeigen, dass anhand des Winkels zwischen Handgelenk und Arm eine Vorhersage über die Rupturgröße möglich ist. In jüngerer Zeit kamen mit dem Belly-off sign (BOS) und dem Bear-hug Test (BHT) noch zwei weitere Tests hinzu, welche beide eine deutliche Verbesserung in der Sensitivität für SSC-PR zeigten (6,76). In einer EMG-Studie konnten Chao et al. (20) zeigen, dass der BHT bei um 45° flektiertem Arm den oberen und unteren Teil des SSC aktiviert, bei 90°

Flexion hingegen besonders den unteren Teil. Daher schlugen sie vor, Variationen des BHT gezielt zur Detektion kranialer SSC-PR einzusetzen.

In aktuellen Studien zeigte sich jedoch, dass trotz Kombination verschiedener Tests ein großer Teil der SSC-Läsionen präoperativ übersehen wird (5,6,9). Rupturen der kompletten Subscapularissehne sind mit jedem der Tests gut zu detektieren. Je geringer jedoch das Rupturausmaß, desto geringer die Wahrscheinlichkeit die Rupturen präoperativ zu erfassen, wobei der BHT und das BOS als die sensitivsten Tests angesehen werden (5,6,9). Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es allerdings noch keine Studie, die beide Tests im Vergleich untersucht hat. Ebenso fehlen Daten zum unterschiedlichen Nutzen des BHT in 45° bzw. 90° Flexion. Hegedus et al. (44) kamen in ihrem Review zu dem Schluss, dass ein großer Bedarf an weiteren Studien zur Evaluierung der klinischen Tests besteht.

1.4.3.3. Bildgebung

Zur bildgebenden Diagnostik von SSC-Rupturen eignen sich die Ultraschalluntersuchung und die Magnetresonanztomographie (MRT).

Bei der Ultraschalluntersuchung ist v.a. die dynamische Bewertung des SSC von Bedeutung, da dort größere Risse erkannt werden können. Zudem lassen sich mediale Subluxationen der LHB im Sulcus detektieren, die einen Hinweis auf SSC-PR darstellen (48,79,84). Komplettrupturen des SSC sowie der LHB können durch die Ultraschalluntersuchung mit hoher Sicherheit diagnostiziert werden, während bei Partialrupturen die Sensitivitäts- und Spezifitätswerte deutlich geringer sind (48,79,84). Iannotti et al. (48) konnten trotz Kombination von ausführlicher Anamnese, klinischer Untersuchung und Sonographie nur 70% der Partialrupturen der Rotatorenmanschette korrekt voraussagen.

In der MRT-Bildgebung spielt die mediale (Sub)Luxation der LHB in der Diagnostik von SSC-Rupturen ebenfalls eine wichtige Rolle als Hinweis auf eine SSC-Läsion (1,2,86). Außerdem können Ablösungen der SSC-Fasern vom Footprint auch direkt erkannt werden, am besten in einer T2-gewichteten Aufnahme. Weiter kann es v.a. bei länger bestehenden Komplettrupturen der SSC-Sehne zur Muskelatrophie kommen, die sich besonders in sagittalen T1-gewichteten MRT-Aufnahmen gut darstellen lässt (2).

Komplettrupturen und Rupturen, die mehr als 50% des kraniokaudalen Sehnenansatzes betreffen, werden mit einer Sensitivität von nahezu 100% durch die MRT-Bildgebung diagnostiziert (1,2). Zudem werden deutlich über 90% der positiven

Befunde durch den arthroskopischen Befund bestätigt (1,2). Kleinere SSC-PR hingegen werden in der Mehrzahl der Fälle übersehen, besonders wenn die Ruptur weniger als 30% des Sehnenansatzes ausmacht (1,2,86). Auch durch ein gezieltes, systematisches Herangehen an die MRT-Auswertung wird die unbefriedigende Detektionsrate kleiner SSC-Läsionen kaum verbessert (2).

Eine endgültige Diagnosestellung und Klassifikation der SSC-Rupturen kann erst während der Schulterarthroskopie erfolgen. Als Klassifikationssysteme sind dabei aktuell die Einteilungen nach Fox und Romeo (Abb. 3) bzw. nach Lafosse (58) gebräuchlich. Beiden liegt als Kriterium zur Unterteilung in die einzelnen Grade das Ausmaß der kraniokaudalen Rupturlänge zugrunde, wobei Lafosse zusätzlich die Komplettrupturen der gesamten Sehne noch anhand des Verfettungsgrades des SSC nach Goutallier (38) und der Zentrierung des Humeruskopfes im Gelenk unterscheidet.

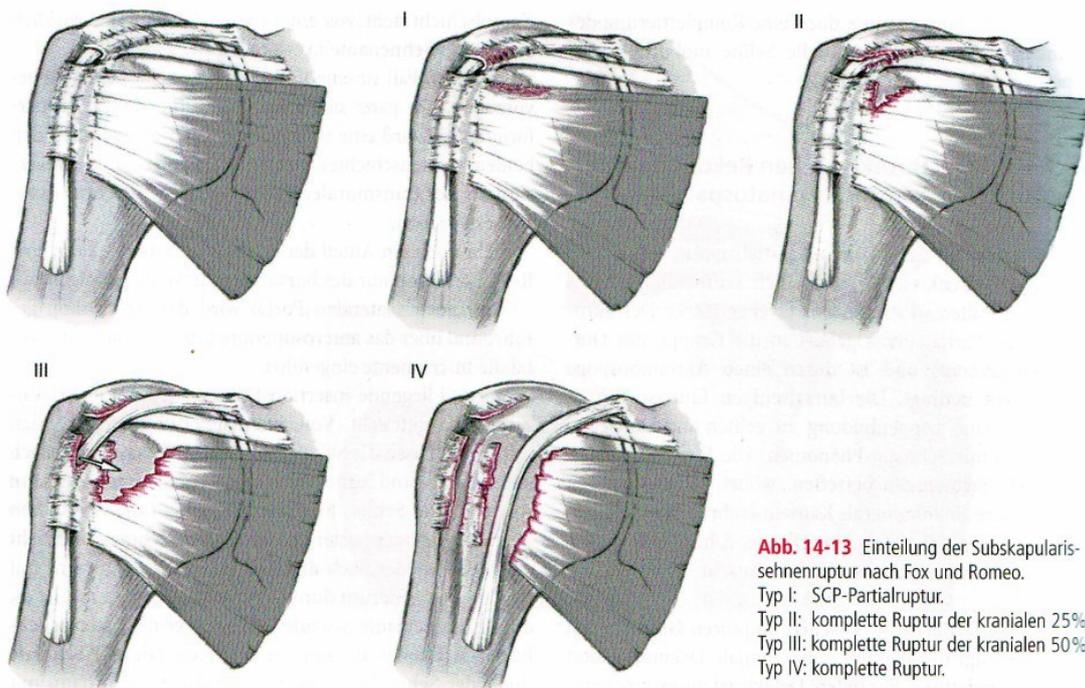


Abbildung 3: Schema der Klassifikation der SSC-Rupturen nach Fox und Romeo (29); aus (40)

Hinsichtlich der Diagnostik von SSC-PR geringeren Ausmaßes besteht also noch Verbesserungspotential, sowohl in der Bildgebung als auch besonders in der klinischen Untersuchung.

1.4.4. Therapie

Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette werden schon seit vielen Jahren durchgeführt. Zunächst beschränkte sich die operative Versorgung jedoch auf Läsionen des SSP. Während zu Beginn alle Operationen offen durchgeführt wurden, zeigt sich in letzter Zeit ein Trend zur Arthroskopie (ASK).

Gleiches gilt für Läsionen des SSC, die zunächst offen angegangen wurden (27,33). Komplettrupturen des SSC sind auch weiterhin eine Domäne der offenen Operation, die über einen deltopektoralen oder einen anterioren Delta-Split Zugang möglich ist (7,8,28). Mit der steigenden Aufmerksamkeit für Partialrupturen und der Etablierung von neuen arthroskopischen Techniken gewinnt die arthroskopische Versorgung von SSC-Partialrupturen stark an Bedeutung. Diese bietet den Vorteil, dass besonders artikularseitige Partialläsionen der SSC-Sehne gut zu erkennen sind und auch Läsionen der LHB, des Pulley-Systems und des Labrums gleichzeitig versorgt werden können (7,94). Sowohl für die offene Rekonstruktion als auch für die arthroskopische Versorgung liegen gute Ergebnisse in zahlreichen Studien vor (8,11,12,17,28,55,58). Da in der vorliegenden Studie alle Patienten mittels einer Schulterarthroskopie versorgt wurden, werden die Prinzipien der arthroskopischen Versorgung von SSC-PR nachfolgend kurz erläutert (Abb.4). Die Lagerung der Patienten kann sowohl in der lateralen Dekubitus-position als auch in der Beach-Chair-Position erfolgen, wobei letztere den Vorteil eines leichteren Umschwenkens auf ein offenes Verfahren bietet (7,60). Bei Vorliegen einer SSC-Läsion ist der erste wichtige Schritt die Evaluierung des Rupturausmaßes. Beträgt dieses weniger als 25% der kraniokaudalen Länge des SSC-Ansatzes ist nach aktueller Studienlage ein Débridement der Sehne ausreichend (12,56). Handelt es sich jedoch um eine Ruptur, die die obersten 25% der Sehne oder mehr betrifft, ist eine Naht der Sehne angezeigt. Liegt eine Längsruptur der Sehne vor, kann diese mit einer Seit-zu-Seit-Naht versorgt werden (60). Wird die Indikation zur Naht einer SSC-Querruptur gestellt, so wird zunächst der freiliegende Teil des SSC-Footprints am Tuberculum minus mittels einer Fräse angefrischt (60). Je nach Größe des freiliegenden Footprints werden ein Anker (< 50%) oder zwei Anker (> 50%) verwendet (17,60). Als Nahttechnik kommt eine Single-Row-Rekonstruktion zur Anwendung, eine neuere Studie berichtet auch von guten Ergebnissen mit einer Double-Row-Technik (26).

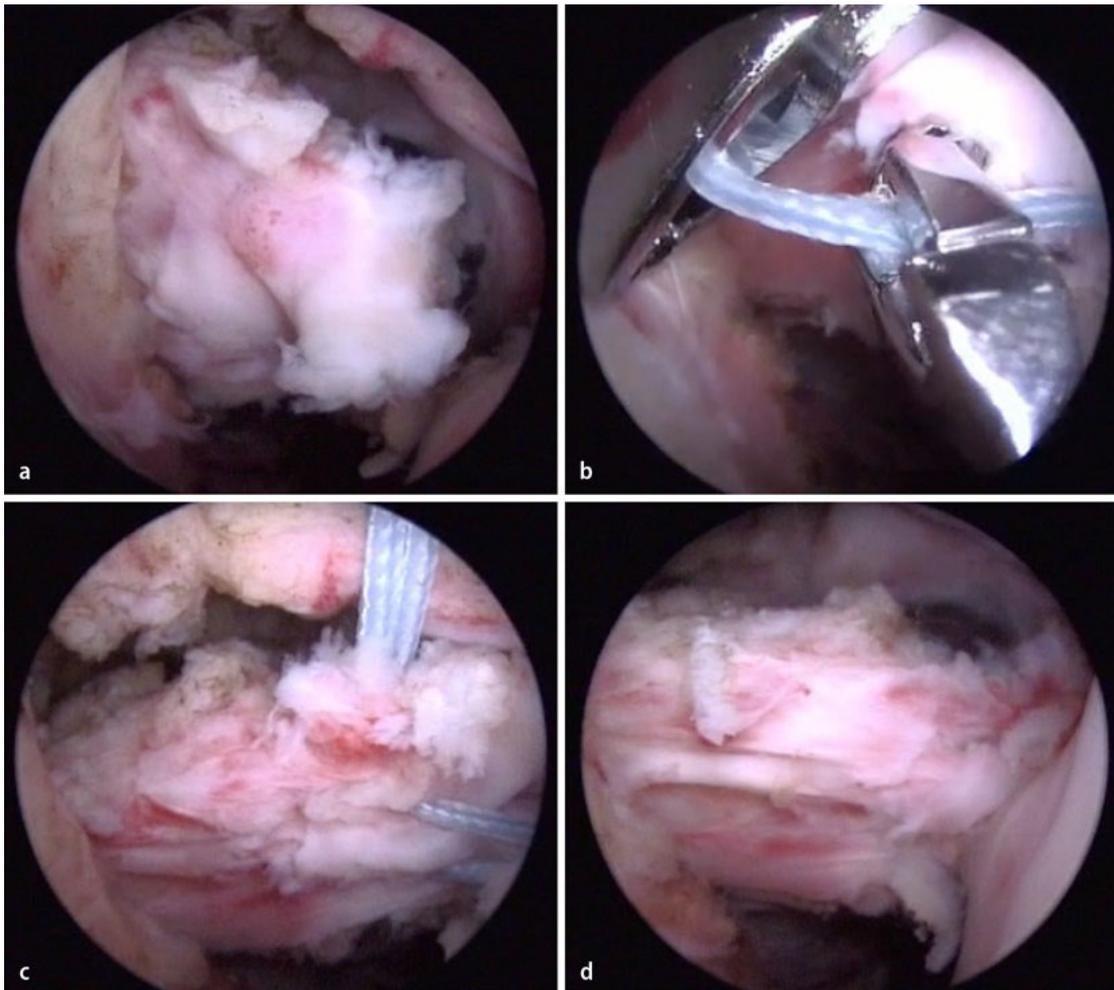


Abbildung 4: Arthroskopische SSC-Reparatur. a: Artikulärseitige SSC-PR 2°, b: Sehnenpenetration und Faden-Hand-off, c: Matratzennaht der kranialen SSC-Sehne, d: abgeschlossene Sehnenrekonstruktion; aus (60)

Der Nutzen einer additiven Korakoplastik ist umstritten (7,26,49,60,72). Einige Autoren führen diese bei einem in der präoperativen MRT-Aufnahme gemessenen CHD von sechs mm oder weniger und einer klinisch eindeutigen Impingement-Symptomatik durch (49,60). Denard et al. (26) empfehlen eine Korakoplastik schon bei weniger als sieben mm Abstand. Park et al. (69) konnten in einer aktuellen Studie zeigen, dass eine durchgeführte arthroskopische Korakoplastik gute Ergebnisse liefert. Sie beobachteten eine signifikant gesteigerte Innenrotationsbeweglichkeit im Vergleich zu Patienten mit subkorakoidalen Impingement, die keine Korakoplastik erhielten.

Da SSC-Rupturen selten isoliert auftreten, sondern häufig mit Läsionen anderer Teile der Rotatorenmanschette, insbesondere mit SSP-Läsionen, assoziiert sind, ist eine gute präoperative Planung des Eingriffs essentiell. Bei kombinierten RM-Läsionen mit SSC-Beteiligung sollte die SSC-Sehne als erstes versorgt werden, weil aufgrund des

vorderen Anteils des Deltamuskels nur wenig Platz ist, um die Sehne zu rekonstruieren (7,17,60). Der vordere Deltamuskel neigt dazu, den Footprint zu verdecken. Mit zunehmender Dauer der ASK wird der zu Verfügung stehende Raum durch Schwellung des Schultergelenks noch kleiner (17).

1.5. Fragestellung und Zielsetzung

Trotz zahlreicher klinischer Tests und verbesserter bildgebender Verfahren werden immer noch viele SSC-PR erst während der Schulterarthroskopie entdeckt. Werden in der MRT-Bildgebung jedoch Rupturen diagnostiziert, so werden diese nahezu immer durch den arthroskopischen Befund bestätigt. Daher sind besonders die SSC-Läsionen von Interesse, die nicht durch die MRT-Bildgebung entdeckt werden. Eine genaue und korrekte Diagnosestellung ist wichtig, damit der Operateur den durchzuführenden Eingriff präoperativ besser planen kann.

Ziel dieser Studie ist:

- die diagnostische Qualitäten des LOT, des BPT, des BHT in 45° und 90° Flexion und des BOS vergleichend zu ermitteln
- zu eruieren, inwiefern eine Kombination dieser Tests die vorhandene diagnostische Lücke schließen kann
- herauszufinden, ob isometrische Kraftmessungen in verschiedenen Positionen möglicherweise einen Beitrag zur Diagnostik von SSC-PR beitragen können
- einen möglichen Zusammenhang zwischen CHD und SSC-PR zu untersuchen
- zu ermitteln, inwiefern die weit verbreiteten ASES-Score und Constant-Score Läsionen des SSC abbilden
- schlussendlich einen Vergleich der erhobenen Ergebnisse mit der aktuellen Literatur vorzunehmen.

2. Patienten und Methoden

2.1. Studiendesign

Es handelt sich bei der vorliegenden Studie um eine prospektive Erhebung. Die Patienten wurden vor der durchgeführten Schulterarthroskopie über den Studienumfang und die wissenschaftliche Auswertung ihrer Daten aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Ein positives Votum der Ethikkommission liegt vor. Die Abfolge der Untersuchungen und Tests war standardisiert und erfolgte immer durch den gleichen Untersucher.

2.2 Patienten

2.2.1. Einschlusskriterien

Es wurden 82 konsekutive Patienten eingeschlossen, bei denen im Zeitraum von November 2011 bis November 2012 die Indikation zur Schulterarthroskopie aufgrund folgender Pathologien gestellt wurde: SSP-Ruptur, Impingement, Tendinosis calcarea oder Schulterinstabilität.

2.2.2. Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien waren eine Voroperation der betroffenen Schulter, eine bereits präoperativ durch bildgebende Verfahren gesicherte SSC-Komplettruptur und ein stark eingeschränktes Bewegungsausmaß.

2.2.3. Patientenkollektiv

Die Studie wurde mit 82 Patienten durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Operation waren die Patienten im Durchschnitt 50,6 (SD: 15,3) Jahre alt. Der jüngste Patient war 16 Jahre alt, der älteste 77 Jahre. 50 Patienten (61,0%) waren männlich, 32 (39%) weiblich. Bei 48 Patienten (58,5%) wurde die rechte Schulter operiert, bei 34 (41,5%) die linke Schulter. Die operierte Seite war bei 49 Patienten (59,8%) dominant, bei 33 Patienten (40,2%) war die nicht dominante Schulter betroffen.

2.3. Untersuchung

2.3.1. Bewegungsausmaß

Die Untersuchung begann mit einer Erfassung des aktiven Bewegungsausmaßes beider Schultergelenke nach der Neutral-Null-Methode, wobei stets die nicht betroffene

Schulter zuerst geprüft wurde. Hierbei wurde ein Goniometer benutzt und der Wert wurde auf die nächsten vollen fünf Grad gerundet. Es wurden die maximale aktive Flexion, Abduktion und Außenrotation bei 90° gebeugtem Ellbogen notiert. Zudem wurde die maximal mögliche Innenrotation getestet, indem der Patient aufgefordert wurde, seine Hand hinter dem Rücken möglichst weit nach kranial zu bewegen. Das Ergebnis wurde analog zum Constant Score gewertet (22).

2.3.2. Klinische Tests

Die klinischen Tests zur Detektion einer möglichen SSC-Partialruptur wurden stets für beide Seiten durchgeführt, beginnend mit der nicht betroffenen Seite.

2.3.2.1. Lift-off Test (LOT)

Der Patient wurde aufgefordert, seinen Arm in maximaler Innenrotation hinter den Rücken zu bringen und ihn mit dem Handrücken auf Höhe der mittleren Lendenwirbelsäule zu platzieren (Abb. 5). Dann wurde der Patient gebeten, den Arm vom Rücken abzuheben („Lift-off“) ohne eine Streckung im Ellbogengelenk auszuführen (Abb. 6). Der Test wurde als positiv gewertet, wenn der Patient nicht in der Lage war, den Arm vom Rücken abzuheben oder dies nur durch eine Streckung im Ellbogengelenk möglich war (33).



Abbildung 5: Ausgangsposition LOT



Abbildung 6: Endposition LOT

2.3.2.2. Belly-press Test (BPT)

Bei diesem Test nach Gerber et al. (34) wurde der Patient aufgefordert, seine Hände so vor den Körper zu bringen, dass sich die 90° gebeugten Ellbogen seitlich vom Körper befanden und die gestreckten Hände flach auf dem Bauch zu liegen kamen (Abb. 7). Dann wurde der Patient gebeten, mit der flachen Hand auf den Bauch zu drücken und dabei den Arm in maximaler Innenrotation zu halten. Ist die Innenrotationskraft stark genug, bleibt das Handgelenk gestreckt. Ist die Innenrotationskraft aber geschwächt, kommt es zum Abknicken im Handgelenk, da der Druck kompensatorisch durch eine Extension im Schultergelenk ausgeübt wird. Die endgültige Flexionsstellung im Handgelenk wurde, wie von Kim et al. (55) beschrieben, mittels eines Goniometers gemessen. War die Seitendifferenz größer 10°, wurde der BPT als positiv gewertet (Abb. 8).



Abbildung 7: Ausgangsposition BPT



Abbildung 8: Positiver BPT rechts

2.3.2.3. Belly-off sign (BOS)

Der Arm des Patienten wurde bei diesem Test nach Scheibel et al. (76) passiv in eine Flexions- und maximale Innenrotationsstellung gebracht. Dabei unterstützte die eine Hand des Untersuchers den Ellbogen des Patienten, während die andere die gestreckte Hand des Patienten auf dessen Bauch platzierte (Abb. 9). Der Patient wurde aufgefordert diese Position zu halten, sobald der Untersucher die Hand des Patienten losließ. Der Test wurde als positiv gewertet, wenn sich die Hand vom Bauch abhob oder es zu einem Abknicken im Handgelenk kam (Abb. 10).



Abbildung 9: Ausgangsposition BOS



Abbildung 10: positives BOS rechts

2.3.2.4. Bear-Hug Test (BHT)

Bei diesem erstmals von Barth et al. (6) beschriebenen Test wurde der Patient aufgefordert, die Hand mit gestreckten Fingern auf die Schulter der kontralateralen Seite zu legen, wobei der Ellbogen vor dem Körper platziert war. Daraufhin wurde der Patient gebeten, diese Position zu halten, während der Untersucher versuchte, die Hand durch eine achsengerechte Außenrotationsbewegung von der Schulter abzuheben. Der BHT wurde sowohl in 45° (Abb. 11) als auch in 90° (Abb. 12) Flexion durchgeführt, da die Ergebnisse einer EMG-Studie nahelegen, dass bei 45° Flexion der obere und untere Teil und bei 90° Flexion besonders der untere Teil des SSC aktiviert werden (20). Der Test wurde als positiv gewertet, wenn der Patient den Arm nicht auf der Schulter halten konnte (Abb. 13). Ein schmerzhafter Test ohne positives Resultat wurde separat notiert.



Abbildung 11: Ausgangsposition BHT in 45°

Abbildung 12: Ausgangsposition BHT in 90°



Abbildung 13: Positiver BHT

2.3.3. Isometrische Kraftmessung

Bei einer isometrischen Kontraktion der Muskulatur bleibt die Länge des Muskels gleich („isometrisch“), das heißt es kommt zu keiner Bewegung im Gelenk, während sich die Spannung erhöht. Die Spannung wurde in dieser Studie mit dem Muskelkraft Analysegerät IsoBex 3.0 (Medical Device Solution AG, Burgdorf) ermittelt (Abb. 14). Dieses erfasst über einen Zeitraum von fünf Sekunden die Kraft des Patienten, welche während der Messdauer zehnmal pro Sekunde gemessen und schließlich über die Zeit integriert wird. Auf dem Display wird der Durchschnitt der gesamten Messzeit in Kilogramm (kg) angezeigt. Der Mittelwert wurde für alle Kraftmessungen für beide Seiten ermittelt und notiert. War die Durchführung der Messung aufgrund von starken Schmerzen oder einer Bewegungseinschränkung unmöglich, wurde dies als „nicht durchführbar“ notiert. Die Patienten wurden vor jeder Messung über den genauen Ablauf informiert, die korrekte Ausführung wurde durch den Untersucher demonstriert und die Patienten hatten Gelegenheit, die geforderte Übung für beide Seiten einmal ohne Messung auszuprobieren. Der Patient wurde in die entsprechenden Ausgangspositionen gebracht, der Start der Messung wurde angekündigt und der Patient wurde jedes Mal aufgefordert, seine maximale Kraft zu investieren und für fünf Sekunden aufrechtzuerhalten. Die Schlinge des Kraftmessers wurde stets so eingestellt, dass sie in Ausgangsposition gespannt war. Die Messungen begannen immer mit dem Kommando „Los“ des Untersuchers und endeten mit dem Kommando „Ende“.



Abbildung 14: IsoBex 3.0 (Medical Device Solution AG, Burgdorf)

2.3.3.1. Abduktionsmessung

Der Patient wurde aufgefordert, den gestreckten Arm um 90° zu abduzieren. Dabei wurde der Patient so platziert, dass sich das Handgelenk direkt über dem Kraftmesser befand. Die Schlinge des Kraftmessers wurde auf Höhe des Handgelenks angelegt, sodass sie senkrecht zum Boden nach oben verlief (Abb. 15). Nun wurde der Patient aufgefordert, durch Abduktion des Arms eine maximale Spannung aufzubauen, jedoch ohne Bewegung in der Wirbelsäule. Der ermittelte Kraftwert wurde auch zur Ermittlung des Constant-Scores herangezogen (23).



Abbildung 15: Kraftmessung Abduktion

2.3.3.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen

Bei dieser Messung wurde der Patient gebeten, seinen Arm im Ellbogengelenk um 90° zu flektieren, wobei der Arm entspannt seitlich am Körper anliegen sollte. Der Patient wurde angewiesen, die Hand zu einer Faust zu formen. Der Kraftmesser wurde so an der Wand befestigt, dass er sich auf Höhe der Hand des getesteten Arms befand. Die Schlinge des Kraftmessers wurde auf Höhe des Handgelenks platziert, sodass sie parallel zum Boden verlief (Abb. 16). Nun wurde der Patient aufgefordert, mit dem Arm in der Schlinge eine Innenrotation im Schultergelenk auszuführen. Dabei war darauf zu achten, dass die Innenrotation nur in der Schulter erfolgte, nicht jedoch durch Drehung des Körpers verstärkt wurde.



Abbildung 16: Kraftmessung Innenrotation bei angelegtem Arm

2.3.3.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position

Nun wurde der Patient aufgefordert, sich mit dem Gesicht zur Wand hinzustellen und den Arm in die Ausgangsposition des Lift-off Tests zu bringen. Die Schlinge wurde auf Höhe des Handgelenks angelegt und auf der kontralateralen Seite am Körper vorbeigeführt. Der Kraftmesser wurde so an der Wand befestigt, dass die Schlinge parallel zum Boden verlief. Dann wurde der Patient gebeten, seinen gesamten Körper um wenige Grad zur getesteten Seite wegzudrehen, sodass die Schlinge in möglichst geringem Maße durch den Körper des Patienten umgelenkt wurde (Abb. 17). Nun wurde der Patient aufgefordert, Spannung zu erzeugen, indem er die Hand mit einer Innenrotationsbewegung vom Rücken abhebt. Zu beachten war, dass der Patient sich nicht nach hinten fallen ließ, um so vermehrt Spannung zu erzeugen.



Abbildung 17: Kraftmessung Innenrotation in LOT-Position

2.4. Fragebogen

Die Fragebogen zu Erfassung der Schulterfunktion wurden stets für beiden Seiten ausgefüllt.

2.4.1. ASES-Score

Der American Shoulder and Elbow Surgery (ASES) Score (74) basiert auf einem standardisierten Fragebogen, der rein subjektive Krankheitsmerkmale abfragt. Der ASES-Score setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Zum einem aus dem subjektiven Schmerzempfinden, zum anderen aus der vom Patienten wahrgenommenen Funktionseinschränkung, welche gleich gewichtet werden. Das individuelle Schmerzempfinden der Patienten wurde anhand einer visuellen Analogskala erfasst, welche von 0 (kein Schmerz) bis 10 (stärkster vorstellbarer Schmerz) reichte. Der vom Patienten angegebene Wert wird von 10 subtrahiert und dann mit 5 multipliziert, sodass sich ein Maximalwert von 50 Punkten ergibt. Die subjektive Funktionseinschränkung des Patienten wurde mittels einer Liste von zehn Alltagsaktivitäten (activities of daily living, ADL) ermittelt (Tabelle 1). Hierzu sollte der Patient den einzelnen Aktivitäten einen Wert von 0 bis 3 zuordnen.

0 = Durchführung unmöglich

1 = Durchführung sehr schwierig

2 = Durchführung schwierig

3 = Durchführung kein Problem

Anziehen eines Mantels	0	1	2	3
Schlafen auf der Seite	0	1	2	3
Den Rücken waschen	0	1	2	3
Das Gesäß waschen	0	1	2	3
Kämmen	0	1	2	3
Einen 2,5kg schweren Gegenstand über Schulterniveau heben	0	1	2	3
Etwas aus einem hohen Regal nehmen	0	1	2	3
Einen Ball über Kopf werfen	0	1	2	3
Berufsausübung	0	1	2	3
Allgemeine Sportfähigkeit	0	1	2	3

Tabelle 1: Liste der Tätigkeiten des täglichen Lebens (ADL)

Die einzelnen Werte addiert und mit 5/3 multipliziert ergeben ebenfalls einen Maximalwert von 50 Punkten.

Der ASES-Score mit der Maximalpunktzahl von 100 Punkten errechnet sich aus der Addition der beiden Werte:

$$X = [(10 - \text{Punktzahl der Schmerzen}) \times 5] + (5/3 \times \text{Punktzahl für ADL}).$$

2.4.2. Constant-Score

Der Score nach Constant und Murley (22) ist in zwei Bereiche unterteilt: Zum einen das subjektive Empfinden von Schmerzen (15 Punkte) und Einschränkungen bei Alltagsaktivitäten (20 Punkte), zum anderen die durch den Untersucher erhobenen objektiven Befunde von Beweglichkeit (40 Punkte) und Kraft (25 Punkte). Als Maximalpunktzahl können nach Addition der Punktzahlen aller Teilbereiche auch hier 100 Punkte erreicht werden.

Der Schmerz wurde anhand einer visuellen Analogskala von 0 (kein Schmerz) bis 15 (stärkster vorstellbarer Schmerz) erfasst. Der Punktwert ergibt sich aus der Subtraktion des angegebenen Wertes von 15.

Die Alltagsaktivitäten konnten vom Patienten ebenfalls durch Punkte bewertet werden, je besser die Funktion, desto mehr Punkte (Tabelle 2).

Arbeitsfähigkeit	0 1 2 3 4
Freizeit-/Sportfähigkeit	0 1 2 3 4
Schlaffähigkeit	0 1 2

Tabelle 2: Punkteverteilung Alltagsaktivitäten 1

Zudem sollten die Patienten in dieser Kategorie angeben, bis zu welcher Höhe sie Aktivitäten mit der Schulter schmerzfrei ausführen können (Tabelle 3).

Schmerzfrie Aktivität bis	
Gürtellinie	2
Xiphoid	4
Hals	6
Scheitel	8
Über Kopf	10

Tabelle 3: Punkteverteilung Alltagsaktivitäten 2

Die aktive Beweglichkeit wurde erhoben und in entsprechende Punktwerte umgewandelt (Tabelle 4-6).

0-30°	0
31-60°	2
61-90°	4
91-120°	6
121-150°	8
151-180°	10

Tabelle 4: Punkteverteilung Flexion / Abduktion

Hand hinter dem Kopf, Ellenbogen vorne	2
Hand hinter dem Kopf, Ellenbogen hinten	4
Hand auf dem Kopf, Ellenbogen vorne	6
Hand auf dem Kopf, Ellenbogen hinten	8
Keine Einschränkungen	10

Tabelle 5: Punkteverteilung Außenrotation

Handrücken erreicht...	
Oberschenkel	2
Gesäß	4
Taille	6
BWK 12	8
Scapula	10

Tabelle 6: Punkteverteilung Innenrotation

Die Kraft des Patienten wurde wie oben beschrieben geprüft. Um die Punktzahl zu erhalten, wurde der Wert von kg in Pfund umgerechnet. Pro erreichten ganzem Pfund

ergibt sich ein Punkt, jedoch beträgt die Höchstpunktzahl 25 Punkte (entspricht 11,25 kg). Betrug die maximale Abduktion des Patienten weniger als 90°, erhielt der Patient 0 Punkte (23).

Um einen Vergleich der erhobenen Daten mit Daten anderer Patienten innerhalb dieser Studie und aus der Literatur zu ermöglichen, wurden der alters- und geschlechtsadaptierte Constant-Score (von hier an: relativer Constant Score) und die alters- und geschlechtsadaptierte Abduktionskraft (von hier an: relative Abduktionskraft) kalkuliert. Diese werden berechnet, indem die von den Patienten erreichten Werte dividiert werden durch die dem Alter und Geschlecht der Patienten entsprechenden Normalwerte einer Vergleichsgruppe ohne Schulterprobleme. Hierzu wurden die von Yian et al. (97) 2005 ermittelten Normalwerte verwendet. Angegeben werden der relative Constant-Score und die relative Abduktionskraft in Prozent des Normalwerts der Vergleichsgruppe.

2.5. Magnetresonanztomographie

Bei 77 von 82 Patienten lag vor der Operation zur weiteren Diagnostik eine MRT-Bildgebung der betroffenen Schulter vor. Diese wurden in unterschiedlichen Institutionen angefertigt und von den Patienten meist schon zur OP-Indikationsbesprechung mitgebracht. In den MRT-Aufnahmen wurde der CHD sowohl in der axialen als auch, wenn vorhanden, in der schrägen sagittalen Schnitfführung durch die stets gleiche Person ausgemessen (36). Dabei wurde der CHD als der kürzeste Abstand zwischen kortikalem Humeruskopf und dem kortikalen Rand des Korakoids definiert (36,69,72). Das Ergebnis in Millimeter wurde notiert.

2.6. Schulterarthroskopie

Nach den präoperativen Vorbereitungen und bei vorliegender schriftlicher Einverständniserklärung des Patienten erfolgte die geplante Arthroskopie des betroffenen Schultergelenkes. Hierzu wurde der Patient nach Intubationsnarkose sitzend in Beach-Chair-Position gelagert. Nach Schaffen eines sterilen OP-Feldes wurden die anatomischen Landmarken (Akromion, Lig. coracoacromiale, Akromioklavikulargelenk, Korakoid) markiert. Dann erfolgte der Zugang zum Gelenk über ein klassisches posteriores Portal mit einer 30°-Optik. Das glenohumerale Gelenk wurde inspiziert. Über ein anteriores Portal wurde nun mit Hilfe eines Tasthakens die standardisierte Untersuchung des Schultergelenkes durchgeführt. Mit Hilfe des Tasthakens konnte in leichter Armflexion und Innenrotation der Sehnenverlauf des

SSC und der Ansatz des SSC am Humerus palpirt werden, um eine mögliche Schädigung zu ermitteln (12,60). Zur Klassifizierung einer vorhandenen Schädigung wurde die Einteilung nach Fox und Romeo (29) verwendet. Das Ausmaß der Läsion wurde mit Hilfe eines eingebrachten Tasthakens erfasst, auf dem 5 mm Markierungen aufgebracht sind.

Die weitere Operation des Patienten variierte abhängig vom intraoperativen Befund. Alle festgestellten Pathologien wurden dokumentiert, um Rückschlüsse bezüglich der Spezifität der durchgeführten klinischen Tests ziehen zu können. Die postoperative Nachsorge richtete sich nach der durchgeführten Operation.

2.7. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte unter Nutzung der Programme Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Redmond, WA 98052, USA) und SPSS Statistics 21.0 (IBM, Armonk, NY, USA). Zur Auswertung wurden folgende statistische Verfahren angewandt:

Basierend auf dem arthroskopischen Befund als Goldstandard wurden für die fünf klinischen Tests die Anzahl der richtig positiven Testergebnisse, der richtig negativen Testergebnisse, der falsch positiven Testergebnisse und der falsch negativen Testergebnisse bestimmt, sodass Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (PPV) und negativer prädiktiver Wert (NPV) errechnet werden konnten.

Der McNemar-Test wurde angewandt, um die Sensitivitäten der einzelnen Tests zu vergleichen.

Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Lag eine Normalverteilung der Daten vor, so wurde der t-Test angewandt, andernfalls wurden die Daten mittels des Mann-Whitney-U-Tests verglichen.

Zum Nachweis möglicher Zusammenhänge zwischen SSC-PR und LHB-Läsionen, der Dominanz der Seite und dem Geschlecht der Patienten wurde der Chi-Quadrat-Test nach Pearson herangezogen.

Ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ wurde für alle Tests angenommen.

3. Ergebnisse

3.1. Intraoperative Befunde

Bei den 82 durchgeführten Arthroskopien wurden bei 44 Patienten (53,7%) Läsionen der Rotatorenmanschette diagnostiziert. 24 Patienten (54,5%) der 44 Patienten wiesen eine Rotatorenmanschettenruptur ohne Beteiligung des SSC auf, bei 20 Patienten (45,5%) waren SSC-PR nachzuweisen. Anhand dieses intraoperativen Befundes ließen sich die Patienten in zwei Gruppen unterteilen: 20 Patienten (24,5%) mit einer SSC-PR (Rupturgruppe) und 62 Patienten (75,6%), bei denen keine Schädigung des SSC festgestellt wurde (Nicht-Rupturgruppe) (Tabelle 7).

Studiengruppe	Anzahl Patienten
Gesamtkollektiv	82 (100%)
Patienten ohne SSC-PR (Nicht-Rupturgruppe)	62 (75,6%)
Patienten mit SSC-PR (Rupturgruppe)	20 (24,4%)

Tabelle 7: Anteil der Patienten mit SSC-Läsionen

Von den 20 Patienten mit einer SSC-PR wiesen 17 (85%) eine PR 1°, zwei (10%) eine PR 2° und ein Patient (5%) eine PR 3° auf (Abb. 18).

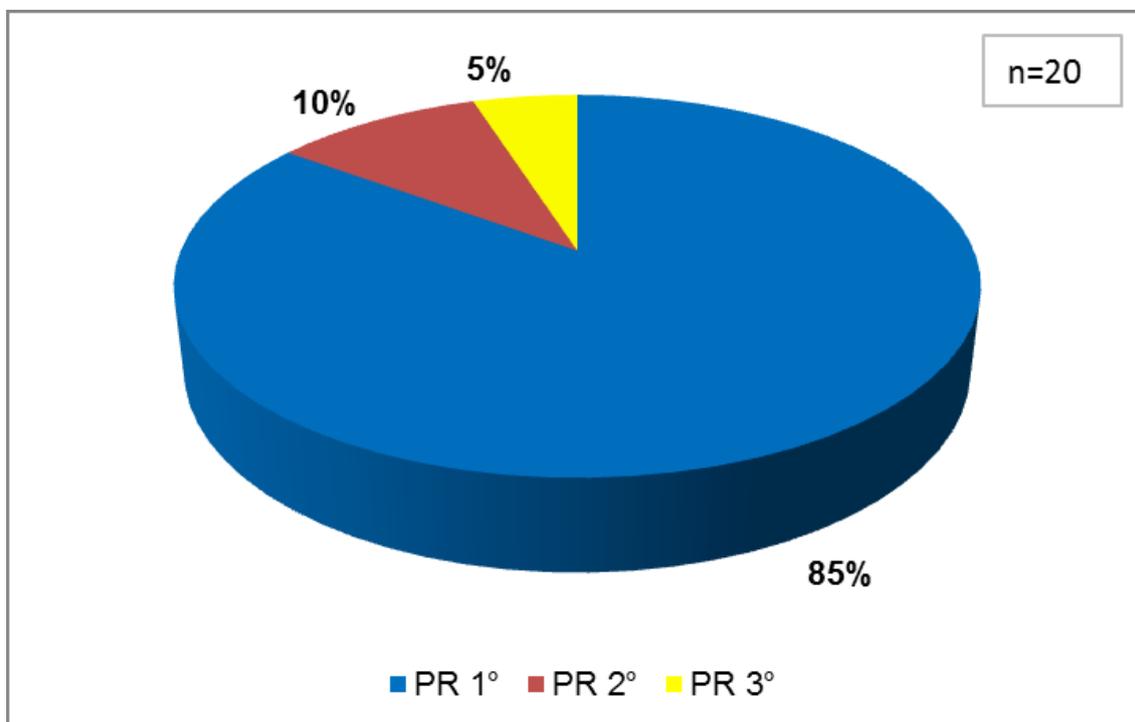


Abbildung 18: Einteilung der SSC-Rupturen nach Fox und Romeo (29)

Bei zehn Patienten (50%) der SSC-PR-Gruppe wurde eine gleichzeitige Ruptur bzw. Partialruptur des SSP festgestellt, zwei Patienten (10%) wiesen eine Rotatorenmanschettenmassenruptur unter Beteiligung des SSP und des ISP auf, acht Patienten (40%) eine isolierte SSC-PR (Abb. 19).

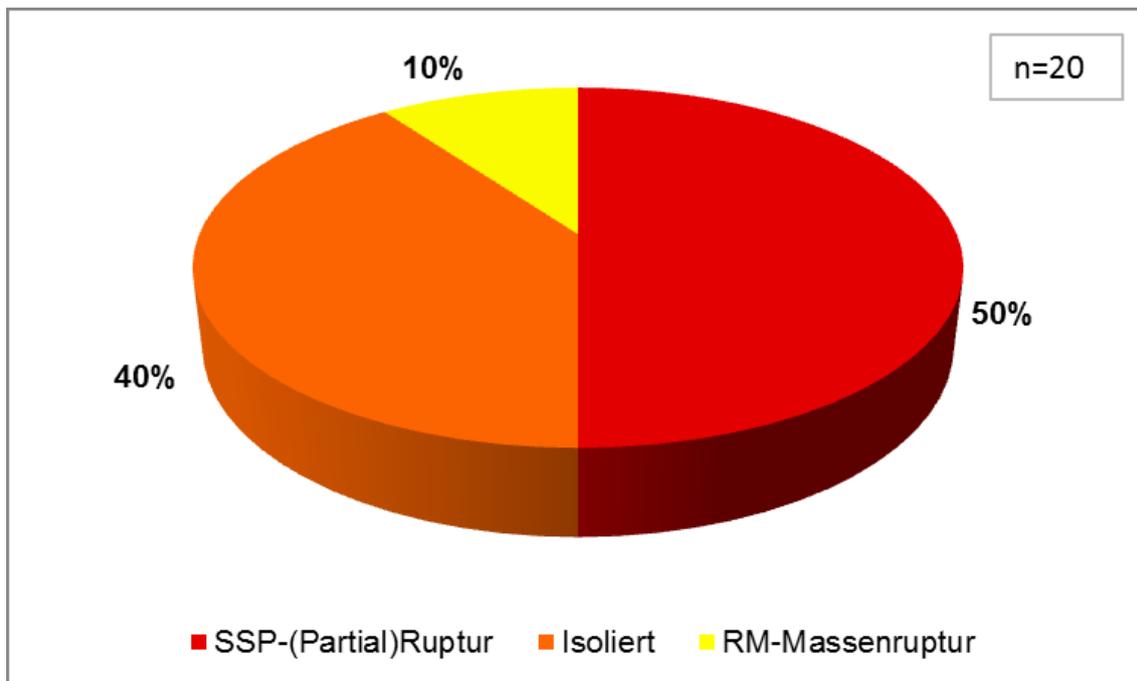


Abbildung 19: Beteiligung der übrigen Rotatorenmanschette bei SSC-PR

Außerdem war das Auftreten einer SSC-PR bei neun von 20 Patienten (45%) mit einer Läsion der LHB (Tendinitis bzw. PR) assoziiert, während in der Nicht-Rupturgruppe sieben Patienten (11%) eine LHB-Pathologie aufwiesen (Tabelle 8). Bei allen drei Patienten mit einer höhergradigen SSC-PR (2° bzw. 3°) konnte eine LHB-Läsion nachgewiesen werden.

Studiengruppe	LHB-Läsionen absolut	LHB-Läsionen relativ
Gesamtkollektiv (n=82)	16	19,5%
Rupturgruppe (n=20)	9	45%
Nicht-Rupturgruppe (n=62)	7	11%

Tabelle 8: Anzahl LHB-Pathologien nach Studiengruppe

LHB-Läsionen sind in der Rupturgruppe signifikant häufiger nachzuweisen als in der Nicht-Rupturgruppe ($p=0,001$).

3.2. Vergleich der Studiengruppen

Zum Zeitpunkt der Operation waren die Patienten des Gesamtkollektivs im Durchschnitt 50,6 (SD: 15,3) Jahre alt. Die Altersspanne reichte von 16 Jahren bis zu 77 Jahren. Der Großteil der Patienten war zwischen 40 und 70 Jahren alt (Abb. 20).

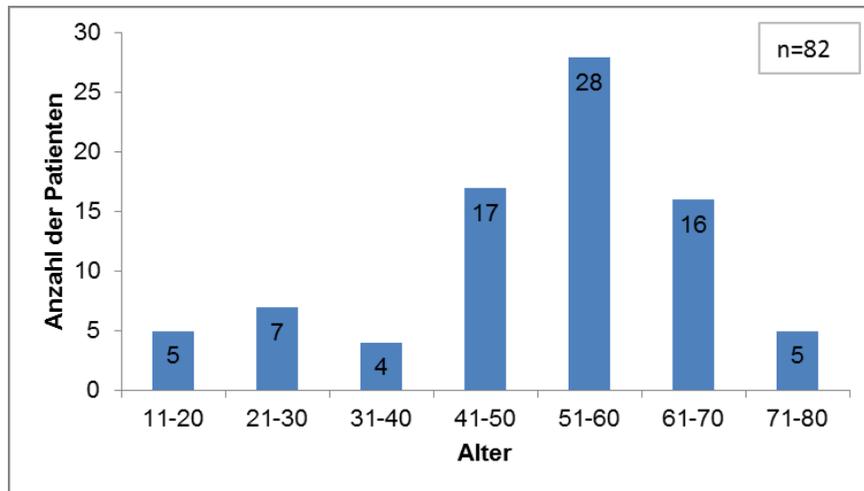


Abbildung 20: Altersverteilung Patientenkollektiv

50 (61,0%) Patienten der 82 Patienten waren männlich, 32 (39%) weiblich. Die operierte Seite war bei 49 Patienten (59,8%) dominant, bei 33 Patienten (40,2%) war die nicht dominante Schulter betroffen.

3.2.1. Nicht-Rupturgruppe

Die 62 Patienten waren im Mittel 47,8 (SD: 15,7) Jahre alt, wobei sie sich auf die verschiedenen Altersklassen wie folgt verteilten (Abb. 21).

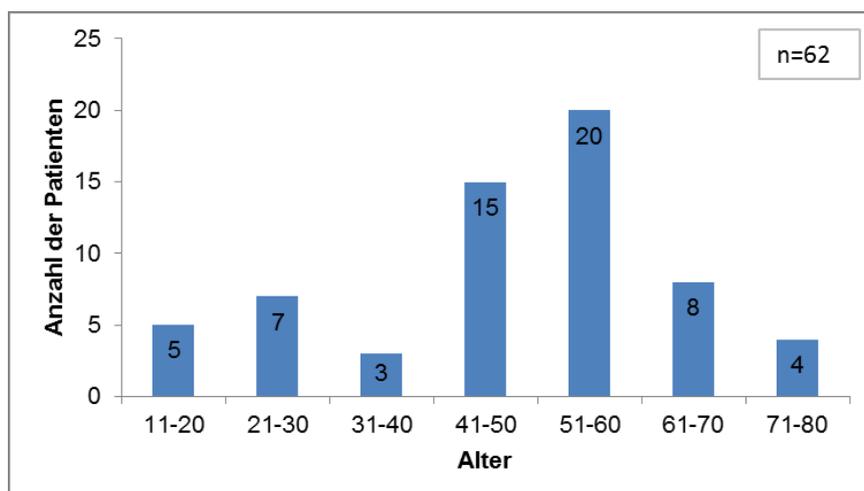


Abbildung 21: Altersverteilung der Patienten ohne SSC-Partialruptur

39 Patienten (63%) waren Männer, 23 (37%) waren Frauen. Bei 36 (58%) der 62 Patienten war die dominante Seite betroffen, während bei 26 Patienten (42%) die nicht dominante Seite operiert wurde.

3.2.2. Rupturgruppe

Die 20 Patienten der Rupturgruppe waren im Durchschnitt 59,6 (SD: 9,6) Jahre alt, der jüngste Patient war 37 Jahre alt, der älteste 74 Jahre. Die meisten Patienten (16; 80%) verteilten sich auf eine Altersspanne von 51-70 Jahren (Abb. 22).

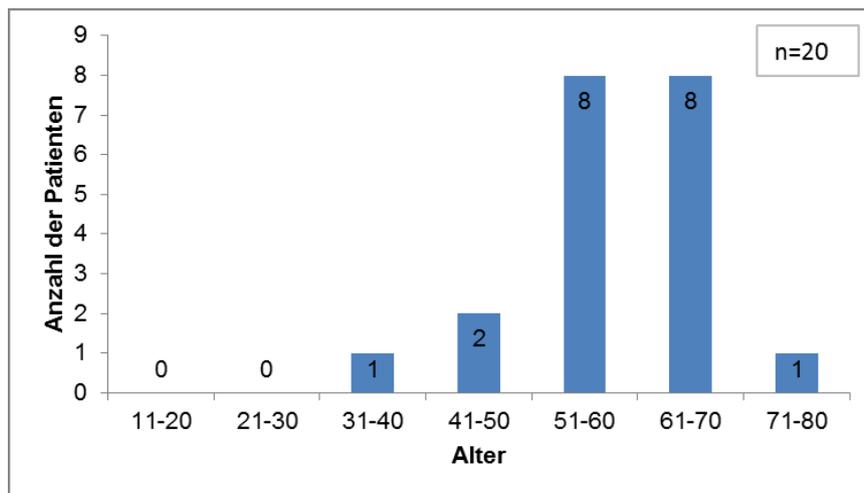


Abbildung 22: Altersverteilung Rupturgruppe

Elf Patienten (55%) waren männlich, neun (45%) waren Frauen. 13 Patienten (65%) wurden an der dominanten Schulter operiert, sieben Patienten (35%) an der nicht dominanten Seite.

3.2.3. Vergleich der Studiengruppen

Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Charakteristika der Studiengruppen.

Parameter	Nicht-Rupturgruppe	Rupturgruppe
Alter (\pm SD) in Jahren	47,8 (\pm 15,7)	59,6 (\pm 9,6)
Geschlecht (m/w)	63% / 37%	55% / 45%
Dominante Seite	58%	65%

Tabelle 9: Charakteristika der Studiengruppen

Die Rupturgruppe ist signifikant älter als die Gruppe ohne eine SSC-PR ($p=0,002$). Hinsichtlich des Geschlechts und der Dominanz der betroffenen Schulter ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Studiengruppen nachzuweisen ($p>0,05$).

3.3. Bewegungsausmaß

Die maximale aktive Flexion aller Patienten betrug im Durchschnitt 149 (SD: 32; Minimum: 70, Maximum: 180) °. Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 141 (SD: 34; Minimum: 70, Maximum: 180) °, die Nicht-Rupturgruppe 152 (SD: 31; Minimum: 80, Maximum: 180) °.

Die maximale aktive Abduktion aller Patienten betrug im Durchschnitt 123 (SD: 42; Minimum: 45, Maximum: 180) °. Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 100 (SD: 37; Minimum: 60, Maximum: 180) °, die Nicht-Rupturgruppe 131 (SD: 40; Minimum: 45, Maximum: 180) °.

Die maximale aktive Außenrotation aller Patienten betrug im Durchschnitt 49 (SD: 19; Minimum: 20, Maximum: 90) °. Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 47 (SD: 18; Minimum: 20, Maximum: 90) °, die Nicht-Rupturgruppe 50 (SD: 19; Minimum: 20, Maximum: 90) °. Abb. 23 gibt einen Überblick über das Bewegungsausmaß der beiden Gruppen im Vergleich.

Das Ausmaß der aktiven Flexion und der aktiven Außenrotation der Rupturgruppe unterscheidet sich nicht signifikant von der Nicht-Rupturgruppe ($p > 0,05$). Jedoch zeigt sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der aktiven Abduktion zwischen der Rupturgruppe und der Nicht-Rupturgruppe ($p = 0,003$).

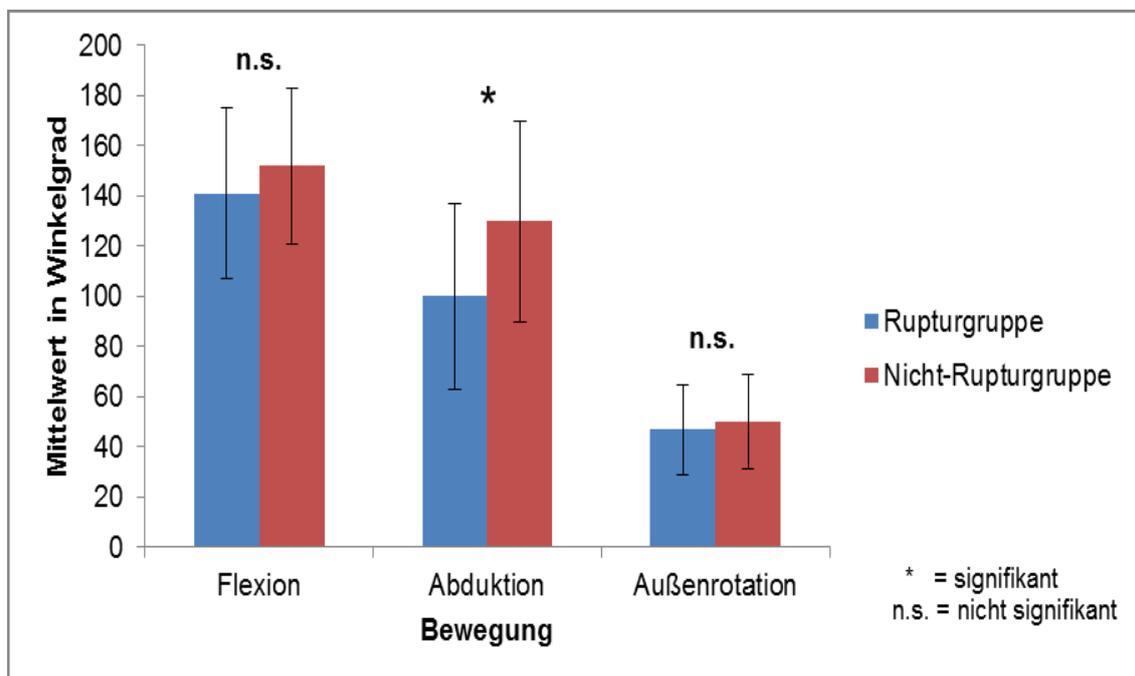


Abbildung 23: Bewegungsausmaß Flexion, Abduktion u. Außenrotation

Die maximale aktive Innenrotation wurde analog zum Constant-Score gewertet (Abb. 24). Der Mittelwert betrug für das Patientenkollektiv 6,8 (SD: 2,4) Punkte, bei einem Minimum von zwei Punkten und einem Maximum von zehn Punkten. Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 5,4 (SD: 2,8) Punkte, das Minimum betrug zwei Punkte, das Maximum zehn Punkte. Die Nicht-Rupturgruppe wies einen durchschnittlichen Wert von 7,2 (SD: 2,1) Punkten auf. Das Minimum lag ebenfalls bei zwei Punkten, das Maximum waren zehn Punkte. Der Unterschied zwischen der Rupturgruppe und der Nicht-Rupturgruppe ist signifikant ($p=0,013$).

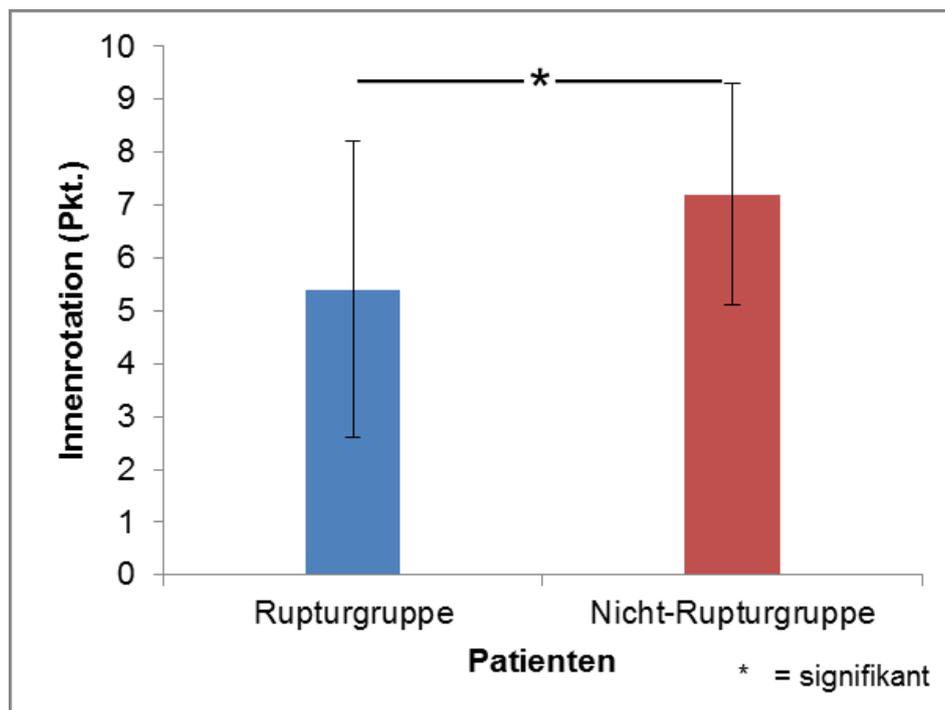


Abbildung 24: Bewegungsausmaß Innenrotation Constant Score

3.4. Klinische Tests

3.4.1. Lift-off Test

Der LOT konnte bei 75 der 82 Patienten (91,5%) durchgeführt werden. Sieben Patienten (8,5%) waren aufgrund zu starker Schmerzen oder einer erheblichen Bewegungseinschränkung nicht in der Lage, den Test auszuführen. Vier (57%) dieser sieben Patienten wiesen eine SSC-PR (drei PR 1°, eine PR 2°) auf. Mittels des LOT wurden fünf Patienten präoperativ korrekt als positiv erkannt (richtig positiv), elf Läsionen wurden nicht detektiert (falsch negativ). Bei 56 Patienten war der Test negativ und wurde durch einen negativen ASK-Befund bestätigt (richtig negativ). Drei Patienten wurden positiv eingestuft, bei denen sich intraoperativ keine SSC-PR fanden (falsch positiv).

Hieraus ergeben sich eine Sensitivität von 31%, eine Spezifität von 95%, ein PPV von 63% und ein NPV von 84% (Tabelle 10).

Richtig positiver Test	5
Richtig negativer Test	56
Falsch positiver Test	3
Falsch negativer Test	11
Sensitivität	31%
Spezifität	95%
Positiver prädiktiver Wert	63%
Negativer prädiktiver Wert	84%
Test nicht durchführbar (bei SSC-PR)	7 (4)

Tabelle 10: Ergebnisse Lift-off Test

3.4.2. Belly-press Test

Der BPT konnte bei 81 der 82 Patienten (98,8%) durchgeführt werden. Ein Patient (1,2%) konnte den BPT aufgrund starker Schmerzen nicht ausführen. Durch den BPT wurden sechs Patienten präoperativ richtig erkannt, 14 der 20 Läsionen wurden nicht detektiert. Drei Patienten wurden fälschlicherweise als positiv eingestuft, 58 korrekt als negativ. Hieraus ergeben sich für den BPT eine Sensitivität von 30%, eine Spezifität von 95%, ein PPV von 67% und ein NPV von 81% (Tabelle 11).

Richtig positiver Test	6
Richtig negativer Test	58
Falsch positiver Test	3
Falsch negativer Test	14
Sensitivität	30%
Spezifität	95%
Positiver prädiktiver Wert	67%
Negativer prädiktiver Wert	81%
Test nicht durchführbar (bei SSC-PR)	1 (0)

Tabelle 11: Ergebnisse Belly-press Test

3.4.3. Belly-off sign

Das BOS konnte bei 78 der 82 Patienten (95,1%) geprüft werden. Vier Patienten (4,9%) konnten aufgrund zu starker Schmerzen oder einer Bewegungseinschränkung nicht in die erforderliche Ausgangsposition gebracht werden. Bei zwei dieser vier Patienten wurde intraoperativ eine SSC-PR (zwei PR 1°) festgestellt. Durch das BOS wurden sechs SSC-PR präoperativ korrekt erkannt, zwölf Läsionen wurden nicht detektiert. 56 Patienten wurden richtig negativ getestet, bei vier Patienten zeigte sich ein positives BOS trotz unauffälligen Befundes in der ASK. Anhand dieser Werte lassen sich für das BOS eine Sensitivität von 33%, eine Spezifität von 93%, ein PPV von 60% und ein NPV von 82% errechnen (Tabelle 12).

Richtig positiver Test	6
Richtig negativer Test	56
Falsch positiver Test	4
Falsch negativer Test	12
Sensitivität	33%
Spezifität	93%
Positiver prädiktiver Wert	60%
Negativer prädiktiver Wert	82%
Test nicht durchführbar (bei SSC-PR)	4 (2)

Tabelle 12: Ergebnisse Belly-off sign

3.4.4. Bear-Hug Test

3.4.4.1. Bear-Hug Test in 45° Flexion

Der BHT bei 45° flektiertem Arm konnte bei allen 82 Patienten ausgeführt werden. Zehn Patienten wurden korrekt als positiv erkannt, ebenso wiesen zehn Patienten mit einem negativen Ergebnis eine SSC-PR auf. 56 Patienten wurden korrekt negativ eingestuft, sechs Patienten hatten ein falsch positives Testergebnis. Bei diesen Werten ergeben sich für den BHT in 45° Flexion eine Sensitivität von 50%, eine Spezifität von 90%, ein PPV von 63% und ein NPV von 85%. Ein schmerzhafter, jedoch negativer BHT in 45° Flexion zeigte sich bei drei Patienten, von denen bei einem Patienten eine SSC-PR 1° festgestellt werden konnte (Tabelle 13).

Richtig positiver Test	10
Richtig negativer Test	56
Falsch positiver Test	6
Falsch negativer Test	10
Sensitivität	50%
Spezifität	90%
Positiver prädiktiver Wert	63%
Negativer prädiktiver Wert	85%
Schmerzhaft, aber negativ (bei SSC-PR)	3 (1)
Test nicht durchführbar (bei SSC-PR)	0 (0)

Tabelle 13: Ergebnisse Bear-Hug Test in 45° Flexion

Bei den sechs Patienten, die ein falsch positives Ergebnis aufwiesen, wurde in vier Fällen u.a. ein Outlet Impingement diagnostiziert.

3.4.4.2. Bear-Hug Test in 90° Flexion

Der BHT bei 90° flektiertem Oberarm wurde bei 73 Patienten (89%) durchgeführt, neun Patienten (11%) konnten aufgrund starker Schmerzen oder einer Bewegungseinschränkung nicht in die gewünschte Ausgangsposition gebracht werden. Drei dieser neun Patienten wiesen eine SSC-PR (zwei PR 1°, eine PR 2°) auf. Mit dem BHT in 90° Flexion wurden neun SSC-PR richtig erkannt, acht wurden nicht detektiert. 48 Patienten hatten ein richtig negatives Testergebnis, weitere acht Patienten ein falsch positives Ergebnis. Die Sensitivität für den BHT in 90° Flexion beträgt somit 53%, die Spezifität 86%, der PPV 53% und der NPV 86%. Vier Patienten mit negativem

Testergebnis klagten über Schmerzen während des Tests. Bei einem dieser vier Patienten wurde in der ASK eine SSC-PR 1° gefunden (Tabelle 14).

Richtig positiver Test	9
Richtig negativer Test	48
Falsch positiver Test	8
Falsch negativer Test	8
Sensitivität	53%
Spezifität	86%
Positiver prädiktiver Wert	53%
Negativer prädiktiver Wert	86%
Schmerzhaft, aber negativ (bei SSC-PR)	4 (1)
Test nicht durchführbar (bei SSC-PR)	9 (3)

Tabelle 14: Ergebnisse Bear-Hug Test in 90° Flexion

Bei den acht Patienten, die ein falsch positives Ergebnis aufwiesen, wurde in fünf Fällen u.a. ein Outlet Impingement diagnostiziert.

3.4.5. Zusammenfassender Vergleich

Insgesamt wurden zwölf (60%) der 20 SSC-PR von einem der fünf Tests präoperativ erkannt, acht Läsionen (40%) konnten durch keinen der klinischen Tests detektiert werden. Die SSC-PR 3° wurde durch alle Tests korrekt erkannt. Die zwei PR 2° wurden durch den BPT, das BOS und den BHT in 45° Flexion beide korrekt erfasst. Der LOT und der BHT in 90° Flexion konnten bei einem der beiden Patienten mit PR 2° nicht durchgeführt werden, der andere Patient wurde richtig als positiv eingestuft.

Zusammen genommen identifizierte der BHT in 45° bzw. 90° Flexion die zwölf Läsionen, die durch die Kombination aller Tests ebenfalls identifiziert wurden, d.h. durch keinen der anderen drei Tests wurde eine zusätzliche Läsion entdeckt. Hingegen wurden zwei SSC-PR präoperativ durch einen der beiden Bear-Hug Tests richtig erkannt, die durch keinen der anderen Tests erfasst wurden.

Es gab zwei Patienten mit SSC-PR, bei denen der BHT in 90° Flexion positiv war, wohingegen der BHT in 45° Flexion negativ ausfiel. Bei diesen Patienten fanden sich neben einer SSC-PR 1° folgende intraoperative Befunde: ein Outlet Impingement mit SLAP-Läsion 1° bzw. eine Rotatorenmanschettenmassenruptur. Demgegenüber stehen drei Patienten, die durch den BHT in 45° Flexion korrekt als positiv eingestuft

wurden, jedoch durch den BHT in 90° Flexion nicht erkannt wurden. Der BHT in 90° Flexion war bei diesen drei Patienten nicht durchführbar (vgl. Tabelle 15).

Lift-Off Test	Belly-Press Test	Belly-Off Test	Bear-Hug Test 45°	Bear-Hug Test 90°	SSC-PR
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
0	0	0	0	0	1°
x	0	0	1	x	1°
0	0	1	0	1	1°
1	0	0	0	1	1°
x	0	0	1	1	1°
x	0	1	1	1	1°
1	1	x	1	x	1°
1	0	x	1	1	1°
0	1	0	1	1	1°
0	1	1	1	1	1°
x	1	1	1	x	2°
1	1	1	1	1	2°
1	1	1	1	1	3°

0 = negatives Testergebnis, 1 = positives Testergebnis,
x = nicht durchführbar

Tabelle 15: Ergebnistafel der klinischen Tests

Die Sensitivitäten der einzelnen Tests betragen 31% für den LOT, 30% für den BPT, 33% für das BOS, 50% für den BHT in 45° Flexion und 53% für den BHT in 90° Flexion. Der Unterschied in den Sensitivitätsraten zwischen den einzelnen Tests war nicht signifikant ($p > 0,05$). Die Spezifitäten der Tests sind 95% sowohl für den LOT als auch für den BPT, 93% für das BOS, 90% für den BHT in 45° Flexion und 86% für den BHT in 90° Flexion (Tabelle 16).

	LOT	BPT	BOS	BHT 45°	BHT 90°
Sensitivität (%)	31	30	33	50	53
Spezifität (%)	95	95	93	90	86
PPV (%)	63	67	60	63	53
NPV (%)	84	81	82	85	86

Tabelle 16: Sensitivität, Spezifität, PPV und NPV der klinischen Tests

Bei Ausschluss der drei Patienten mit einer SSC-PR 2° bzw. 3° ergibt sich eine Sensitivität von 21% für den LOT, von 18% für den BPT, von 20% für das BOS, von 41% für den BHT in 45° Flexion und von 47% für den BHT in 90° Flexion. Die Spezifitäten bleiben nahezu unverändert (Tabelle 17).

	LOT	BPT	BOS	BHT 45°	BHT 90°
Sensitivität (%)	21	18	20	41	47
Spezifität (%)	95	95	93	90	86
PPV (%)	50	50	43	54	47
NPV (%)	84	81	82	85	86

Tabelle 17: Sensitivität, Spezifität, PPV und NPV nur für PR 1°

Auch beim Vergleich der Sensitivitäten für PR 1° zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den klinischen Tests ($p > 0,05$).

3.5. Isometrische Kraftmessungen

3.5.1. Abduktionsmessung

Die Messung der isometrischen Abduktionskraft konnte bei 81 (98,8%) der 82 Patienten durchgeführt werden, in einem Fall war der Kraftmesser aufgrund entladener Batterien nicht funktionsfähig.

Die Abduktionskraft betrug für das Gesamtkollektiv im Durchschnitt 3,3 (SD: 2,7) kg, bei einem Minimalwert von 0,0 kg und einem Maximalwert von 11,0 kg. Die Patienten der Rupturgruppe erreichten im Mittel 2,2 (SD: 1,8) kg, der geringste Wert betrug 0,0 kg, der höchste Wert war 5,0 kg. Der Durchschnittswert der Nicht-Rupturgruppe betrug 3,6 (SD: 2,9) kg, der niedrigste erreichte Wert war 0,0 kg, der maximale Wert 11,0 kg.

3.5.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen

Die Messung der isometrischen Innenrotationskraft bei angelegtem Arm und 90° flektiertem Ellbogen konnte bei 80 Patienten (97,6%) durchgeführt werden. Bei den übrigen zwei Patienten war der Kraftmesser nicht funktionsfähig. Der Mittelwert für das Patientenkollektiv lag bei 7,0 (SD: 3,9) kg mit einer Spannbreite von minimal 0 kg bis zu maximal 21,3 kg. Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 5,9 (SD: 3,5) kg, der niedrigste Wert betrug 0,6 kg, der Maximalwert war 15,2 kg. Die Nicht-Rupturgruppe wies einen mittleren Kraftwert von 7,4 (SD: 4,0) kg auf, Minimum war 0 kg, Maximum 21,3 kg.

3.5.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position

Die isometrische Innenrotationskraft konnte bei 73 Patienten (89,0%) gemessen werden. Der Mittelwert für das Patientenkollektiv betrug 3,2 (SD: 2,6) kg, der niedrigste Wert war 0 kg, der höchste Wert 11,4 kg. Die Patienten der Rupturgruppe schafften im Mittel 1,7 (SD: 1,7) kg, der geringste Wert betrug 0 kg, der maximale Wert 5,4 kg. Die Nicht-Rupturgruppe wies eine mittlere Kraft von 3,6 (SD: 2,7) kg auf, das Minimum war 0 kg, das Maximum 11,4 kg.

3.5.4. Vergleich der Studiengruppen

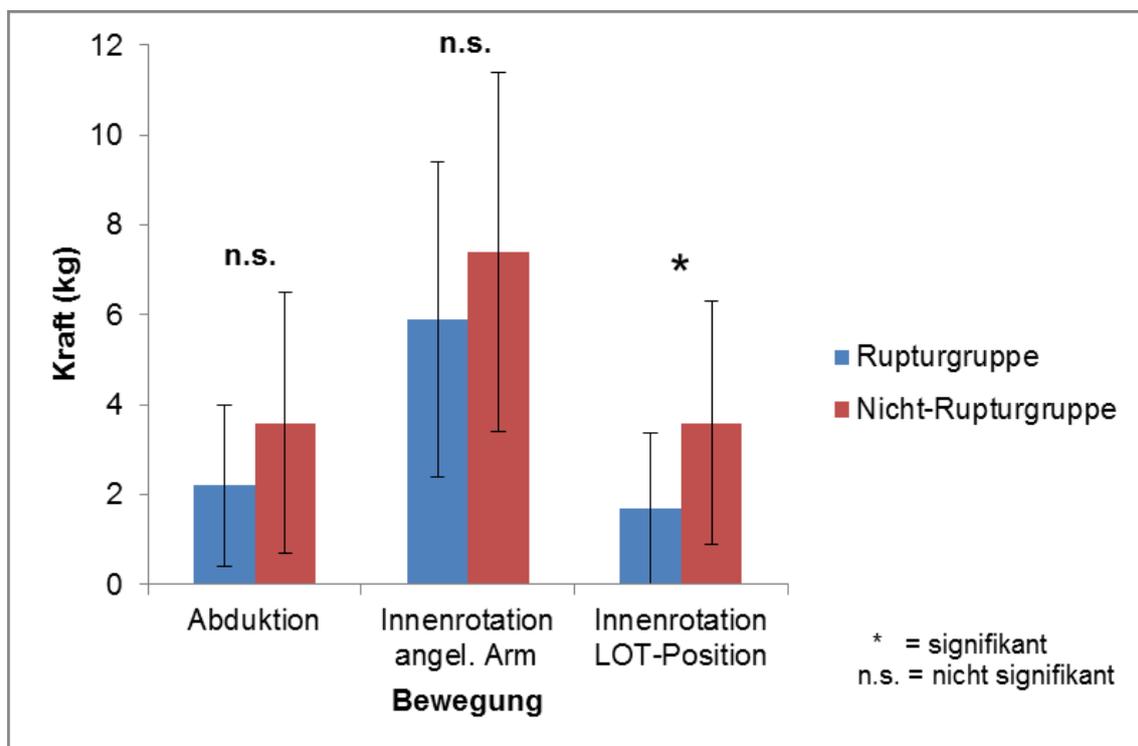


Abbildung 25: Ergebnisse isometrische Kraftmessung; LOT = Lift-off Test

Die Nicht-Rupturgruppe weist im Vergleich zur Rupturgruppe für alle drei Kraftmessungen höhere Werte auf (Abb. 25). Die Unterschiede für die Abduktionskraft und die Innenrotationskraft bei angelegtem Arm zwischen Rupturgruppe und Nicht-Rupturgruppe sind jedoch nicht signifikant ($p > 0,05$). Es zeigt sich aber eine signifikante Schwäche der Rupturgruppe bei der Innenrotationskraft in Lift-off Position im Vergleich zur Nicht-Rupturgruppe ($p = 0,009$).

3.6. Magnetresonanztomographie

Bei 77 (93,9%) der 82 Patienten lag vor der ASK eine MRT-Untersuchung der betroffenen Schulter vor.

3.6.1. Korakohumeraler Abstand im axialen MRT

Bei 77 Patienten war eine axiale Schnittführung vorhanden. Der axiale korakohumerale Abstand betrug beim Gesamtkollektiv im Mittel 10,6 (SD: 2,7) mm, der geringste Abstand war 6,5 mm, der größte Abstand 18,5 mm. Für die Rupturgruppe ergab sich ein durchschnittlicher Wert von 9,4 (SD: 2,3) mm bei einem Minimum von 7,2 mm und einem Maximum von 17,1 mm. Der CHD der Nicht-Rupturgruppe betrug im Mittel 11,0 (SD: 2,6) mm, der geringste Abstand war 6,5 mm, der größte 17,5 mm (Tabelle 18).

	Mittelwert (\pm SD) in mm
Gesamtkollektiv	10,6 (\pm 2,7)
Rupturgruppe	9,4 (\pm 2,3)
Nicht-Rupturgruppe	11,0 (\pm 2,6)

Tabelle 18: Korakohumeraler Abstand im axialen MRT

In der axialen MRT-Bildgebung besteht somit ein signifikant geringerer CHD in der Rupturgruppe (\varnothing 9,4 mm) im Vergleich zur Nicht-Rupturgruppe (\varnothing 11,0 mm) ($p=0,007$).

3.6.2. Korakohumeraler Abstand im sagittalen MRT

Bei 67 Patienten lag eine sagittale Schnittführung vor. Der sagittale korakohumerale Abstand betrug im Gesamtkollektiv im Durchschnitt 11,8 (SD: 3,0) mm bei einem Minimum von 6,7 mm und einem Maximum von 20,2 mm. In der Rupturgruppe lag der sagittale CHD im Mittel bei 11,8 (SD: 4,2) mm. Der kleinste CHD war 8,0 mm, der größte Abstand 20,2 mm. Der CHD der Nicht-Rupturgruppe war durchschnittlich 11,9 (SD: 2,6) mm. Das Minimum betrug 6,7 mm, das Maximum 17,5 mm (Tabelle 19).

	Mittelwert (\pm SD) in mm
Gesamtkollektiv	11,8 (\pm 3,0)
Rupturgruppe	11,8 (\pm 4,2)
Nicht-Rupturgruppe	11,9 (\pm 2,6)

Tabelle 19: Korakohumeraler Abstand im sagittalen MRT

Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen dem sagittalen CHD der Rupturgruppe und der Nicht-Rupturgruppe ($p>0,05$).

3.7. ASES-Score

Vollständige Daten zur Berechnung des ASES-Scores lagen für alle 82 Patienten vor.

Der Schmerz wurde durch das Gesamtkollektiv auf der Skala von 0 bis 10 im Durchschnitt mit 6,2 (SD: 2,5) bewertet. Die Patienten der Rupturgruppe gaben den Schmerz im Mittel mit 7,2 (SD: 1,6) an, die Nicht-Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 5,8 (SD: 2,7) auf (Tabelle 20). Der Unterschied bezüglich der Schmerzeinschätzung zwischen den beiden Gruppen ist nicht signifikant ($p > 0,05$).

Der Wert zur subjektiven Einschätzung der Ausführbarkeit von Aktivitäten des alltäglichen Lebens (ADL) betrug für das Patientenkollektiv durchschnittlich 15,3 (SD: 7,0) Punkte von 30 möglichen Punkten. Die Patienten der Rupturgruppe bewerteten ihre Fähigkeiten im Mittel mit 11,5 (SD: 6,7) Punkten, die Patienten ohne SSC-PR mit 16,6 (SD: 6,7) Punkten (Tabelle 20). Die größten Abweichungen traten bei den Fragen bezüglich des Waschens des Rückens und des Hebens eines 2,5 kg schweren Gegenstands über Schulterniveau auf. Der Unterschied zwischen Rupturgruppe und Nicht-Rupturgruppe bezüglich der ADL-Werte ist signifikant ($p = 0,007$).

Der ASES-Score betrug für das Gesamtkollektiv im Durchschnitt 44,8 (SD: 22,1) Punkte von 100 möglichen Punkten. Die Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 33,3 (SD: 17,8) Punkten auf, die Nicht-Rupturgruppe kam auf durchschnittlich 48,5 (SD: 22,2) Punkte (Tabelle 20). Der ASES-Score der Rupturgruppe ist signifikant geringer im Vergleich zur Nicht-Rupturgruppe ($p = 0,007$).

	Schmerz	ADL	Gesamtpunktzahl
Gesamtkollektiv	6,2 (± 2,5)	15,3 (± 7,0)	44,8 (± 22,1)
Rupturgruppe	7,2 (± 1,6)	11,5 (± 6,7)	33,3 (± 17,8)
Nicht-Rupturgruppe	5,8 (± 2,7)	16,6 (± 6,7)	48,5 (± 22,2)

Tabelle 20: ASES-Score: Mittelwerte (± SD); ADL= activities of daily living

3.8. Constant-Score

Vollständige Daten zur Kalkulation des Constant-Scores lagen für 81 Patienten vor. Bei der Untersuchung eines Patienten waren die Batterien des Kraftmessers entladen, sodass die Abduktionskraft nicht bestimmt werden konnte.

Die Schmerzen wurden durch das Gesamtkollektiv auf der Skala von null bis 15 im Durchschnitt mit 10,2 (SD: 3,6) bewertet. Die Patienten der Rupturgruppe gaben den

Schmerz im Mittel mit 11,8 (SD: 2,0) an, die Nicht-Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 9,7 (SD: 3,8) auf ($p=0,043$).

Die Fähigkeit, Alltagsaktivitäten auszuüben, schätzte das Gesamtkollektiv mit durchschnittlich 9,6 (SD: 4,4) Punkten von 20 möglichen Punkten ein. Die Patienten der Rupturgruppe bewerteten ihre Fähigkeiten im Mittel mit 7,7 (SD: 3,9) Punkten, die Patienten ohne SSC-PR mit 10,2 (SD: 4,4) Punkten ($p=0,033$).

Bei der Erfassung der aktiven, schmerzfreien Beweglichkeit durch den Untersucher erreichten die Patienten des Gesamtkollektivs im Mittel 27,3 (SD: 8,5) von maximal 40 Punkten. Die Rupturgruppe wies einen Durchschnittswert von 22,5 (SD: 9,0) Punkten auf, die Patienten der Nicht-Rupturgruppe erzielten durchschnittlich 28,9 (SD: 7,8) Punkte ($p=0,006$).

In der Kraftkategorie erreichten die gesamten Patienten im Mittel 6,9 (SD: 6,1) von 25 möglichen Punkten. Alters- und geschlechtsadaptiert bedeutet das 44,8 (SD: 36,4) % des zu erwartenden Normalwertes. Die Rupturgruppe wies einen Durchschnittswert von 4,6 (SD: 4,0) Punkten auf, dies entspricht einer relativen Abduktionskraft von 31,7 (SD: 25,4) %. Die Nicht-Rupturgruppe erreichte im Mittel 7,6 (SD: 6,5) Punkte, gleichbedeutend mit 49,0 (SD: 38,5) % (Tabelle 21). Der Unterschied ist sowohl hinsichtlich der relativen als auch der absoluten Abduktionskraft nicht signifikant ($p>0,05$).

Aus den oben genannten Werten ergab sich für das Gesamtkollektiv ein Constant-Score von 48,5 (SD: 19,4) Punkten, entsprechend einem relativen Constant-Score von 55,1 (SD: 21,4) %. Die Rupturgruppe erreichte einen Durchschnittswert von 38,0 (SD: 15,5) Punkten, was einen relativen Constant-Score von 43,7 (SD: 17,8) % bedeutet. Die Nicht-Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 52,0 (SD: 19,4) Punkten auf, entsprechend 58,8 (SD: 21,3) % (Tabelle 21).

	Abduktionskraft		Constant-Score gesamt	
	absolut (Punkte)	relativ (%)	absolut (Punkte)	relativ (%)
Gesamtkollektiv	6,9 (± 6,1)	44,8 (± 36,4)	48,5 (± 19,4)	55,1 (± 21,4)
Rupturgruppe	4,6 (± 4,0)	31,7 (± 25,4)	38,0 (± 15,5)	43,7 (± 17,8)
Nicht-Rupturgruppe	7,6 (± 6,5)	49,0 (± 38,5)	52,0 (± 19,4)	58,8 (± 21,3)

Tabelle 21: Constant Score: Mittelwerte (± SD) Abduktionskraft und Gesamtpunktzahl

Der Unterschied bezüglich des relativen Constant-Scores zwischen der Nicht-Rupturgruppe und der Rupturgruppe ist signifikant ($p=0,014$). Gleiches gilt für den Unterschied beim absoluten Constant-Score ($p=0,011$).

Die Patienten der Nicht-Rupturgruppe weisen in allen Teilbereichen des Constant-Scores durchschnittlich höhere Werte auf als die Patienten mit einer SSC-PR (vgl. Abb. 26).

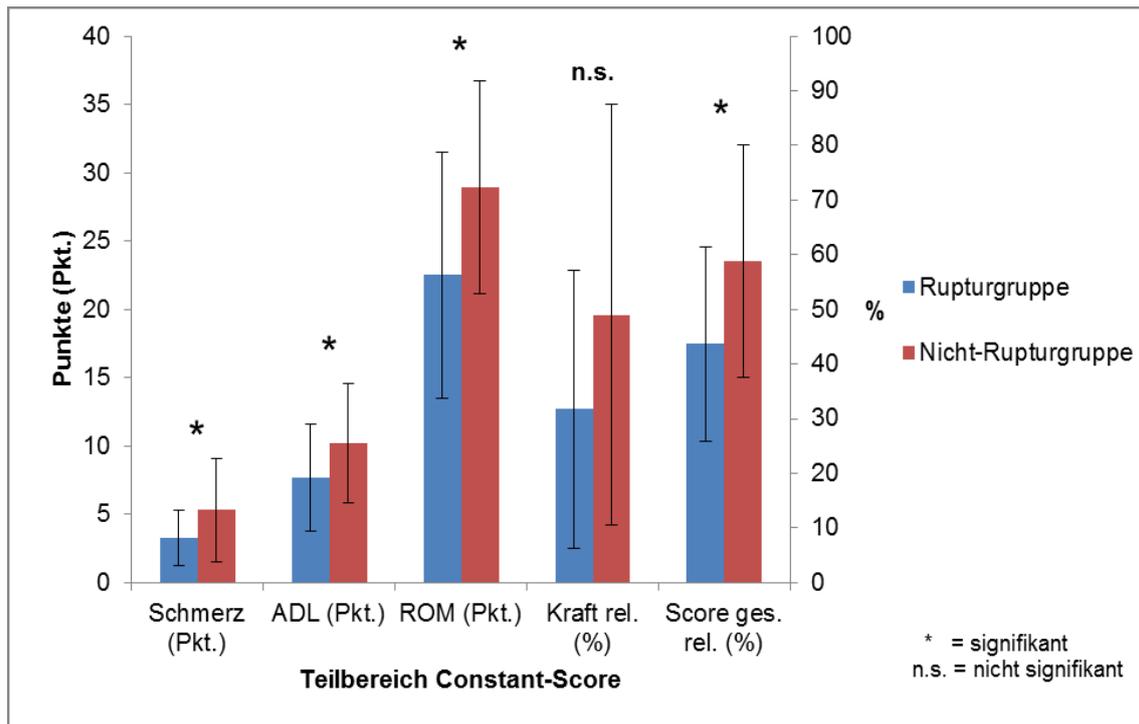


Abbildung 26: Constant-Score: Ergebnisüberblick

Die Unterschiede zwischen der Rupturgruppe und der Nicht-Rupturgruppe sind signifikant mit Ausnahme der absoluten und relativen Abduktionskraft.

4. Diskussion

In der nun folgenden Diskussion sollen zunächst die jeweils wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst werden, gefolgt von einem Überblick über die aktuelle Literatur. Schließlich werden die eigenen Ergebnisse im Kontext der Literatur diskutiert und die Methoden der Studie kritisch hinterfragt.

4.1. Intraoperative Befunde

44 Patienten (53,7%) wiesen Läsionen der Rotatorenmanschette auf, davon waren 20 (45,5%) unter Beteiligung des SSC. Damit lag die Prävalenz von SSC-PR bei 24,4%. Von den 20 Patienten mit einer SSC-PR wiesen 17 (85%) eine PR 1°, zwei (10%) eine PR 2° und ein Patient (5%) eine PR 3° auf. Acht Läsionen des SSC waren isoliert, die anderen zwölf assoziiert mit (Partial-)Rupturen der übrigen Rotatorenmanschette.

Die Prävalenz von 24,4% ist vergleichbar mit der Prävalenz von 19-30%, die in aktuellen arthroskopischen Studien berichtet wurde (4,6,9,10,56). Der Anteil an PR 1° dagegen ist ungewöhnlich hoch, wenngleich kleinere Läsionen häufiger auftreten als ausgedehnte SSC-Läsionen (5,6,9). Bei Bartsch et al. (9) war ein Drittel aller SSC-Läsionen eine PR 1°. Diese Diskrepanz lässt sich dadurch erklären, dass Patienten mit bereits durch bildgebende Verfahren gesicherten SSC-PR von dieser Studie ausgeschlossen wurden. Da in der MRT-Bildgebung v.a. größere Läsionen gut erkannt werden können, steigt der Anteil der kleineren, nicht erkannten Läsionen.

Die Beteiligung von 45,5% an der Gesamtzahl der RM-Rupturen liegt im Bereich der in der Literatur zu findenden 35-59% (6,9,10,58). Der Anteil von 40% an isolierten SSC-Rupturen ist vergleichsweise hoch. Durch verschiedene Autoren wurden Werte zwischen 10% und 25% angegeben (5,6,58). Kim et al. (56) fanden in ihrer Studie ebenfalls eine hohe Assoziation der SSC-Läsionen mit SSP-Läsionen von 90%. Eine Erklärung für diesen Unterschied könnte der große Anteil an PR 1° sein. Möglicherweise können diese geringen Schäden des SSC auftreten bzw. verursacht werden, ohne dass die übrige Rotatorenmanschette in Mitleidenschaft gezogen wird.

Neun von 20 Patienten (45%) mit SSC-PR wiesen ebenfalls eine Läsion der LHB auf, während in der Nicht-Rupturgruppe nur bei sieben (11%) von 62 Patienten eine Schädigung der LHB entdeckt wurde ($p=0,001$). Die hohe Assoziation von SSC-Rupturen und Pathologien der LHB wurde in der Literatur in vielen Studien beschrieben (2,4,6,10,11,55,56,75,90). Dabei sind die angegebenen Werte für das Auftreten von

LHB-Läsionen bei vorliegender SSC-Ruptur mit 52-86% höher als in dieser Studie (4,6,55,56). Barth et al. (5) zeigten, dass die Wahrscheinlichkeit für eine assoziierte LHB-Läsion mit zunehmender Größe der SSC-Ruptur steigt. So lässt sich der vergleichsweise niedrige Wert von 45% an begleitenden LHB-Pathologien in dieser Studie durch den hohen Anteil kleinerer SSC-PR gut erklären.

Es scheint, dass insbesondere PR 1° gehäuft ohne begleitende Schädigung der übrigen Rotatorenmanschette auftreten und auch weniger häufig mit Läsionen der LHB assoziiert sind als höhergradige Rupturen.

4.2. Vergleich der Studiengruppen

Die Rupturgruppe (ø 59,6 J.) ist signifikant älter als die Nicht-Rupturgruppe (ø 47,8 J.) ($p=0,002$). Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da degenerative Prozesse eine entscheidende Rolle bei der Entstehung von SSC-PR spielen (56,75). Das Alter der Rupturgruppe ist vergleichbar mit den in der Literatur angegebenen Werten, die für vergleichbare Kollektive zwischen 55 J. und 62 J. liegen (5,17,56,72,98). Die auffällige Altersverteilung der Rupturgruppe (80% im Bereich von 51-70 J.) lässt sich zum Teil dadurch erklären, dass die Prävalenz von RM-Rupturen ab dem 50. Lebensjahr stark ansteigt (95). Zudem stellte die Altersgruppe zwischen 50 J. und 60 J. auch die bei weitem größte Einzelgruppe im Gesamtkollektiv dar. Dass nur ein über 70-jähriger Patient in der Rupturgruppe zu finden ist, liegt vermutlich an dem geringen Anteil dieser Altersgruppe am Gesamtkollektiv. Ein weiterer Grund könnte sein, dass die Rupturen in dieser Altersgruppe schon weiter fortgeschritten sind und so bereits vorher in der MRT-Bildgebung erkannt wurden.

In der Rupturgruppe ist mit 65% häufiger die dominante Seite betroffen als in der Nicht-Rupturgruppe (58%). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ($p>0,05$). Kim et al. (56) konnten zeigen, dass die Dominanz der Schulter einen Risikofaktor für das Auftreten von SSC-PR darstellt. Sie berichteten von einer Verdopplung des Risikos im Vergleich zur nicht-dominanten Schulter. In ihrer Studie war bei 77% der Patienten mit SSC-PR die dominante Seite betroffen. Warum der Unterschied zwischen Rupturgruppe und Nicht-Rupturgruppe in dieser Studie eher gering ist, bleibt unklar. Dennoch scheinen SSC-PR an der dominanten Schulter weitaus häufiger aufzutreten als an der nicht-dominanten Schulter.

Insgesamt bestätigt sich, dass sowohl das Alter als auch in geringerem Maße die Dominanz der betroffenen Schulter zu einem erhöhtem Risiko für SSC-PR führen.

4.3. Bewegungsumfang

Die mittlere aktive Flexion betrug in der Rupturgruppe 141° , die aktive Abduktion 100° und die aktive Außenrotation 47° . Die Nicht-Rupturgruppe wies eine durchschnittliche aktive Flexion von 152° , eine aktive Abduktion von 131° und eine aktive Außenrotation von 50° auf. Das Ausmaß der aktiven Flexion und der aktiven Außenrotation der Rupturgruppe unterscheidet sich nicht signifikant von der Nicht-Rupturgruppe ($p > 0,05$). Der Unterschied bezüglich der aktiven Abduktion ist jedoch signifikant ($p = 0,003$).

Die aktive Außenrotation und Flexion scheinen durch partielle SSC-Rupturen nicht stärker beeinträchtigt zu werden. Die aktive Abduktion hingegen ist deutlich verringert. Ob die SSC-PR selbst oder die häufig assoziierten SSP-Läsionen hierfür die größte Rolle spielen, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht sagen. Allerdings spielt der SSC als Stabilisator und Depressor des Humeruskopfes eine wichtige Rolle, sodass die SSC-PR einen Grund für die verringerte Abduktionsfähigkeit darstellen könnten. Die Ergebnisse sind den veröffentlichten Werten von Kim et al. (56) sehr ähnlich. Sie beobachteten ebenfalls keinen signifikanten Unterschied für die aktive Flexion (136° vs. 144°) und die aktive Außenrotation (48° vs. 50°), jedoch eine signifikant geringere aktive Abduktion der Patienten mit SSC-PR (129°) gegenüber den Patienten ohne SSC-PR (141°).

Die maximale aktive Innenrotation, welche analog zum Constant-Score bewertet wurde, war in der Nicht-Rupturgruppe (\bar{x} 7,2 Punkte) signifikant höher als in der Rupturgruppe (\bar{x} 5,4 Punkte) ($p = 0,013$). Dieses Ergebnis lässt sich leicht erklären, da eine Hauptfunktion des SSC die Innenrotation ist. Andere Innenrotatoren wie der M. pectoralis sind bei Innenrotationsbewegungen hinter dem Rücken von geringerer Bedeutung (57,70,85). Zudem spielt der SSC eine Rolle als Stabilisator der Extensionsbewegung, welche ebenfalls Teil der getesteten Kombinationsbewegung ist (57). Barth et al. (5) konnten zeigen, dass die analog zum Constant Score getestete Innenrotationsfähigkeit bei SSC-Rupturen umso mehr abnimmt, je größer die SSC-Läsion ist. Sie berichteten von einem durchschnittlichen Punktwert von 5,0. Der Wert ist etwas schlechter als die 5,4 Punkte in dieser Studie, was aber verständlich wird, wenn der hohe Anteil kleiner SSC-Läsionen in diesem Patientenkollektiv bedacht wird.

Bei SSC-PR kommt es also häufig zu einer Limitierung der aktiven Abduktion und der aktiven Innenrotation hinter dem Rücken, allerdings sind diese Einschränkungen nicht

spezifisch für SSC-PR, sodass sie bei bestehender Verdachtsdiagnose allenfalls ein weiterer Hinweis sein können.

4.4. Klinische Tests

Der Vergleich der klinischen Tests mit den Daten aus der Literatur hinsichtlich ihrer Sensitivität, Spezifität, PPV und NPV ist dadurch beeinträchtigt, dass die Zusammensetzung der Patientenkollektive aufgrund unterschiedlicher Ein- und Ausschlusskriterien stark variiert, besonders im Hinblick auf die Prävalenz der einzelnen SSC-Rupturgrade. Zudem verwenden einige Studien ein anderes Klassifikationssystem als das in dieser Studie angewandte Klassifikationssystem nach Fox und Romeo (29). Beides erschwert einen Vergleich der Ergebnisse.

4.4.1. Lift-off Test

Für den Lift-off Test wurden eine Sensitivität von 31%, eine Spezifität von 95%, ein PPV von 63% und ein NPV von 84% ermittelt. Sieben Patienten (8,5%) waren nicht in der Lage, den Test auszuführen. Vier (57%) dieser sieben Patienten wiesen eine SSC-PR auf. Das bedeutet, dass 20% der Patienten mit SSC-PR diesen Test nicht ausführen konnten.

Der Lift-off Test weist bei einer hohen Spezifität von 95% nur eine geringe Sensitivität von 31% für Partialrupturen des SSC auf. Nimmt man die Partialrupturen 2° und 3° beiseite, weist der Lift-off Test für Partialrupturen 1° sogar nur eine Sensitivität von 21% auf. 15 der 20 PR wurden präoperativ nicht erkannt, was zum Teil auch daran liegt, dass der Lift-off Test bei vier Patienten mit SSC-PR nicht durchgeführt werden konnte. Ein nicht durchführbarer LOT sollte den Operateur an eine mögliche SSC-PR denken lassen, da dies in der vorliegenden Studie häufig mit einer SSC-PR verbunden war.

Die Tatsache, dass der LOT vielfach nicht auszuführen ist, wurde bereits durch viele Autoren beschrieben (5,6,9,17,34,56,58). Schon Gerber et al. (33) wiesen bei ihrer Erstbeschreibung daraufhin, dass der Test nur korrekt zu interpretieren sei bei ausreichender passiver und schmerzfreier aktiver Innenrotation. Barth et al. (5) beobachteten in einer großen Multicenter-Studie, dass der LOT bei 18% der Patienten mit SSC-Rupturen nicht durchführbar war. In einer Studie von Kim et al. (56) mit 60 Patienten mit SSC-PR waren neun Patienten (15%) nicht in der Lage, den LOT

auszuführen. Diese Resultate stehen im Einklang mit dem Ergebnis in der vorliegenden Studie.

Der LOT wird in der Literatur als hochsensitiv für SSC-Komplett rupturen beschrieben, aber auch seine geringe Sensitivität für SSC-PR ist ein bekanntes Phänomen (6,9,33,34,76). Kim et al. (56) berichteten hinsichtlich der Detektion von Partialrupturen von einer Sensitivität von 17,6% bei einer Spezifität von 89,6%. Barth et al.(6) stellten ebenfalls eine Sensitivität von 17,6% fest, die Spezifität lag jedoch bei 100%. Allerdings wurde in ihrer Studie keine von den neun PR, die weniger als 30% des SSC-Footprints betrafen, vorher durch den LOT erkannt. Ein ähnliches Ergebnis veröffentlichten Bartsch et. al. (9), bei denen der LOT bei einer Sensitivität von 40% und einer Spezifität von 79% keine der fünf PR 1° entdeckte.

Mit diesen Resultaten lassen sich die in dieser Studie ermittelten Sensitivität und Spezifität gut vereinbaren. Jedoch wurden in der vorliegenden Studie drei der 17 Patienten mit einer PR 1° präoperativ durch den LOT als positiv eingestuft. Diese Diskrepanz zu den Befunden in der Literatur mag zum einen daran liegen, dass in dieser Studie mit 17 Patienten deutlich mehr Patienten mit einer PR 1° involviert waren als in den oben genannten Studien. Somit steigt auch die Chance, eine dieser Partialläsionen zu entdecken. Zum anderen gibt es verschiedene Variationen des LOT und Kriterien, wie dieser zu werten ist, was auch einen Teil zu den Unterschieden im Vergleich zu anderen Studien beigetragen haben mag.

Eine Erklärung für die enttäuschende Sensitivität des LOT hinsichtlich der Detektion von SSC-PR bieten verschiedene EMG-Studien. Stefko et al. (80) berichteten bereits 1997, dass Patienten trotz einer sicheren regionalen Nervenblockade der Nn. subscapulares noch in der Lage waren, den LOT korrekt auszuführen. Gleiches konnten sie für zwei Patienten zeigen, die eine gesicherte, retrahierte SSC-Komplett ruptur aufwiesen. Sie beobachteten während des LOT neben der Aktivierung des SSC noch eine Aktivierung von anderen potentiellen Innenrotatoren wie dem M. latissimus dorsi, dem M. pectoralis major und dem M. teres major. Weitere Studien konnten diese Ergebnisse zum Teil bestätigen. Besonders der M. latissimus dorsi spielt wohl noch eine Rolle, jedoch scheint der SSC der am stärksten aktivierte Muskel zu sein (20,70,82). Tokish et al. (85) postulierten, dass der LOT den unteren Teil des SSC stärker aktiviert als den oberen Teil. Dies könnte eine Erklärung dafür sein, dass die kranial beginnenden Partialrupturen deutlich schlechter detektiert werden als

Komplettrupturen des SSC. Pennock et al. (70) konnten dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigen.

Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass der LOT für die Diagnose von partiellen Subscapularisrupturen 1° nicht geeignet ist. Hinsichtlich des Nutzens für höhergradige PR kann anhand dieser Studie keine endgültige Aussage erfolgen, da hiervon insgesamt nur drei Patienten betroffen waren. Dennoch scheint der LOT hier von größerem Nutzen zu sein, da zwei der drei PR höheren Grades erkannt wurden. Bei dem dritten Patienten konnte der Test nicht durchgeführt werden. Die Spezifität des LOT ist mit 95% hoch, jedoch beträgt der PPV basierend auf diesem Patientenkollektiv nur 63%, sodass ein positiver LOT zwar einen starken Hinweis auf eine SSC-Läsion darstellt, eine sichere Diagnosestellung jedoch nicht möglich ist.

4.4.2. Belly-press Test

Für den BPT wurden eine Sensitivität von 30%, eine Spezifität von 95%, ein PPV von 67% und ein NPV von 81% ermittelt. Bei Ausschluss der drei Patienten mit einer SSC-PR 2° bzw. 3° ergeben sich eine Sensitivität von 18% und ein PPV von 50%. 14 der 20 SSC-Läsionen wurden präoperativ nicht entdeckt. Der BPT ist für die Patienten in aller Regel gut durchführbar, nur ein Patient konnte diesen aufgrund sehr starker Schmerzen nicht ausüben.

Für den BPT liegen Daten aus vielen Studien vor. Jedoch sind bei diesem Test zahlreiche Varianten bezüglich Durchführung und Bewertung zu finden. Daher gestaltet sich ein Vergleich der Ergebnisse besonders schwierig. Burkhart et al. (17) postulierten, dass der Napoleon-Test, eine Abwandlung des BPT, gut geeignet sei für eine adäquate präoperative Einschätzung des Rupturausmaßes. Sie beobachteten, dass eine Handflexion von 90° (positives Testergebnis) auf eine Komplettruptur des SSC hindeutet, während eine Flexionsstellung von 30-60° häufig mit einer SSC-PR korreliert ist, die mehr als 50% der kraniokaudalen Sehneninsertion betrifft. Kim et al. (55) beschrieben den Belly-press angle als Winkel zwischen dem Unterarm und der Hand. Sie fanden heraus, dass eine positive Korrelation besteht zwischen der Größe des Winkels und dem Rupturausmaß. Aufgrund der beiden Studien kann man vermuten, dass kleinere Läsionen häufiger erkannt werden, wenn für ein positives Testresultat bereits eine sehr geringe Abweichung des Belly-press angle von der Gegenseite ausreicht. Der Belly-press Test wurde in dieser Studie als positiv gewertet, wenn der Unterschied der Flexionsstellung des Handgelenks im Seitenvergleich mehr

als 10° betrug. Da in den meisten bisherigen Studien eine höhere Flexion im Handgelenk für ein positives Testresultat vonnöten war, ließe sich vermuten, dass eine dadurch zu erwartende höhere Sensitivität nur auf Kosten einer erniedrigten Spezifität zustande kommt. Der BPT weist in dieser Studie jedoch eine hohe Spezifität von 95% auf. Diese Modifikation in der Bewertung des Tests scheint also nicht zu einer geringeren Spezifität zu führen. Allerdings ist die Sensitivität mit nur 30% gering, bei PR 1° wird nicht einmal jede fünfte Läsion korrekt erkannt. Für die Detektion von PR 2° bzw. 3° scheint der Test gut geeignet zu sein, alle drei wurden präoperativ als positiv eingestuft. Jedoch ist aufgrund der geringen Anzahl von höhergradigen PR in dieser Studie keine seriöse Aussage zur Sensitivität für diese möglich.

Bartsch et al. (9) konnten für den modifizierten BPT nach Scheibel (77) eine Sensitivität von 87% für SSC-PR zeigen, jedoch bei einer Spezifität von nur 68%. Bei dieser Variante wurde der Patient aufgefordert, die Hände flach auf den Bauch und die Ellbogen an den Körper anzulegen. Nun sollte der Patient versuchen, die Handgelenke zu strecken, indem die Ellbogen möglichst weit nach vorne gebracht wurden. Sie werteten den Test als positiv, wenn die endgültige Flexionsstellung des Handgelenks der betroffenen Seite um mehr als 10° von der Gegenseite abwich. Mittels des modifizierten BPT wurden in dieser Studie zwei von fünf PR 1° und sämtliche PR höheren Grades detektiert. Barth et al. (6) berichteten 2006 von einer Sensitivität des BPT von 40% bei einer Spezifität von 97,9%. Für PR, die weniger als 75% der SSC-Sehne betrafen, beobachteten sie eine Sensitivität von 21,4% und einen PPV von 75%. 2012 ermittelten Barth et al. (5) anhand von 208 Patienten mit SSC-Rupturen eine Sensitivität des BPT von 76%. Allen Studien gemeinsam ist die Erkenntnis, dass mit Abnahme des Ruptorausmaßes auch die Sensitivität des BPT sinkt (5,6,9,17).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sind vergleichbar mit den oben genannten, soweit dies aufgrund der genannten Unterschiede möglich ist. Jedoch liegt die Spezifität für den BPT in dieser Studie mit 95% deutlich über den 68%, die Bartsch et al. (9) für den modifizierten BPT fanden, welcher ebenfalls bei einer Seitendifferenz von mehr als 10° als positiv gewertet wurde. Demgegenüber steht die Tatsache, dass in ihrer Studie mittels des BPT zwei von fünf PR 1° entdeckt wurden, in dieser Studie dagegen nur drei von 17 PR 1° . Es lässt sich nur vermuten, dass die höhere Sensitivität des modifizierten BPT auf Kosten der Spezifität geht. Um einen validen Vergleich zu ermöglichen, sollten beide Tests vergleichend in einer Studie getestet werden.

Mehrere Autoren konnten in EMG-Studien zeigen, dass der BPT eine signifikant höhere Aktivierung des SSC gegenüber den anderen Innenrotatoren der Schulter bewirkt (20,70,85). Tokish et al. (85) beobachteten in ihrer EMG-Studie, dass der BPT den oberen Teil des SSC stärker aktiviert als den unteren. Chao et al. (20) konnten dieses Ergebnis jedoch nicht reproduzieren. Sie fanden zwar eine signifikant höhere Aktivierung des SSC gegenüber den anderen Innenrotatoren der Schulter, aber nur einen geringfügigen Unterschied in der Aktivierung des oberen und unteren SSC-Anteils. Pennock et al. (70) bestätigten dieses Ergebnis. Zudem konnten sie zeigen, dass der SSC auch in der „positiven“ BPT-Position signifikant stärker aktiviert ist als die übrigen Innenrotatoren, es aber dennoch zu einer verstärkten Aktivierung von M. latissimus dorsi, M. pectoralis major und M. triceps brachii kommt. Daraus schlussfolgerten sie, dass beim BPT nicht nur auf die Position des Armes zu achten ist, sondern auch auf eine möglicherweise im Seitenvergleich auffallende Innenrotationschwäche in der BPT-Position.

Dieser Schlussfolgerung kann man sich aufgrund der Erfahrungen in dieser Studie anschließen. Ein Abweichen in der Position ist häufig nicht festzustellen, jedoch könnte eine Überprüfung der Kraft möglicherweise einen zusätzlichen Nutzen bringen. Barth et al. (6) beobachteten diesbezüglich, dass die Innenrotationskraft in der BPT-Position bei Patienten mit SSC-PR signifikant verringert ist und eine negative Korrelation mit dem Rupturausmaß besteht. Allerdings kann eine mögliche Kraftschwäche im Vergleich zur Gegenseite nur einen weiteren Hinweis darstellen, da diese in geringerem Ausmaß auch in der Gruppe ohne SSC-PR beobachtet wurde (6). Zudem ist ohne apparative Hilfe nur eine grobe Einschätzung der Kraft möglich, sodass kleine Differenzen unter Umständen gar nicht auffallen würden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der BPT für die Diagnose von PR 1° ungeeignet ist, da er hier nur eine Sensitivität von 18% aufweist. Der PPV beträgt für PR 1° ebenfalls nur 50%. Die PR höheren Grades wurden alle drei korrekt diagnostiziert. Dies lässt vermuten, dass der BPT zur Detektion von Läsionen, die mindestens 25% der Sehne betreffen, gut geeignet ist. Die Spezifität des BPT ist unverändert hoch, obwohl bereits eine Abweichung des „Belly-press angle“ von mehr als 10° für ein positives Testergebnis genügt. Es scheint, dass dies keine negativen Auswirkungen auf die Spezifität des Testes hat und der „Belly-press angle“ gut für eine Evaluierung des BPT geeignet ist. Ob dieses Bewertungskriterium zu einer Steigerung der Sensitivität gegenüber dem ursprünglichen BPT nach Gerber führt, lässt sich nicht

sagen, da die Patientenkollektive dafür zu unterschiedlich sind. Dies sollte in zukünftigen Studien geprüft werden. In jedem Fall lassen sich die Ergebnisse durch die Messung mittels eines Goniometers besser objektivieren und vergleichen.

4.4.3. Belly-off sign

Für das BOS wurden eine Sensitivität von 33%, eine Spezifität von 93%, ein PPV von 60% und ein NPV von 82% errechnet. Durch das BOS wurden sechs SSC-PR präoperativ korrekt erkannt, zwölf Läsionen wurden nicht detektiert. Lässt man die PR 2° bzw. 3° beiseite, welche alle drei korrekt erkannt wurden, ergeben sich eine Sensitivität von 20% und ein PPV von 43%. Bei vier Patienten, von denen zwei eine SSC-PR aufwiesen, konnte das BOS nicht geprüft werden.

Auch das BOS zeigt kein zufriedenstellendes Ergebnis im Hinblick auf die Sensitivität. Es wurde insgesamt nur jede dritte SSC-PR erkannt, bei den SSC-PR 1° sogar nur jede Fünfte. Die Spezifität ist mit 93% hoch. Zu beachten ist, dass zwei der vier Patienten, bei denen das BOS nicht getestet werden konnte, arthroskopisch eine SSC-PR 1° aufwiesen. Ein nicht durchführbares BOS sollte daher als Hinweis auf eine mögliche SSC-PR gelten.

Da das BOS noch ein relativ neuer Test zur Diagnose von SSC-Rupturen ist, gibt es in der Literatur bisher nur zwei Studien, die sich mit diesem Test befassen. Scheibel et al. (76) waren 2005 die Erstbeschreiber dieses Zeichens. Sie kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass das Belly-off sign gut geeignet ist, um SSC-PR zu diagnostizieren. Jedoch konnten sie keine Sensitivitäts- oder Spezifitätswerte angeben, da sie das BOS nur an Patienten mit bereits gesicherter SSC-PR testeten. Die Autoren nahmen an, dass ein positives BOS auf dem aus dem Gleichgewicht geratenen transversalen Kräftepaar mit Überwiegen der Außenrotatoren beruht. Diese Vermutung stützten sie auf die Beobachtung, dass bei Patienten mit fortgeschrittener Schwäche der Außenrotatoren (z.B. durch komplette ISP- und M. teres minor-Rupturen) trotz nachgewiesener SSC-Ruptur kein positives BOS auftrat. Bartsch et al. (9) waren 2010 schließlich die bisher einzigen, die das BOS in einer Studie auf seinen klinischen Nutzen untersucht haben. In dieser Studie wies das BOS eine Sensitivität von 87% und eine Spezifität von 91% auf. Mittels BOS wurden alle PR 2° oder höher korrekt detektiert, während von den fünf PR 1° zwei präoperativ erkannt wurden. Zum jetzigen Zeitpunkt liegt noch keine EMG-Studie vor, die das BOS explizit untersucht. Jedoch zeigten Pennock et al. (70), dass eine weitere Innenrotation des Armes um 10° aus der

BPT-Position zu einer Reduzierung der Aktivität der Mm. pectoralis major, teres major und latissimus dorsi führt. Dies entspricht in etwa der Ausgangsposition für das BOS und könnte eine Erklärung dafür sein, dass das BOS im Vergleich zum klassischen BPT nach Gerber höhere Sensitivitätswerte aufweist.

Die guten Ergebnisse hinsichtlich der höhergradigen SSC-PR zeigen sich auch in dieser Studie, in der mittels des BOS alle drei SSC-PR 2° bzw. 3° erkannt wurden. Das Resultat für PR 1° ist in dieser Studie hingegen schlechter: Es wurden nur 3 von 15 PR° korrekt als positiv eingestuft, bei zwei Patienten konnte der Test nicht durchgeführt werden. Eine mögliche Erklärung für diese Diskrepanz könnte sein, dass auch innerhalb der PR 1° das Ausmaß der SSC-Läsion variiert. Die in dieser Studie ermittelte Spezifität ist mit 93% ähnlich hoch wie bei Bartsch et al (9) .

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das BOS zur Diagnostik von PR 1° nicht geeignet ist. Für PR höheren Grades scheint das BOS aber ein sensitiver Test zu sein. Aufgrund der Spezifität von über 90% sollte der Operateur der Darstellung des SSC bei positivem BOS besondere Aufmerksamkeit widmen. Eine endgültige Beurteilung des BOS für PR höheren Grades kann erst nach weiteren Studien erfolgen, jedoch scheint es für diesen Bereich vielversprechend zu sein.

4.4.4. Bear-hug Test

Für den BHT in 45° Flexion ergaben sich eine Sensitivität von 50%, eine Spezifität von 90%, ein PPV von 63% und ein NPV von 85%. Ein schmerzhafter, jedoch negativer BHT in 45° Flexion wurde für drei Patienten notiert, von denen bei einem Patienten eine SSC-PR 1° festgestellt wurde. Bei den sechs Patienten, die ein falsch positives Ergebnis aufwiesen, wurde in vier Fällen u.a. ein Outlet Impingement diagnostiziert.

Die Sensitivität für den BHT in 90° Flexion beträgt 53%, die Spezifität 86%, der PPV 53% und der NPV 86%. Der BHT bei 90° flektiertem Oberarm konnte bei neun Patienten (11%) nicht durchgeführt werden. Drei dieser neun Patienten wiesen eine SSC-PR auf. Ein negatives Testergebnis trotz Schmerzen wurde bei vier Patienten festgestellt, von denen ein Patient eine SSC-PR 1° aufwies. Bei den acht Patienten, die ein falsch positives Ergebnis aufwiesen, wurde in fünf Fällen u.a. ein Outlet Impingement diagnostiziert.

Der BHT in 45° Flexion und der BHT in 90° Flexion weisen eine ähnliche Sensitivität auf, ebenso verhält es sich mit der Spezifität. Während der BHT in 90° Flexion von

allen angewandten Tests am häufigsten nicht ausgeführt werden konnte, war der BHT in 45° Flexion bei allen Patienten durchführbar. Die zunehmende Flexion scheint bei vielen Patienten mit vermehrtem Schmerz verbunden zu sein. Einige Patienten waren trotz Schmerzfreiheit nicht in der Lage, den Arm ausreichend weit zu flektieren. In diesen Fällen ist der BHT in 45° Flexion eine gute Alternative, da er ähnliche Werte hinsichtlich der Sensitivität und Spezifität aufweist.

Barth et al. (6) waren 2006 die Erstbeschreiber des BHT. In der von ihnen vorgestellten Variante war der Arm um 90° flektiert. Sie ermittelten eine Sensitivität von 60%, eine Spezifität von 91,7%, einen PPV von 75% und einen NPV von 84,6%. Für PR, die weniger als 75% des SSC-Ansatzes betrafen, betrug die Sensitivität 50%, der PPV 63,6%. Die Autoren beobachteten zudem eine hohe Assoziation zwischen einem schmerzhaften Test ohne Schwäche (negatives Testergebnis) und PR, die weniger als 30% der SSC-Sehne betrafen. Daraus schlossen sie, dass der Operateur bei einem schmerzhaften BHT verstärkt an eine SSC-Läsion denken sollte. Zudem stellten sie fest, dass alle vier Patienten mit falsch positivem Testergebnis eine SSP-PR aufwiesen. Sie vermuteten, dass es durch die gesteigerte Flexion bzw. Elevation des Armes zu einer vermehrten Aktivierung von Fasern des SSP kommt.

In einer großen Multicenterstudie von 2012 wurde für den BHT in 90° Flexion unter Einbeziehung aller SSC-Rupturgrade eine Sensitivität von 82% ermittelt, bei kleinen SSC-PR betrug sie 67% (5). Jedoch ist ein Vergleich der Werte mit Resultaten aus der vorliegenden Studie schwierig, da verschiedene Klassifikationen der SSC-Rupturen verwendet wurden. Weiter untersuchten die Autoren einen möglichen Zusammenhang zwischen SSP-Rupturen und einem positiven BHT, kamen aber zu dem Ergebnis, dass keine Korrelation vorzuliegen scheint.

Für den BHT in 45° Flexion liegen zum jetzigen Zeitpunkt noch keine klinischen Daten vor.

Die in dieser Studie ermittelte Sensitivität für den BHT in 90° Flexion ist vergleichbar mit der in der Literatur berichteten. Ein Zusammenhang zwischen SSP-Rupturen und einem falsch positivem BHT konnte in dieser Studie nicht gefunden werden. Sowohl in 45° Flexion als auch in 90° Flexion wies nur ein Patient mit falsch positivem BHT eine SSP-Läsion auf. Dies widerspricht der ursprünglichen Vermutung von Barth et al. (6), steht aber im Einklang mit den aktuellen Resultaten der Multicenterstudie (5). Ferner legen die Ergebnisse der vorliegenden Studie nahe, dass ein Zusammenhang besteht

zwischen dem Auftreten eines falsch positiven BHT und einem Outlet Impingement. Das Outlet Impingement ist definiert als eine mechanische Verengung des subakromialen Raums, häufig bedingt durch einen subakromialen Sporn. Pennock et al. (70) beobachteten in ihrer EMG-Studie eine verstärkte Aktivierung des SSP während des BHT. Eine mögliche Erklärung für die auffällige Häufung eines falsch positiven BHT bei Patienten mit Outlet Impingement könnte also sein, dass die subakromiale Enge die Patienten aufgrund der verstärkten Aktivierung des SSP in ihrer Innenrotationsfähigkeit beeinträchtigt. Die Frage, ob ein Outlet Impingement tatsächlich gehäuft zu einem falsch positiven BHT führt, und eine möglicherweise genauere Klärung der Kausalkette sollten Bestandteil weiterer Studien zum BHT sein.

Eine Assoziation zwischen einem schmerzhaften BHT ohne Schwäche und SSC-PR konnte in dieser Studie nicht festgestellt werden. Vielmehr fand sich nur bei einem Patienten eine SSC-PR, der vorher trotz Schmerzen ein negatives Testergebnis aufwies. In Anbetracht dieser Tatsache scheint ein negativer, schmerzhafter BHT eher unspezifisch zu sein.

Der BHT scheint also gut geeignet, PR des SSC zu diagnostizieren, die mindestens die oberen 25% der SSC-Sehne betreffen. Für PR 1° ist auch der BHT nur bedingt geeignet, obwohl er im Vergleich zu den anderen Tests hier die höchste Sensitivität zeigt. Allerdings sind der BHT in 45° Flexion und der BHT in 90° Flexion auch die Tests, die die niedrigste Spezifität aufweisen, obwohl diese mit 90% bzw. 86% noch recht hoch ist. Dennoch ist ein positives Testergebnis zurückhaltender zu bewerten als bei den anderen geprüften Tests. Besonders bei Patienten mit einer Impingement-Symptomatik sollte ein positives Testergebnis mit Vorsicht betrachtet werden.

4.4.5. Vergleich der klinischen Tests

Insgesamt wurden zwölf der 20 SSC-PR von einem der fünf Tests präoperativ erkannt, acht Läsionen (40%) konnten durch keinen der klinischen Tests detektiert werden. Die SSC-PR 2° bzw. 3° wurden alle drei präoperativ diagnostiziert.

Die hohe Quote an präoperativ nicht erkannten SSC-Läsionen lässt sich zum Teil durch den hohen Anteil der PR 1° (85%) an allen SSC-PR erklären, welche deutlich schlechter durch die klinischen Tests detektiert werden. Dennoch wurden von den SSC-PR 1° immerhin neun (53%) von 17 durch eine Kombination der Tests erkannt. Dies stellt in Anbetracht der Zusammensetzung des Kollektivs einer Verbesserung dar gegenüber den 40% an nicht entdeckten Läsionen von Barth et al. (6), die den BPT,

den BHT in 90° Flexion, das IRLS und den LOT kombinierten. In einer Studie von Bartsch et al. (9) wurden das BOS, der modifizierte BPT nach Scheibel, der LOT und das IRLS kombiniert, dennoch konnten auch hier 15% der SSC-PR präoperativ nicht erkannt werden. Diese 15% sind der bislang niedrigste berichtete Wert in der Literatur. Der deutliche geringere Wert lässt sich durch den geringeren Anteil an PR 1° in dieser Studie erklären. Gleiches gilt für die große Multicenter-Studie von Barth et al. (5), in der 24% der SSC-Rupturen trotz Kombination von BHT in 90° Flexion, BPT und LOT erst während der Arthroskopie diagnostiziert wurden.

Die Sensitivitäten des BHT in 45° bzw. 90° Flexion scheinen tendenziell höher zu sein als die von BPT, BOS und LOT, ein signifikanter Unterschied war jedoch nicht nachzuweisen. Zudem identifizierte der BHT in 45° bzw. 90° Flexion die zwölf Läsionen, die durch die Kombination aller Tests ebenfalls entdeckt wurden. Der BHT in 45° Flexion war mit zehn erkannten Läsionen der Test mit den meisten richtig positiven Ergebnissen. Der BHT in 90° Flexion identifizierte zwei SSC-PR, die der BHT in 45° Flexion nicht erkannt hat. Da bei den beiden Patienten neben einer SSC-PR ein Outlet-Impingement bzw. eine RM-Massenruptur diagnostiziert wurde, könnte ein möglicher Grund für den positiven BHT in 90° Flexion sein, dass bei weiterer Zunahme der Flexion diese beiden Pathologien an Bedeutung gewinnen. Der BHT in 45° Flexion fiel bei allen drei Patienten mit SSC-PR positiv aus, bei denen der BHT in 90° Flexion nicht durchführbar war. Der BHT in 45° Flexion stellt also eine exzellente Alternative dar, wenn der BHT in 90° Flexion nicht durchzuführen ist.

In einer EMG-Studie fanden Chao et al. (20) heraus, dass der BHT in 45° Flexion sowohl den oberen als auch den unteren Teil des SSC aktiviert, während bei 90° Flexion besonders der untere Teil angesprochen wird. Daher schlugen sie vor, den BHT in 45° Flexion gezielt zur Detektion kranialer SSC-PR einzusetzen. In der vorliegenden Studie konnten jedoch nur geringe Unterschiede zwischen dem BHT in 45° Flexion und 90° Flexion festgestellt werden. Dies steht im Einklang mit aktuellen Erkenntnissen von Pennock et al. (70). Sie beobachteten während ihrer elektromyographischen Untersuchung von LOT, BPT und BHT für keinen der drei Tests signifikante Unterschiede in der Aktivierung des oberen und unteren SSC.

Barth et al. (6) konnten in ihrer Studie nachweisen, dass der BHT eine signifikant höhere Sensitivität aufweist als der LOT und der Napoleon Test. Im Vergleich zum BPT fanden sie zwar eine höhere Sensitivität des BHT von 60% im Vergleich zu 40%, eine statistische Signifikanz konnten sie aber aufgrund des zu niedrigen

Stichprobenumfangs nicht nachweisen. Bartsch et al. (9) berichteten, dass der modifizierte BPT nach Scheibel und das BOS in ihrer Studie die höchste Sensitivität aufwiesen, allerdings war der BHT nicht Teil der Studie.

Die Ergebnisse von Barth et al. (6) ähneln denen dieser Studie, die guten Werte des BOS konnten hingegen nicht reproduziert werden. Die Sensitivität des BOS war in dieser Studie nicht signifikant höher als beim LOT, gleiches gilt für den BPT. Der BHT scheint der sensitivste Test für die Detektion von SSC-PR zu sein.

Die höchste Spezifität weisen der LOT (95%) und der BPT (95%) auf, gefolgt vom BOS (93%), dem BHT in 45° Flexion (90%) und dem BHT in 90° Flexion (86%). Es zeigt sich, dass der BHT in 45° Flexion und besonders der BHT in 90° Flexion eine geringere Spezifität aufweisen als die anderen drei Tests. Auch in der Studie von Barth et al. (6) war der BHT in 90° Flexion der Test mit der niedrigsten Spezifität, wenngleich mit 91,7% geringfügig höher. Daher sollten die anderen Tests bei positivem BHT unbedingt auch durchgeführt werden, um die Verdachtsdiagnose einer SSC-PR möglicherweise erhärten zu können.

Mehrere Autoren vertreten die Meinung, dass mit Hilfe der Kombination der verschiedenen Tests eine präoperative Abschätzung der Rupturgröße möglich ist (5,6,9). Es wurde postuliert, dass für einen positiven LOT eine höhergradige Ruptur der SSC-Sehne nötig sei (5,6,9). Dies widerspricht den Ergebnissen dieser Studie, da der LOT, wenn auch eher selten, auch bei PR 1° positiv ausfiel. Jedoch scheint es, dass mit Zunahme der Rupturgröße die Tests vermehrt positiv ausfallen, während bei PR 1° das Testergebnis eher negativ ist. Daher sollte der Operateur beim Auftreten mehrerer positiver Testergebnisse mit einer PR rechnen, die wenigstens die obersten 25% der Sehne betrifft. Weitere Aussagen zur präoperativen Abschätzung des Rupturausmaßes sind nicht möglich, da hierzu der Anteil von SSC-PR höheren Grades in der Studie zu gering ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der BHT der Test mit der höchsten Sensitivität ist. Bei Verdacht auf eine SSC-PR sollte die klinische Untersuchung mit diesem Test begonnen werden. Er sollte sowohl in 45° als auch in 90° Flexion ausgeführt werden, um möglichst viele SSC-PR zu detektieren. Außerdem war der BHT in 45° Flexion für alle Patienten durchführbar, während der BHT in 90° Flexion einigen Patienten Probleme bereitete. Der LOT, der BPT und das BOS sollten ebenfalls stets durchgeführt werden, da sie zumindest eine ungefähre Abschätzung

des Rupturausmaßes ermöglichen und zudem eine höhere Spezifität aufweisen als der BHT. Ein positives Testergebnis in diesen Tests kann die Verdachtsdiagnose einer SSC-PR erhärten. Inwiefern die Erweiterung der klinischen Untersuchung um das IRLS und insbesondere den modifizierten BPT nach Scheibel die Wahrscheinlichkeit einer präoperativen Diagnostik des SSC erhöht, sollte in weiteren Studien eruiert werden.

4.4.6. Diskussion der Methodik

Diese Studie weist im Hinblick auf die klinischen Tests gewisse Schwächen auf. Zum einen besteht ein sehr hoher Anteil an Partialrupturen 1°, was sichere Aussagen zur Diagnostik von Partialrupturen 2° oder 3° unmöglich macht. Dies liegt teilweise daran, dass Patienten mit bereits durch Bildgebung gesicherten SSC-Rupturen von der Studie ausgeschlossen wurden. Ein Einschluss dieser Patienten würde die ermittelten diagnostischen Werte wahrscheinlich verbessern, insbesondere die Sensitivität der Tests. Da in dieser Studie aber eben die SSC-Partialrupturen untersucht werden sollten, die nicht durch Bildgebung detektiert werden können, sind die ermittelten Werte in Hinblick auf diese Fragestellung dennoch zielführend. Weiter lässt sich kritisieren, dass die Einteilung der SSC-PR in die verschiedenen Grade nach Fox und Romeo immer auf einer Schätzung der Rupturgröße und der Länge des individuellen kraniokaudalen SSC-Ansatzes beruht und so möglicherweise die Klassifikation der Rupturen fehleranfällig ist. Jedoch erfolgte die Einteilung der SSC-PR durch erfahrene Schulterchirurgen, sodass diesbezügliche Ungenauigkeiten minimiert worden sein dürften. Eine weitere mögliche Schwäche ist die stets gleiche Abfolge der klinischen Tests. Diese könnte zu einer Ermüdung des Patienten führen, sodass das Ergebnis der zuletzt durchgeführten Tests potentiell beeinflusst worden ist. Schließlich sind die fehlenden Daten bezüglich der intra- und interindividuellen Reliabilität als ein weiterer Schwachpunkt zu werten.

4.5. Isometrische Kraftmessungen

4.5.1. Abduktionsmessung

Die Diskussion der Ergebnisse der Abduktionsmessung erfolgt aufgrund der inhaltlichen Nähe zusammen mit den Ergebnissen des Constant-Scores (4.8.1.).

4.5.2. Innenrotationsmessung bei 90° flektiertem Ellbogen

Die Rupturgruppe erreichte im Mittel 5,9 kg, die Nicht-Rupturgruppe 7,4 kg ($p > 0,05$). Die Tatsache, dass kein signifikanter Unterschied der isometrischen Innenrotationskraft

bei angelegtem Arm und 90° Flexion im Ellbogen beobachtet wurde, könnte darin begründet liegen, dass der SSC für diese Bewegung eine untergeordnete Rolle spielt. Mehrere Autoren konnten zeigen, dass es in dieser entsprechenden Position zu einer starken Aktivierung des SSC, aber auch des M. pectoralis major kommt (25,39,54,82). Zudem könnte der M. teres major eine weitere, wenn auch kleinere Rolle spielen (39). Eine andere Erklärung wäre, dass das vorgefundene Rupturmaß nicht ausreichend war, um einen signifikanten Unterschied zu verursachen. Kim et al. (55) berichteten von einer präoperativen Schwäche der Innenrotationskraft, die mit der Größe der SSC-PR korrelierte. Deutsch et al. (27) beobachteten eine Schwäche der Innenrotationskraft bei Patienten mit SSC-Läsionen, allerdings handelte es sich in 13 der 14 Fälle um SSC-Komplettrupturen. Der hohe Anteil an geringfügigen SSC-Läsionen könnte somit ein Grund sein, warum die isometrische Innenrotationskraft in dieser Position nicht wesentlich beeinträchtigt wurde.

Die Messung der Innenrotationskraft bei adduziertem Arm und 90° flektiertem Ellbogen scheint keine Rückschlüsse auf eine mögliche SSC-PR zu erlauben.

4.5.3. Innenrotationsmessung in Lift-off Position

Die Patienten der Rupturgruppe erreichten im Mittel 1,7 kg, die Nicht-Rupturgruppe wies eine mittlere Kraft von 3,6 kg auf ($p=0,009$).

Der signifikante Unterschied deutet daraufhin, dass SSC-PR die Kraftentwicklung in der LOT-Position beeinträchtigen. Dies scheint zunächst ein Widerspruch zu dem Resultat zu sein, dass der LOT nicht geeignet ist, SSC-PR zu diagnostizieren. Dieser lässt sich aber durch die Überlegung auflösen, dass eine Läsion des SSC nicht zu einer kompletten Innenrotationsunfähigkeit in der LOT-Position führt, da andere Muskeln den Ausfall kompensieren können, es aber dennoch zu einer messbaren Kraftminderung kommen kann. In verschiedenen EMG-Studien wurde während des LOT neben der Aktivierung des SSC noch eine Aktivierung von anderen potentiellen Innenrotatoren, insbesondere des M. latissimus dorsi und des M. teres major, beobachtet (20,39,70,80,82,85).

Hughes et al. (47) zeigten, dass die isometrische Kraft der Schulter mit zunehmendem Alter abnimmt. Daher könnten die geringeren Werte der Rupturgruppe auch auf dem Altersunterschied zwischen den Studiengruppen beruhen. Ebenso ist ein Einfluss der häufig auftretenden Begleitpathologien nicht auszuschließen. Da dies aber die Situation im klinischen Alltag widerspiegelt, stellen die ermittelten Werte diesbezüglich

valide Daten dar. Liem et al. (61) berichteten 2012 von einer durchschnittlichen Innenrotationskraft in LOT-Position von 3,8 kg bei 19 Patienten, bei denen eine transossäre Refixation der Subscapularissehne nach Implantation einer Schulterprothese durchgeführt worden war. Die beobachteten 3,8 kg liegen sogar über den 3,6 kg, die die Patienten der Nicht-Rupturgruppe erreichten. Liem et al. (61) führten die Messung jedoch mittels eines analogen Kraftmessgeräts durch und notierten den Maximalwert. Die niedrigeren Kraftwerte in der vorliegenden Studie könnten also darin begründet liegen, dass nicht die Maximalkraft ermittelt wurde, sondern die durchschnittliche Kraft über einen Zeitraum von fünf Sekunden.

Patienten mit SSC-PR scheinen eine geringere isometrische Innenrotationskraft in der LOT-Position aufzuweisen im Vergleich zu Patienten ohne SSC-PR. Ein Einsatz dieser Methode im klinischen Alltag ist jedoch schwierig, da keine altersentsprechenden Vergleichswerte zur Verfügung stehen.

4.5.4. Diskussion der Methodik

Die Kraftmessungen in dieser Studie wurden alle mit dem IsoBex 3.0 durchgeführt. Leggin et al. (59) evaluierten die Eignung des IsoBex-Geräts für die Messung von isometrischen Kräften der Schulter bei Abduktions-, Außenrotations- und Innenrotationsbewegungen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das IsoBex bei drei Durchgängen eine hohe intra- und interindividuelle Reliabilität aufweist. Allerdings wurde in dieser Studie jede Kraftmessung nur einmal durchgeführt, da eine dreifache Ausführung vielen Patienten aufgrund der dabei häufig auftretenden Schmerzen nicht zuzumuten war. Dennoch dürften die Ergebnisse aufgrund der standardisierten Durchführung durch den stets gleichen Untersucher gut zu reproduzieren sein. Eine weitere Schwäche dieser Studie ist die immer gleiche Abfolge der Kraftmessungen. Diese ist zwar auf der einen Seite vorteilhaft, da so die Ergebnisse zwischen den Patienten besser verglichen werden können. Allerdings könnte dies auf der anderen Seite zu einer Ermüdung der Patienten geführt haben, sodass die zuletzt ausgeführten Kraftmessungen möglicherweise geringere Werte erbrachten. Da die Reihenfolge aber für alle Patienten gleich war, sollte ein valider Vergleich der Ergebnisse der beiden Studiengruppen möglich sein. Eine weitere Einschränkung ergibt sich dadurch, dass das IsoBex-Gerät erst bei einer einmaligen Kraftentwicklung von mehr als einem kg mit der Messung beginnt, sodass bei Patienten, die diese Schwelle nicht erreichten, 0 kg als Ergebnis notiert wurde. Dies waren jedoch sehr wenige Patienten und betraf generell nur die Kraftmessung in der LOT-Position. Zudem verleitet die eher geringe

Kraftentwicklung in dieser Position die Patienten dazu, andere Bewegungen als die gewünschte isolierte Innenrotation auszuführen, um die Kraftentwicklung zu steigern. Daher wurde bei diesem Test ganz besonders auf eine korrekte Ausführung durch den Patienten geachtet. Die Innenrotationsmessung in Adduktion stellt die Patienten im Allgemeinen vor keine Probleme und ist von der Ausführung auch leichter nachzuvollziehen.

4.6. Magnetresonanztomographie

4.6.1. Korakohumeraler Abstand

In der axialen MRT-Bildgebung besteht ein signifikant geringerer CHD der Rupturgruppe (\varnothing 9,4 mm) gegenüber der Nicht-Rupturgruppe (\varnothing 11,0 mm) ($p=0,007$). In der sagittalen MRT-Aufnahme hingegen ist kein signifikanter Unterschied zwischen dem CHD der Rupturgruppe (\varnothing 11,8 mm) und der Nicht-Rupturgruppe (\varnothing 11,9 mm) nachweisbar ($p>0,05$). Kein Patient der Rupturgruppe wies in der axialen Schnittführung einen CHD kleiner 6,0 mm auf (Minimum: 7,2 mm).

Richards et al. (72) beobachteten in ihrer Studie einen durchschnittlichen CHD der SSC-Rupturgruppe von 5,0 mm und einen mittleren CHD der Kontrollgruppe von 10,0 mm. Dieser Unterschied war signifikant. Patienten mit isolierter SSC-Ruptur wiesen einen etwas höheren CHD von durchschnittlich 6,5 mm auf, da auch Rupturen des SSP bzw. ISP zu einer Verringerung des CHD beitragen. Der Zusammenhang zwischen einem verringertem CHD und SSC-PR scheint sich in dieser Studie zu bestätigen, wenngleich der Unterschied weniger deutlich ist. Diese Tatsache lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass das durchschnittliche Rupturausmaß des SSC mit 53,5% des kraniokaudalen SSC-Ansatzes in der Studie von Richards et al. (72) deutlich größer war als in dem vorliegenden Kollektiv.

Als Normalwert für den Abstand zwischen Humerus und Korakoid werden 6,8 mm bis 15,5 mm angegeben (30,32,36,45,68,72). Die unterschiedlichen Werte sind zum Teil darauf zurückzuführen, dass die genaue Position des Armes während der Aufnahme in den Studien variiert. Eben aus diesem Grund lassen sich die gemessenen Werte nur schwer mit den Werten aus der Literatur vergleichen. Als unterer physiologischer Grenzwert wird von mehreren Autoren ein CHD von 6,0 mm genannt (49,60,63,68).

Nove-Josserand et al. (67) postulierten 1999, dass eine SSC-Ruptur zwar eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für ein subkorakoidales Impingement

sei. Zusätzlich bedürfe es noch einer Ruptur des ISP. Sie glaubten, dass das subkorakoidale Impingement keine Ursache für SSC-Läsionen darstellt. Diese Ergebnisse konnten durch eine weitere Studie bestätigt werden (68). Die Autoren beobachteten, dass eine Verringerung des CHD mit einer kombinierten Läsion von SSP und SSC und fettiger Degeneration von SSC und ISP assoziiert ist. Ein Zusammenhang zwischen isolierten SSC-Läsionen und dem CHD konnte nicht gefunden werden. Radas et al. (71) beobachteten in einer Kadaverstudie weder einen signifikanten Zusammenhang zwischen subkorakoidalem Impingement und SSC-Rupturen noch zwischen einem verringertem CHD und degenerativen Veränderungen des SSC.

Lo et al. (62) formulierten hingegen die Theorie, dass es durch eine Verkleinerung des CHD und dem daraus resultierenden subkorakoidalen Impingement nicht nur zur Einengung der SSC-Sehne zwischen Korakoid und Humerus kommt, sondern dadurch auch zu starken Zugbelastungen der kranialen Fasern des SSC-Ansatzes. Für Lo et al. (63) galt das subkorakoidale Impingement als mögliche Ursache für SSC-Läsionen, besonders bei gleichzeitig vorliegender Ruptur von SSP und ISP.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zwar ein signifikanter Unterschied des CHD in der axialen MRT-Aufnahme zwischen Rupturgruppe und Nicht-Rupturgruppe gefunden wurde, jedoch keine eindeutige Aussage über einen Kausalzusammenhang getroffen werden kann. Da aber kein Patient der Rupturgruppe einen CHD kleiner 6 mm aufwies, scheint ein subkorakoidales Impingement als Ursache der SSC-PR unwahrscheinlich. Die vorliegenden Daten sprechen eher dafür, dass eine bereits bestehende SSC-PR sekundär zu einer Verkleinerung des CHD führt. Eine Aussage darüber, inwieweit die gesteigerte Inzidenz von Läsionen der übrigen RM bei Patienten mit SSC-PR eine Rolle für die Verringerung des CHD spielt, kann nicht getroffen werden.

SSC-PR scheinen keinen Einfluss auf den CHD in der sagittalen MRT-Aufnahme zu haben. Dies passt zu Daten von Giaroli et al. (36), die beim Vergleich zwischen Patienten mit gesichertem subkorakoidalem Impingement und einer Kontrollgruppe ebenfalls keinen signifikanten Unterschied des CHD in der sagittalen Schnittführung nachweisen konnten.

4.6.2. Diskussion der Methodik

Dieser Teil der Studie weist einige Schwächen auf. Die MRT-Aufnahmen erfolgten in aller Regel in einer fremden Institution, sodass weder Einfluss auf die Qualität der Aufnahmen noch auf die durchgeführte Wichtung bzw. Schnittführung bestand. Daher unterschieden sich die von den Patienten mitgebrachten Aufnahmen in dieser Hinsicht stark. Nicht für alle Patienten war eine T1-Wichtung vorhanden, sodass der CHD häufig in einer T2-gewichteten Aufnahme gemessen werden musste. Diese Inhomogenität schränkt die Aussagekraft der Ergebnisse ein. Zudem ist die Messung des CHD in der Standard-MRT-Aufnahme der Schulter nicht ideal, da das subkorakoidale Impingement am besten in maximaler Innenrotation des Armes diagnostiziert werden kann (30,32). Giaroli et al. (36) evaluierten in ihrer Studie den Nutzen der MRT-Bildgebung in normaler Schulterposition in der Diagnostik des subkorakoidalen Impingements. Sie konnten einen signifikanten Unterschied des CHD in der axialen Schnittführung nachweisen, kamen jedoch zu dem Schluss, dass die Messung des CHD in der standardmäßig durchgeführten MRT-Bildgebung nur eine geringfügige Aussagekraft bezüglich eines subkorakoidalen Impingements besitzt. Ein weiterer Schwachpunkt ist, dass bei den Patienten nicht kontrolliert wurde, ob eine vordere bzw. hintere Instabilität der Schulter vorliegt, welche ebenfalls einen erheblichen Einfluss auf den CHD haben können.

Aufgrund der genannten Schwächen sind die Resultate dieser Studie bezüglich des CHD kritisch zu betrachten.

4.7. ASES-Score

4.7.1. Diskussion der Ergebnisse

Die Patienten der Rupturgruppe gaben den Schmerz auf der Skala von 0 bis 10 im Mittel mit 7,2 an, die Nicht-Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 5,8 auf ($p > 0,05$). Der ADL-Wert der Rupturgruppe betrug durchschnittlich 11,5 Punkte, die Patienten ohne SSC-PR kamen auf 16,6 Punkte ($p = 0,007$). Für die Rupturgruppe ergab sich eine Gesamtpunktzahl von durchschnittlich 33,3 Punkten, die Nicht-Rupturgruppe erreichte im Mittel 48,5 Punkte ($p = 0,007$).

Da der ASES-Score ausschließlich auf der subjektiven Einschätzung des Patienten beruht, lassen die ermittelten Werte vermuten, dass sich Patienten mit SSC-PR verstärkt in ihrem Leben beeinträchtigt fühlen. Der nicht signifikante Unterschied im

Bereich der Schmerzempfindung ist vielleicht dadurch zu erklären, dass die SSC-PR bei keinem der Patienten die Indikation zur Operation darstellte, also jeder Patient eine weitere Pathologie aufwies. Möglicherweise ist der zusätzliche Schmerz durch SSC-PR nicht so stark, dass von den Patienten ein deutlicher Unterschied wahrgenommen wird. Auf der anderen Seite könnte es auch sein, dass die Fallzahl in diesem Fall zu gering war, um einen signifikanten Unterschied nachzuweisen. Der Unterschied im ADL-Wert findet sich in allen zehn abgefragten Aktivitäten wieder, wobei die größten Abweichungen bei den Fragen bezüglich des Waschens des Rückens und des Hebens eines 2,5 kg schweren Gegenstands über Schulterniveau auftraten. Um den Rücken zu waschen, bedarf es einer starken Innenrotationsbewegung des Armes, sodass der Unterschied gut zu erklären ist. Gleiches gilt für das Heben des Gegenstands über Schulterniveau, da der SSC während der Abduktionsbewegung eine wichtige Rolle als Stabilisator spielt (57). Die unterschiedliche Gesamtpunktzahl lässt vermuten, dass bereits SSC-PR zu einer zunehmenden Unzufriedenheit der Patienten mit ihrer Schulterfunktion führen.

Kim et al. (55) berichteten in ihrer Studie von einem präoperativem ASES-Score von durchschnittlich 67 Punkten für Patienten mit einer isolierten SSC-PR. Postoperativ beobachteten sie im Mittel eine Verbesserung auf 96 Punkte. Der im Vergleich zu dieser Studie deutliche höhere präoperative Wert von 67 Punkten lässt sich dadurch erklären, dass in dieser Studie keine isolierten SSC-PR untersucht wurden, sondern stets weitere Schulterpathologien bestanden. Die deutliche Verbesserung des postoperativen Wertes unterstreicht die Bedeutung des SSC für die Schulterfunktion. Bennet et al. (11) berichteten von einem ASES-Score von durchschnittlich 31 Punkten für Patienten mit kombinierter SSP- und SSC-Läsion, was dem in dieser Studie ermittelten Wert sehr ähnlich ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass SSC-PR sich im ASES-Score durch einen verringerten Gesamtscore abbilden, v.a. verursacht durch die geringeren Werte in der Bewertung der ADL.

4.7.2. Diskussion der Methodik

Der ASES-Score fragt rein subjektive Aspekte ab und ist daher vor allem geeignet, die Auswirkungen einer Schulterpathologie auf die Lebensqualität der Patienten zu erfragen. Daher ist eine Korrelation mit der tatsächlich aufgefundenen Schulterpathologie häufig schwierig. Dennoch sollte ein Vergleich der durchschnittlichen Werte der

Studiengruppen zumindest vorsichtige Aussagen bezüglich der Auswirkung von SSC-PR auf diesen Score ermöglichen. Es konnte gezeigt werden, dass der ASES-Score eine vernachlässigbare Alters- und Geschlechtsabhängigkeit aufweist, sodass trotz unterschiedlicher Zusammensetzung der Studiengruppen hinsichtlich des Geschlechts und des Alters ein valider Vergleich möglich ist (15).

4.8. Constant-Score

4.8.1. Diskussion der Ergebnisse

Die Patienten der Rupturgruppe gaben den Schmerz auf der Skala von 0 bis 15 im Mittel mit 11,8 an, die Nicht-Rupturgruppe wies einen Mittelwert von 9,7 auf ($p=0,043$).

Die Patienten der Rupturgruppe bewerteten ihre Alltagsfähigkeiten im Mittel mit 7,7 Punkten, die Patienten ohne SSC-PR mit 10,2 Punkten ($p=0,033$).

In der Erfassung der Beweglichkeit der Patienten wies die Rupturgruppe einen Durchschnittswert von 22,5 Punkten auf. Die Patienten der Nicht-Rupturgruppe erzielten durchschnittlich 28,9 Punkte ($p=0,006$).

Bei der Messung der Abduktionskraft erreichten die Patienten der Rupturgruppe im Mittel 2,2 kg, der Durchschnittswert der Nicht-Rupturgruppe betrug 3,6 kg ($p>0,05$). Dies entspricht einem Durchschnittswert der Rupturgruppe von 4,6 Punkten und einer relativen Abduktionskraft von 31,7%. Die Nicht-Rupturgruppe erreichte im Mittel 7,6 Punkte, gleichbedeutend mit 49,0% ($p>0,05$).

Der relative Constant-Score der Nicht-Rupturgruppe (\bar{x} 58,8%) ist signifikant höher als der relative Constant-Score der Rupturgruppe (\bar{x} 43,7%) ($p=0,014$).

Die Patienten der Rupturgruppe wiesen in allen Bereichen des Constant-Scores schlechtere Werte auf als die Patienten der Nicht-Rupturgruppe. Lediglich der Unterschied bezüglich der Abduktionskraft ist nicht signifikant. Die Messung der Abduktionskraft überprüft eher die Gesamtfunktion der Schulter, testet aber insbesondere die Funktion des SSP und des vorderen bzw. mittleren Anteils des M. deltoideus (28,54,58). Daher haben SSC-Läsionen möglicherweise keinen größeren Einfluss auf diesen Parameter (28,58). Der dennoch nachzuweisende Unterschied könnte zum einen durch die höhere Prävalenz von SSP-Rupturen in der Rupturgruppe zu erklären sein, zum anderen durch den Altersunterschied zwischen den Studiengruppen. Es konnte vielfach gezeigt werden, dass mit zunehmendem Alter die

Abduktionskraft abnimmt (15,47,83,97). Da jedoch auch bei den alters- und geschlechtsadaptierten Werten ein deutlicher Unterschied zu erkennen ist, scheint der Alterseinfluss eher gering zu sein. Ein möglicher Einfluss der SSC-Läsionen könnte durch die Funktion des SSC als Stabilisator des Schultergelenks während der Abduktionsbewegung erklärt werden (57). Basierend auf den oben genannten Daten lässt sich vermuten, dass Patienten mit SSC-PR geringere Werte für die im Constant-Score erhobenen Parameter aufweisen. Ob dieser Unterschied hauptsächlich durch die SSC-PR selbst bedingt ist, oder inwiefern die häufig vorliegenden begleitenden Läsionen eine Rolle spielen, lässt sich anhand der Ergebnisse nicht sagen.

Mehrere Autoren sind der Meinung, dass der Constant-Score nicht gut geeignet ist, die Funktion und die Kraft des SSC adäquat abzubilden (8,11,12,28). Bartl et al. (8) begründeten dies mit ihrer Beobachtung, dass Patienten mit einem positiven BPT keine signifikant geringeren Werte für den Constant-Score erzielten als Patienten mit negativem BPT. Bennet et al. (12) postulierten, dass der Constant-Score schlecht geeignet sei für die Erfassung der SSC-Funktion, da nur die Erfassung der Innenrotationsfähigkeit der Patienten im objektiven Teil dieses Scores diesen Muskel gezielt anspreche. Der objektive Teil war der einzige Score-Bereich, der sich in ihrer Studie nach der operativen Versorgung der isolierten SSC-Läsionen nicht signifikant verbesserte. Zudem spekulierten sie, dass auch die Frage, bis zu welcher Höhe schmerzfreie Aktivität des Armes möglich ist, Rückschlüsse auf den SSC zulässt, da Patienten mit SSC-Läsionen häufig auch Schmerzen unterhalb des Schulterniveaus beklagen.

Die geschilderten Ansichten werden nur zum Teil durch diese Studie bestätigt. Die Meinung, dass die Kraft des SSC durch den Constant-Score nicht gut abgebildet wird, scheint sich in dieser Studie zu bewahrheiten, wenngleich ein klarer, jedoch nicht signifikanter Unterschied in der Abduktionskraft nachgewiesen wurde. Dieser ist aber vermutlich nicht durch eine verringerte Kraft des SSC zu erklären, sondern eher dadurch, dass Patienten mit SSC-PR häufig weitere Läsionen, insbesondere des SSP, aufweisen. In den anderen Bereichen des Constant-Scores und im Gesamtwert konnten hingegen deutliche und signifikante Unterschiede nachgewiesen werden. Daher scheint der Constant-Score geeignet zu sein, die Auswirkungen von SSC-PR auf die Schulterfunktion der Patienten standardisiert zu erfassen.

4.8.2. Diskussion der Methodik

Beim Constant-Score handelt es sich um den aktuell in Europa am weitesten verbreiteten und anerkanntesten Score (23). In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen dominanter und nicht-dominanter Seite bezüglich des Gesamt-Scores besteht (15,22,83,97). Jedoch ist der Constant-Score abhängig von demographischen Variablen wie Alter und Geschlecht, aber auch von der Generation der Patienten (15,23,83,97). Besonders die Abduktionskraft der Patienten nimmt mit zunehmendem Alter deutlich ab. Um einen Vergleich der Daten zu ermöglichen, wurden der alters- und geschlechtsadaptierte Constant-Score und die alters- und geschlechtsadaptierte Abduktionskraft kalkuliert. Hierzu wurden die von Yian et al. (97) 2005 in der Umgebung von Zürich ermittelten Normalwerte verwendet. Diese wurden gewählt, da die Werte sowohl recht aktuell sind, also die gleiche Generation abbilden, als auch mit der Schweiz eine relative örtliche Nähe besteht, sodass die Normwerte der Population ähnlich den zu erwartenden Normwerten für das Münsterland sein dürften. Zudem wurde die Kraftmessung in der genannten Studie ebenfalls mit einem IsoBex-Gerät durchgeführt, sodass die Werte gut vergleichbar sind. Zusätzlich zu den relativen Werten werden die absoluten genannt, um die (zukünftige) Vergleichbarkeit weiter zu verbessern (97).

Die Ermittlung des relativen Constant-Scores lässt somit einen validen Vergleich der beiden Studiengruppen zu. Die gewählte Position für die Abduktionsmessung in dieser Studie ist jene, die von Constant et al. (23) für die Ermittlung des Constant-Scores empfohlen wurde. Gerber et Arneberg (31) konnten zeigen, dass diese Position für die Messung der Abduktionskraft mittels IsoBex die beste Reproduzierbarkeit der Ergebnisse ermöglicht.

5. Fazit

Zusammenfassend weisen alle geprüften klinischen Tests für SSC-PR eine hohe Spezifität auf bei einer mittleren Sensitivität. Betrachtet man nur die PR 1° sind die Sensitivitäten noch deutlich geringer, sodass keiner der Tests für den Ausschluss dieser Läsionen geeignet scheint. Fällt einer der Tests positiv aus, ist dies jedoch aufgrund der hohen Spezifität ein bedeutender Hinweis auf eine SSC-PR. Tendenziell scheinen die Varianten des BHT (45° bzw. 90° Flexion) eine höhere Sensitivität aufzuweisen, jedoch konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Tests nachgewiesen werden. Auch zwischen dem BHT in 45° Flexion und dem BHT in 90° Flexion konnte kein entscheidender Unterschied festgestellt werden. Der BHT in 45° Flexion ist also eine gute Alternative, wenn der BHT in 90° Flexion für den Patienten nicht durchführbar ist. Anhand dieser Studie ist eine Kombination der verschiedenen zur Verfügung stehenden Tests im klinischen Alltag zu empfehlen, da so möglichst viele Läsionen des SSC entdeckt werden können. Ob eine Kombination mit weiteren Tests wie dem modifizierten BPT und dem IRLS zu einer Steigerung der präoperativen Diagnoserate führt, sollte in weiteren Studien geprüft werden.

Eine Messung der isometrischen Innenrotationskraft bei angelegtem Arm und 90° flektiertem Ellbogen scheint keine Rückschlüsse auf die SSC-Funktion zu erlauben, während eine Messung in der LOT-Position möglicherweise eine gute Einschätzung der SSC-Funktion erlaubt. Um hieraus einen praktischen Nutzen zu ziehen, sollten in weiteren Studien Normalwerte ermittelt werden, sodass zusätzlich zum Seitenvergleich eine Einordnung des gemessenen Wertes erfolgen kann.

Es zeigte sich ein signifikant geringerer CHD der Rupturgruppe in der axialen MRT-Aufnahme im Vergleich zur Nicht-Rupturgruppe. Eine Aussage zu einem möglichen Kausalzusammenhang ist jedoch nicht möglich.

Schließlich scheinen sowohl der ASES-Score als auch der Constant-Score insgesamt geeignet, den Zustand bzw. die Funktion des M. subscapularis abzubilden, sodass ein Einsatz dieser Scores in der Verlaufskontrolle von Patienten mit SSC-PR aufgrund der vorliegenden Daten zu befürworten ist.

6. Literaturverzeichnis

(1) Adams CR, Schoolfield JD, Burkhart SS (2010) Accuracy of preoperative magnetic resonance imaging in predicting a subscapularis tendon tear based on arthroscopy. *Arthroscopy* 26 (11): 1427-1433

(2) Adams CR, Brady PC, Koo SS, Narbona P, Arrigoni P, Karnes GJ, et al. (2012) A systematic approach for diagnosing subscapularis tendon tears with preoperative magnetic resonance imaging scans. *Arthroscopy* 28 (11): 1592-1600

(3) Aluisio FV, Osbahr DC, Speer KP (2003) Analysis of rotator cuff muscles in adult human cadaveric specimens. *Am.J.Orthop.(Belle Mead NJ)* 32 (3): 124-129

(4) Arai R, Sugaya H, Mochizuki T, Nimura A, Moriishi J, Akita K (2008) Subscapularis tendon tear: an anatomic and clinical investigation. *Arthroscopy* 24 (9): 997-1004

(5) Barth J, Audebert S, Toussaint B, Charousset C, Godeneche A, Gravelleau N, et al. (2012) Diagnosis of subscapularis tendon tears: are available diagnostic tests pertinent for a positive diagnosis? *Orthop.Traumatol.Surg.Res.* 98 (8 Suppl): S178-85

(6) Barth JR, Burkhart SS, De Beer JF (2006) The bear-hug test: a new and sensitive test for diagnosing a subscapularis tear. *Arthroscopy* 22 (10): 1076-1084

(7) Bartl C, Imhoff AB (2007) Management of isolated subscapularis tendon tears. *Orthopade* 36 (9): 848-854

(8) Bartl C, Scheibel M, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P (2011) Open repair of isolated traumatic subscapularis tendon tears. *Am.J.Sports Med.* 39 (3): 490-496

(9) Bartsch M, Greiner S, Haas NP, Scheibel M (2010) Diagnostic values of clinical tests for subscapularis lesions. *Knee Surg.Sports Traumatol.Arthrosc.* 18 (12): 1712-1717

(10) Bennett WF (2001) Subscapularis, medial, and lateral head coracohumeral ligament insertion anatomy. Arthroscopic appearance and incidence of "hidden" rotator interval lesions. *Arthroscopy* 17 (2): 173-180

(11) Bennett WF (2003) Arthroscopic repair of anterosuperior (supraspinatus/subscapularis) rotator cuff tears: a prospective cohort with 2- to 4-year follow-up. Classification of biceps subluxation/instability. *Arthroscopy* 19 (1): 21-33

(12) Bennett WF (2003) Arthroscopic repair of isolated subscapularis tears: A prospective cohort with 2- to 4-year follow-up. *Arthroscopy* 19 (2): 131-143

(13) Boon JM, de Beer MA, Botha D, Maritz NGJ, Fouche AA (2004) The anatomy of the subscapularis tendon insertion as applied to rotator cuff repair. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 13 (2): 165-169

- (14) Braun S, Horan MP, Elser F, Millett PJ (2011) Lesions of the biceps pulley. *Am.J.Sports Med.* 39 (4): 790-795
- (15) Brinker MR, Cuomo JS, Popham GJ, O'Connor DP, Barrack RL (2002) An examination of bias in shoulder scoring instruments among healthy collegiate and recreational athletes. *J.Shoulder Elbow Surg.* 11 (5): 463-469
- (16) Burkhart SS (1991) Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (267) (267): 45-56
- (17) Burkhart SS, Tehrany AM (2002) Arthroscopic subscapularis tendon repair: Technique and preliminary results. *Arthroscopy* 18 (5): 454-463
- (18) Cash CJ, MacDonald KJ, Dixon AK, Bearcroft PW, Constant CR (2009) Variations in the MRI appearance of the insertion of the tendon of subscapularis. *Clin.Anat.* 22 (4): 489-494
- (19) Chang YW, Hughes RE, Su FC, Itoi E, An KN (2000) Prediction of muscle force involved in shoulder internal rotation. *J.Shoulder Elbow Surg.* 9 (3): 188-195
- (20) Chao S, Thomas S, Yucha D, Kelly JD, 4th, Driban J, Swanik K (2008) An electromyographic assessment of the "bear hug": an examination for the evaluation of the subscapularis muscle. *Arthroscopy* 24 (11): 1265-1270
- (21) Codman E [Hrsg] (1934) *The Shoulder*. Thomas Todd, Boston
- (22) Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (214) (214): 160-164
- (23) Constant CR, Gerber C, Emery RJ, Sojbjerg JO, Gohlke F, Boileau P (2008) A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J.Shoulder Elbow Surg.* 17 (2): 355-361
- (24) D'Addesi LL, Anbari A, Reish MW, Brahmabhatt S, Kelly JD (2006) The subscapularis footprint: an anatomic study of the subscapularis tendon insertion. *Arthroscopy* 22 (9): 937-940
- (25) Decker MJ, Tokish JM, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ (2003) Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am.J.Sports Med.* 31 (1): 126-134
- (26) Denard PJ, Ladermann A, Burkhart SS (2011) Double-row fixation of upper subscapularis tears with a single suture anchor. *Arthroscopy* 27 (8): 1142-1149
- (27) Deutsch A, Altchek DW, Veltri DM, Potter HG, Warren RF (1997) Traumatic tears of the subscapularis tendon. Clinical diagnosis, magnetic resonance imaging findings, and operative treatment. *Am.J.Sports Med.* 25 (1): 13-22
- (28) Edwards TB, Walch G, Sirveaux F, Mole D, Nove-Josserand L, Boulahia A, et al. (2005) Repair of tears of the subscapularis. *J.Bone Joint Surg.Am.* 87 (4): 725-730

- (29) Fox J, Romeo AA (2003) Arthroscopic subscapularis repair. In: Annual Meeting of the Academy of Orthopaedic Surgeons. New Orleans, Louisiana
- (30) Friedman RJ, Bonutti PM, Genez B (1998) Cine magnetic resonance imaging of the subcoracoid region. *Orthopedics* 21 (5): 545-548
- (31) Gerber C, Arneberg O (1992) Measurement of abductor strength with an electrical device (Isobex). *J.Shoulder Elbow Surg.* 2: 6
- (32) Gerber C, Terrier F, Zehnder R, Ganz R (1987) The subcoracoid space. An anatomic study. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (215) (215): 132-138
- (33) Gerber C, Krushell RJ (1991) Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. Clinical features in 16 cases. *J.Bone Joint Surg.Br.* 73 (3): 389-394
- (34) Gerber C, Hersche O, Farron A (1996) Isolated rupture of the subscapularis tendon. *J.Bone Joint Surg.Am.* 78 (7): 1015-1023
- (35) Gerber C, Sebesta A (2000) Impingement of the deep surface of the subscapularis tendon and the reflection pulley on the anterosuperior glenoid rim: a preliminary report. *J.Shoulder Elbow Surg.* 9 (6): 483-490
- (36) Giaroli EL, Major NM, Lemley DE, Lee J (2006) Coracohumeral interval imaging in subcoracoid impingement syndrome on MRI. *AJR Am.J.Roentgenol.* 186 (1): 242-246
- (37) Gleason PD, Beall DP, Sanders TG, Bond JL, Ly JQ, Holland LL, et al. (2006) The transverse humeral ligament: a separate anatomical structure or a continuation of the osseous attachment of the rotator cuff? *Am.J.Sports Med.* 34 (1): 72-77
- (38) Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (304) (304): 78-83
- (39) Greis PE, Kuhn JE, Schultheis J, Hintermeister R, Hawkins R (1996) Validation of the lift-off test and analysis of subscapularis activity during maximal internal rotation. *Am.J.Sports Med.* 24 (5): 589-593
- (40) Habermeyer P, Lichtenberg S, Magosch P [Hrsg] (2010) *Schulterchirurgie.* Elsevier, München, 4. Aufl.
- (41) Habermeyer P, Magosch P, Pritsch M, Scheibel MT, 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
- (42) Halder A, Zobitz ME, Schultz E, An KN (2000) Structural properties of the subscapularis tendon. *J.Orthop.Res.* 18 (5): 829-834
- (43) Halder AM, Itoi E, An KN (2000) Anatomy and biomechanics of the shoulder. *Orthop.Clin.North Am.* 31 (2): 159-176

- (44) Hegedus EJ, Goode AP, Cook CE, Michener L, Myer CA, Myer DM, et al. (2012) Which physical examination tests provide clinicians with the most value when examining the shoulder? Update of a systematic review with meta-analysis of individual tests. *Br.J.Sports Med.* 46 (14): 964-978
- (45) Hekimoglu B, Aydin H, Kizilgoz V, Tatar IG, Ersan O (2013) Quantitative measurement of humero-acromial, humero-coracoid, and coraco-clavicular intervals for the diagnosis of subacromial and subcoracoid impingement of shoulder joint. *Clin.Imaging* 37 (2): 201-210
- (46) Hertel R, Ballmer FT, Lombert SM, Gerber C (1996) Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *J.Shoulder Elbow Surg.* 5 (4): 307-313
- (47) Hughes RE, Johnson ME, O'Driscoll SW, An KN (1999) Age-related changes in normal isometric shoulder strength. *Am.J.Sports Med.* 27 (5): 651-657
- (48) Iannotti JP, Ciccone J, Buss DD, Visotsky JL, Mascha E, Cotman K, et al. (2005) Accuracy of office-based ultrasonography of the shoulder for the diagnosis of rotator cuff tears. *J.Bone Joint Surg.Am.* 87 (6): 1305-1311
- (49) Ide J, Tokiyoshi A, Hirose J, Mizuta H (2007) Arthroscopic repair of traumatic combined rotator cuff tears involving the subscapularis tendon. *J.Bone Joint Surg.Am.* 89 (11): 2378-2388
- (50) Ide J, Tokiyoshi A, Hirose J, Mizuta H (2008) An anatomic study of the subscapularis insertion to the humerus: the subscapularis footprint. *Arthroscopy* 24 (7): 749-753
- (51) Jost B, Koch PP, Gerber C (2000) Anatomy and functional aspects of the rotator interval. *J.Shoulder Elbow Surg.* 9 (4): 336-341
- (52) Kadaba MP, Cole A, Wootten ME, McCann P, Reid M, Mulford G, et al. (1992) Intramuscular wire electromyography of the subscapularis. *J.Orthop.Res.* 10 (3): 394-397
- (53) Katthagen JC, Jensen G, Muller T, Voigt C, Lill H (2012) Subscapularis tendon lesions. Anatomy, diagnosis and importance of arthroscopic treatment. *Unfallchirurg* 115 (9): 817-27; quiz 828-9
- (54) Kelly BT, Kadamas WR, Kirkendall DT, Speer KP (1996) Optimal normalization tests for shoulder muscle activation: an electromyographic study. *J.Orthop.Res.* 14 (4): 647-653
- (55) Kim SH, Oh I, Park JS, Shin SK, Jeong WK (2005) Intra-articular repair of an isolated partial articular-surface tear of the subscapularis tendon. *Am.J.Sports Med.* 33 (12): 1825-1830
- (56) Kim TK, Rauh PB, McFarland EG (2003) Partial tears of the subscapularis tendon found during arthroscopic procedures on the shoulder: a statistical analysis of sixty cases. *Am.J.Sports Med.* 31 (5): 744-750

- (57) Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA (1990) Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (257) (257): 76-85
- (58) Lafosse L, Jost B, Reiland Y, Audebert S, Toussaint B, Gobezie R (2007) Structural integrity and clinical outcomes after arthroscopic repair of isolated subscapularis tears. *J.Bone Joint Surg.Am.* 89 (6): 1184-1193
- (59) Leggin BG, Neuman RM, Iannotti JP, Williams GR, Thompson EC (1996) Intrarater and interrater reliability of three isometric dynamometers in assessing shoulder strength. *J.Shoulder Elbow Surg.* 5 (1): 18-24
- (60) Liem D, Schmidt C, Vogler T (2012) Partialrupturen der Supraspinatus- und Subskapularissehne. *Arthroskopie* (2): 77-83
- (61) Liem D, Kleeschulte K, Dedy N, Schulte TL, Steinbeck J, Marquardt B (2012) Subscapularis function after transosseous repair in shoulder arthroplasty: transosseous subscapularis repair in shoulder arthroplasty. *J.Shoulder Elbow Surg.* 21 (10): 1322-1327
- (62) Lo IK, Burkhart SS (2003) The etiology and assessment of subscapularis tendon tears: a case for subcoracoid impingement, the roller-wringer effect, and TUFF lesions of the subscapularis. *Arthroscopy* 19 (10): 1142-1150
- (63) Lo IK, Parten PM, Burkhart SS (2003) Combined subcoracoid and subacromial impingement in association with anterosuperior rotator cuff tears: An arthroscopic approach. *Arthroscopy* 19 (10): 1068-1078
- (64) MacDonald K, Bridger J, Cash C, Parkin I (2007) Transverse humeral ligament: does it exist? *Clin.Anat.* 20 (6): 663-667
- (65) McCann PD, Cordasco FA, Ticker JB, Kadaba MP, Wootten ME, April EW, et al. (1994) An anatomic study of the subscapular nerves: A guide for electromyographic analysis of the subscapularis muscle. *J.Shoulder Elbow Surg.* 3 (2): 94-99
- (66) Morag Y, Bedi A, Jamadar DA (2012) The Rotator Interval and Long Head Biceps Tendon: Anatomy, Function, Pathology, and Magnetic Resonance Imaging. *Magn.Reson.Imaging Clin.N.Am.* 20 (2): 229-259
- (67) Nove-Josserand L, Boulahia A, Levigne C, Noel E, Walch G (1999) Coracohumeral space and rotator cuff tears. *Rev.Chir.Orthop.Reparatrice Appar.Mot.* 85 (7): 677-683
- (68) Nove-Josserand L, Edwards TB, O'Connor DP, Walch G (2005) The acromiohumeral and coracohumeral intervals are abnormal in rotator cuff tears with muscular fatty degeneration. *Clin.Orthop.Relat.Res.* (433) (433): 90-96
- (69) Park JY, Lhee SH, Oh KS, Kim NR, Hwang JT (2012) Is arthroscopic coracoplasty necessary in subcoracoid impingement syndrome? *Arthroscopy* 28 (12): 1766-1775

- (70) Pennock AT, Pennington WW, Torry MR, Decker MJ, Vaishnav SB, Provencher MT, et al. (2011) The influence of arm and shoulder position on the bear-hug, belly-press, and lift-off tests: an electromyographic study. *Am.J.Sports Med.* 39 (11): 2338-2346
- (71) Radas CB, Pieper HG (2004) The coracoid impingement of the subscapularis tendon: a cadaver study. *J.Shoulder Elbow Surg.* 13 (2): 154-159
- (72) Richards DP, Burkhart SS, Campbell SE (2005) Relation between narrowed coracohumeral distance and subscapularis tears. *Arthroscopy* 21 (10): 1223-1228
- (73) Richards DP, Burkhart SS, Tehrany AM, Wirth MA (2007) The subscapularis footprint: an anatomic description of its insertion site. *Arthroscopy* 23 (3): 251-254
- (74) Richards RR, An KN, Bigliani LU, Friedman RJ, Gartsman GM, Gristina AG, et al. (1994) A standardized method for the assessment of shoulder function. *J.Shoulder Elbow Surg.* 3 (6): 347-352
- (75) Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Kondo T, Tamai S (1998) Incomplete tears of the subscapularis tendon associated with tears of the supraspinatus tendon: cadaveric and clinical studies. *J.Shoulder Elbow Surg.* 7 (5): 510-515
- (76) Scheibel M, Magosch P, Pritsch M, Lichtenberg S, Habermeyer P (2005) The belly-off sign: a new clinical diagnostic sign for subscapularis lesions. *Arthroscopy* 21 (10): 1229-1235
- (77) Scheibel M, Tsynman A, Magosch P, Schroeder RJ, Habermeyer P (2006) Postoperative subscapularis muscle insufficiency after primary and revision open shoulder stabilization. *Am.J.Sports Med.* 34 (10): 1586-1593
- (78) Schwamborn T, Imhoff AB (1999) Diagnostik und Klassifikation der Rotatorenmanschettenläsionen. In: Imhoff AB, König U (Hrsg) *Schulterinstabilität-Rotatorenmanschette.: Arthroskopische und offene Operationstechniken bei Schulterverletzungen des Sportlers.* Endoprothetik. Steinkopff Verlag, Darmstadt, S. 193-195
- (79) Skendzel JG, Jacobson JA, Carpenter JE, Miller BS (2011) Long head of biceps brachii tendon evaluation: accuracy of preoperative ultrasound. *AJR Am.J.Roentgenol.* 197 (4): 942-948
- (80) Stefko JM, Jobe FW, VanderWilde RS, Carden E, Pink M (1997) Electromyographic and nerve block analysis of the subscapularis lift-off test. *J.Shoulder Elbow Surg.* 6 (4): 347-355
- (81) Su WR, Budoff JE, Luo ZP (2009) The effect of anterosuperior rotator cuff tears on glenohumeral translation. *Arthroscopy* 25 (3): 282-289
- (82) Suenaga N, Minami A, Fujisawa H (2003) Electromyographic analysis of internal rotational motion of the shoulder in various arm positions. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 12 (5): 501-505

- (83) Tavakkolizadeh A, Ghassemi A, Colegate-Stone T, Latif A, Sinha J (2009) Gender-specific Constant score correction for age. *Knee Surg.Sports Traumatol.Arthrosc.* 17 (5): 529-533
- (84) Teefey SA, Hasan SA, Middleton WD, Patel M, Wright RW, Yamaguchi K (2000) Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases. *J.Bone Joint Surg.Am.* 82 (4): 498-504
- (85) Tokish JM, Decker MJ, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ (2003) The belly-press test for the physical examination of the subscapularis muscle: electromyographic validation and comparison to the lift-off test. *J.Shoulder Elbow Surg.* 12 (5): 427-430
- (86) Tung GA, Yoo DC, Levine SM, Brody JM, Green A (2001) Subscapularis tendon tear: primary and associated signs on MRI. *J.Comput.Assist.Tomogr.* 25 (3): 417-424
- (87) Turkel SJ, Panio MW, Marshall JL, Girgis FG (1981) Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. *J.Bone Joint Surg.Am.* 63 (8): 1208-1217
- (88) Uthoff HK, Sarkar K (1995) Anatomy and pathology of the rotator cuff. *Orthopade* 24 (6): 468-474
- (89) Walch G, Nove-Josserand L, Levigne C, Renaud E (1994) Tears of the supraspinatus tendon associated with "hidden" lesions of the rotator interval. *J.Shoulder Elbow Surg.* 3 (6): 353-360
- (90) 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): 100-108
- (91) Ward SR, Hentzen ER, Smallwood LH, Eastlack RK, Burns KA, Fithian DC, et al. (2006) Rotator cuff muscle architecture: implications for glenohumeral stability. *Clin.Orthop.Relat.Res.* 448: 157-163
- (92) Werner A, Mueller T, Boehm D, Gohlke F (2000) The stabilizing sling for the long head of the biceps tendon in the rotator cuff interval. A histoanatomic study. *Am.J.Sports Med.* 28 (1): 28-31
- (93) 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
- (94) Wright JM, Heavrin B, Hawkins RJ, Noonan T (2001) Arthroscopic visualization of the subscapularis tendon. *Arthroscopy* 17 (7): 677-684
- (95) Yamamoto A, Takagishi K, Osawa T, Yanagawa T, Nakajima D, Shitara H, et al. (2010) Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in the general population. *J.Shoulder Elbow Surg.* 19 (1): 116-120

(96) Yang HF, Tang KL, Chen W, Dong SW, Jin T, Gong JC, et al. (2009) An anatomic and histologic study of the coracohumeral ligament. J.Shoulder Elbow Surg. 18 (2): 305-310

(97) Yian EH, Ramappa AJ, Arneberg O, Gerber C (2005) The Constant score in normal shoulders. J.Shoulder Elbow Surg. 14 (2): 128-133

(98) Yoon JP, Chung SW, Kim SH, Oh JH (2013) Diagnostic value of four clinical tests for the evaluation of subscapularis integrity. J.Shoulder Elbow Surg.

7. Abkürzungsverzeichnis

ADL	activities of daily living
ASES-Score	American Shoulder and Elbow Surgeons Score
ASI	anterosuperiores Impingement
ASK	Arthroskopie
BHT	Bear-hug test
BOS	Belly-off sign
BPT	Belly-press test
bzw.	beziehungsweise
CHD	korakohumeraler Abstand (coracohumeral distance)
CHL	Ligamentum corcaco-humerale
EMG	Elektromyographie
et al.	et alii – und andere
IRLS	Internal Rotation Lag Sign
ISP	Musculus infraspinatus
J.	Jahre
kg	Kilogramm
LCHL	laterales Ligamentum corcaco-humerale
LHB	Sehne des langen Kopfes des M. biceps brachii
Lig. / Ligg.	Ligamentum / Ligamenta
LOT	Lift-off Test
M. / Mm.	Musculus / Musculi
mm	Millimeter

MCHL	mediales Ligamentum coracohumerale
MRT	Magnetresonanztomographie
N. / Nn.	Nervus / Nervi
NPV	negativer prädiktiver Wert
PPV	positiver prädiktiver Wert
PR	Partialruptur(en)
RM	Rotatorenmanschette
SCI	subkorakoidales Impingement
SD	Standardabweichung (standard deviation)
SGHL	Ligamentum glenohumerale superius
SSC	Musculus subscapularis
SSP	Musculus supraspinatus
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche

8. Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: LAGEBEZIEHUNG DES SSC AM TUBERCULUM MINUS DER RECHTEN SCHULTER. ORANGE UNTERLEGT IST DER SSC-FOOTPRINT, DIE BLAUE LINIE STELLT DEN VERLAUF DER LHB DAR; AUS (53).	3
ABBILDUNG 2: ANATOMIE ROTATORENINTERVALL MIT PULLEY-SYSTEM. AUFSICHT VON VENTRAL AUF DIE RECHTE SCHULTER, DARGESTELLT SIND DIE LAGEBEZIEHUNGEN VON SSP, SSC UND LHB. ACR=AKROMION, CP=KORAKOID; AUS (66)	4
ABBILDUNG 3: SCHEMA DER KLASSIFIKATION DER SSC-RUPTUREN NACH FOX UND ROMEO (29); AUS (40)	12
ABBILDUNG 4: ARTHROSKOPISCHE SSC-REPARATUR. A: ARTIKULARSEITIGE SSC-PR 2°, B: SEHNENPENETRATION UND FADEN-HAND-OFF, C: MATRATZENNAHT DER KRANIALEN SSC-SEHNE, D: ABGESCHLOSSENE SEHNENREKONSTRUKTION; AUS (60)	14
ABBILDUNG 5: AUSGANGSPOSITION LOT	17
ABBILDUNG 6: ENDPOSITION LOT	17
ABBILDUNG 7: AUSGANGSPOSITION BPT	18
ABBILDUNG 8: POSITIVER BPT RECHTS	18
ABBILDUNG 9: AUSGANGSPOSITION BOS	19
ABBILDUNG 10: POSITIVES BOS RECHTS	19
ABBILDUNG 11: AUSGANGSPOSITION BHT IN 45°	20
ABBILDUNG 12: AUSGANGSPOSITION BHT IN 90°	20
ABBILDUNG 13: POSITIVER BHT	20
ABBILDUNG 14: ISOBEX 3.0 (MEDICAL DEVICE SOLUTION AG, BURGDORF)	21
ABBILDUNG 15: KRAFTMESSUNG ABDUKTION	22
ABBILDUNG 16: KRAFTMESSUNG INNENROTATION BEI ANGELEGTEM ARM	23
ABBILDUNG 17: KRAFTMESSUNG INNENROTATION IN LOT-POSITION	23
ABBILDUNG 18: EINTEILUNG DER SSC-RUPTUREN NACH FOX UND ROMEO (29)	29
ABBILDUNG 19: BETEILIGUNG DER ÜBRIGEN ROTATORENMANSCHETTE BEI SSC-PR	30
ABBILDUNG 20: ALTERSVERTEILUNG PATIENTENKOLLEKTIV	31
ABBILDUNG 21: ALTERSVERTEILUNG DER PATIENTEN OHNE SSC-PARTIALRUPTUR	31
ABBILDUNG 22: ALTERSVERTEILUNG RUPTURGRUPPE	32
ABBILDUNG 23: BEWEGUNGSMAß FLEXION, ABDUKTION U. AUßENROTATION	33
ABBILDUNG 24: BEWEGUNGSMAß INNENROTATION CONSTANT SCORE	34
ABBILDUNG 25: ERGEBNISSE ISOMETRISCHE KRAFTMESSUNG; LOT = LIFT-OFF TEST	41
ABBILDUNG 26: CONSTANT-SCORE: ERGEBNISÜBERBLICK	45

9. Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: LISTE DER TÄTIGKEITEN DES TÄGLICHEN LEBENS (ADL)	24
TABELLE 2: PUNKTEVERTEILUNG ALLTAGSAKTIVITÄTEN 1	25
TABELLE 3: PUNKTEVERTEILUNG ALLTAGSAKTIVITÄTEN 2	25
TABELLE 4: PUNKTEVERTEILUNG FLEXION / ABDUKTION	26
TABELLE 5: PUNKTEVERTEILUNG AUßENROTATION	26
TABELLE 6: PUNKTEVERTEILUNG INNENROTATION	26
TABELLE 7: ANTEIL DER PATIENTEN MIT SSC-LÄSIONEN	29
TABELLE 8: ANZAHL LHB-PATHOLOGIEEN NACH STUDIENGRUPPE	30
TABELLE 9: CHARAKTERISTIKA DER STUDIENGRUPPEN	32
TABELLE 10: ERGEBNISSE LIFT-OFF TEST	35
TABELLE 11: ERGEBNISSE BELLY-PRESS TEST	36
TABELLE 12: ERGEBNISSE BELLY-OFF SIGN	36
TABELLE 13: ERGEBNISSE BEAR-HUG TEST IN 45° FLEXION	37
TABELLE 14: ERGEBNISSE BEAR-HUG TEST IN 90° FLEXION	38
TABELLE 15: ERGEBNISTAFEL DER KLINISCHEN TESTS	39
TABELLE 16: SENSITIVITÄT, SPEZIFITÄT, PPV UND NPV DER KLINISCHEN TESTS	39
TABELLE 17: SENSITIVITÄT, SPEZIFITÄT, PPV UND NPV NUR FÜR PR 1°	40
TABELLE 18: KORAKOHUMERALER ABSTAND IM AXIALEN MRT	42
TABELLE 19: KORAKOHUMERALER ABSTAND IM SAGITTALEN MRT	42
TABELLE 20: ASES-SCORE: MITTELWERTE (± SD); ADL= ACTIVITIES OF DAILY LIVING	43
TABELLE 21: CONSTANT SCORE: MITTELWERTE (± SD) ABDUKTIONSKRAFT UND GESAMTPUNKTZAHL	44

10. Lebenslauf

11. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

Herrn Univ.-Prof. Dr. G. Gosheger für die Möglichkeit, an der Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie zu promovieren.

Dem gesamten Team der Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie für die Unterstützung während der Studiendurchführung.

Herrn Prof. Dr. Dennis Liem für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung, insbesondere bei der statistischen Auswertung.

Herrn Karsten Hunger für die Bereitschaft, sich als Fotomodel bereitzustellen.

Meinen Eltern, die mich stets unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. Carolin Schmidt für die stets freundliche und kompetente Betreuung und Unterstützung sowie die kritische Durchsicht meiner Entwürfe.

12. Anhang

12.1. Votum der Ethikkommission



**ETHIK
KOMMISSION**
der Ärztekammer Westfalen-Lippe
und der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität

Ethik-Kommission Münster · Gartenstraße 210-214 · 48147 Münster

Herrn
PD Dr. med. Dennis Liem
Klinik für Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1, Gebäude A1
48149 Münster

Gartenstraße 210-214
48147 Münster, Germany
Tel.: +49 (0)251 929 2460
Fax: +49 (0)251 929 2478
E-Mail: ethik-kommission@aeowl.de
www.ethik-kommission.uni-muenster.de

26. Januar 2012

— **Unser Aktenzeichen:** 2011-596-f-S (bitte immer angeben!)

Titel des Forschungsvorhabens:
„Diagnose von partiellen Subscapularisrupturen - Ein Vergleich klinischer und radiologischer Untersuchungsmethoden“

Sehr geehrter Herr Dr. Liem,

für das oben genannte Forschungsvorhaben haben Sie die Beratung durch die Ethik-Kommission der Ärztekammer Westfalen-Lippe und der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster („Ethik-Kommission“) beantragt.

Die Ethik-Kommission hat in ihrer Sitzung am 16.12.2011 über Ihren Antrag beraten, ergänzend vorgelegte Unterlagen in einem Ausschuss nach § 5 Abs. 1 Satz 3 ihrer Satzung geprüft und beschlossen:

Die Ethik-Kommission hat keine grundsätzlichen Bedenken ethischer oder rechtlicher Art gegen die Durchführung des Forschungsvorhabens.

Die vorliegende Einschätzung gilt für das Forschungsvorhaben, wie es sich auf Grundlage der in Anhang 1 genannten Unterlagen darstellt.

Für die Entscheidung der Ethik-Kommission erhebt die Ärztekammer Westfalen-Lippe Gebühren nach Maßgabe ihrer Verwaltungsgebührenordnung. Für Ihren Antrag gewährt die Ethik-Kommission eine Ermäßigung der Verwaltungsgebühr auf 20 Prozent des regulären Gebührensatzes. Über die Gebühren erhalten Sie von der Ärztekammer einen gesonderten Bescheid.

Allgemeine Hinweise:

Die Einschätzung der Kommission ist als ergebnisoffene Beratung für den Antragsteller nicht bindend. Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass unabhängig von der vorliegenden Stellungnahme die medizinische, ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung des Forschungsvorhabens bei dessen Leiter und bei allen an dem Vorhaben teilnehmenden Ärzten bzw. Forschern verbleibt.

An der Beratung und Beschlussfassung haben die in Anhang 2 aufgeführten Mitglieder der Ethik-Kommission teilgenommen. Es haben keine Kommissionsmitglieder teilgenommen, die selbst an dem Forschungsvorhaben mitwirken oder deren Interessen davon berührt werden.

Mitglieder: H.-W. Bothe (Vorsitzender), H. Pfeiffer (stellv. Vorsitzende),
F. U. Müller, P. Scheutzel, R. Rapp-Engels, M. Föcking, P. Hucklenbroich, J. Ritter, G. Rudolf, H.-D. Steimeier, D. Voß, W. Engemann

Ethik-Kommission der Ärztekammer Westfalen-Lippe und der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
unser Az.: 2011-596-I-S
Schreiben vom: 26. Januar 2012

S. 2 von 3

Die Ethik-Kommission empfiehlt nachdrücklich die Registrierung klinischer Studien in einem öffentlich zugänglichen Register, das die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) geforderten Voraussetzungen erfüllt, insbesondere deren Mindestangaben enthält. In Betracht kommende Register sowie ausführliche weiterführende Informationen stehen im Internetangebot der WHO zur Verfügung:

<http://www.who.int/ictcp/en/>

Zu den von zahlreichen Fachzeitschriften aufgestellten Anforderungen wird hingewiesen auf:

http://www.icmje.org/clin_trialup.htm

Die Ethik-Kommission der Ärztekammer Westfalen-Lippe und der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster ist organisiert und arbeitet gemäß den nationalen gesetzlichen Bestimmungen und den GCP-Richtlinien der ICH.

Die Kommission wünscht Ihrem Forschungsvorhaben gutes Gelingen und geht davon aus, dass Sie nach Abschluss des Vorhabens über die Ergebnisse berichten werden.

Mit freundlichen Grüßen


Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Werner Bothe M.A.
Vorsitzender der Ethik-Kommission

12.2. Aufklärung / Einwilligungserklärung



Universitätsklinikum Münster · Sektion Sportorthopädie/Schulterchirurgie
48149 Münster

Klinik und Poliklinik für
Allgemeine Orthopädie und Tumororthopädie
Sektion Schulterchirurgie & Sportorthopädie
PD Dr. med. D. Liem
Leiter des Bereichs
Albert-Schweitzer-Campus 1, Gebäude A1
48149 Münster

Patienten-Aufklärung/Einwilligungserklärung

„Diagnose von partiellen Subscapularisrupturen – Ein Vergleich klinischer und radiologischer Untersuchungsmethoden“

Information

Rotatorenmanschettenrupturen gehören zu den häufigsten Ursachen für Schmerzen und Funktionsverlust der Schulter, wobei überwiegend die Sehne des M. supraspinatus betroffen ist. In ca. 24% der Fälle mit einem Supraspinatussehnenriss besteht jedoch eine zusätzliche Schädigung der Sehne des M. subscapularis.

Es gibt verschiedene klinische Zeichen und Tests, welche auf eine Schädigung des M. subscapularis hindeuten. Trotz dieser unterschiedlichen klinischen Tests bleibt die Verletzung der Sehne des Subscapularis jedoch unterdiagnostiziert.

Ziel der Studie ist die verschiedenen klinischen Tests auf Ihre Genauigkeit und Aussagekraft hinsichtlich einer Verletzung der Sehne des Subscapularis zu untersuchen.

Neben einer klinischen Untersuchung mit speziellen nicht-invasiven Tests der Schulter, welche am Tag vor der Operation durchgeführt wird, erfolgt die Dokumentation der Schulterfunktion anhand von Fragebögen.

Somit soll möglicherweise eine ideale Kombination an Untersuchungsverfahren und klinischen Tests zu einer verbesserten Diagnosefindung führen.

Zu Operationsvorbereitung und -planung sind eine Ultraschalluntersuchung, Röntgenaufnahmen und eine MRT-Untersuchung (Magnetresonanztomographie) der zu operierenden Schulter studienunabhängig notwendig.

Die Behandlung der zugrunde liegenden Schultererkrankung wird durch die Teilnahme an dieser Studie in keiner Weise beeinflusst.

Freiwillige Teilnahme

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie ist freiwillig. Sie haben das Recht die Teilnahme zu verweigern. Falls Sie auf die Teilnahme an dieser Studie verzichten, hat das für Sie keine Nachteile bezüglich einer späteren medizinischen Betreuung. Dasselbe gilt, wenn Sie Ihre bereits gegebene Einwilligung zu einem späteren Zeitpunkt widerrufen. Diese Möglichkeit besteht jederzeit. Auch muss ein allfälliger Widerruf der Einverständniserklärung bzw. der Rücktritt von der Studie nicht begründet werden. Sie werden rechtzeitig über alle neuen Erkenntnisse informiert, die den Nutzen oder die Sicherheit des Versuchsablaufs und damit die weitere Studienteilnahme bzw. die Einverständniserklärung beeinflussen können.

Datenschutzerklärung

1. **Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass im Rahmen der klinischen Untersuchung meine Daten/ Krankheitsdaten einschließlich der Daten über Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße aufgezeichnet und pseudonymisiert (Namen usw. werden durch einen Verschlüsselungscode ersetzt)**
 - a) an den Auftraggeber der Studie zu ihrer wissenschaftlichen Auswertung sowie
 - b) an die zuständige Behörde zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie weitergegeben werden.
 - c) bis zum Abschluss der Studie aufbewahrt werden, bzw. bei Widerruf der Einwilligung vernichtet werden.
2. **Ich bin damit einverstanden, dass ich vor der geplanten Schulter-Operation und klinisch und körperlich ausführlich untersucht werde (inkl. Fragebögen und Prüfung der Kraft).**
3. **Außerdem bin ich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter des Auftraggebers oder der zuständigen Überwachungsbehörde bzw. der zuständigen Bundesoberbehörde in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studie notwendig ist.**

Alle Fragen bzgl. Behandlung und Vor- bzw. Nachuntersuchungen wurden ausreichend beantwortet.

Datum, Unterschrift der/-s Patientin/-en

Datum, Unterschrift der/-s Ärztin/Arztes

12.3. Untersuchungsbogen Schulter

Untersuchungsbogen Schulter

Datum: _____

Name, Vorname: _____

Betroffene Schulter: _____

Geb.-Datum: _____

Dominanter Arm: _____

Bewegungsausmaß:

Art der Bewegung	Rechts	Links
Flexion		
Abduktion		
Außenrotation		
Innenrotation		

Klinische Tests:

Test	Ergebnis (0=neg., 1=pos.)	
	Rechts	Links
Lift-Off		
Belly-Press		
Belly-Off-Sign		
Bear-hug in 45° Fl.		
Bear-hug in 90° Fl.		
O'Brien Test		
Speed Test		

Kraftmessung:

Test	Kraft (in kg)	
	Rechts	Links
Supination		
Ellbogenflexion		
IR angelegter Arm		
IR in Lift-Off-Pos.		

12.4. Fragebogen

12.4.1. ASES-Score

ASES-Score:

Datum:

Name, Vorname: _____

Geb.-Datum: _____

1. Haben Sie Schmerzen in der Schulter?

Rechts: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Links: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Keine

sehr stark

2. Haben Sie ein Instabilitätsgefühl in der Schulter?

Rechts: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Links: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nein

sehr stark

3. Markieren Sie bitte, ob Sie in Verrichtungen des täglichen Lebens aufgrund Ihrer Schultererkrankung eingeschränkt sind:

0= unmöglich 1=sehr schwer 2=schwierig 3=kein Problem

	Rechts	Links
Anziehen eines Mantels	0 1 2 3	0 1 2 3
Schlafen auf der Seite	0 1 2 3	0 1 2 3
Den Rücken waschen	0 1 2 3	0 1 2 3
Das Gesäß waschen	0 1 2 3	0 1 2 3
Kämmen	0 1 2 3	0 1 2 3
Einen 2,5kg schweren Gegenstand über Schulterniveau heben	0 1 2 3	0 1 2 3
Etwas aus einem hohen Regal nehmen	0 1 2 3	0 1 2 3
Einen Ball über Kopf werfen	0 1 2 3	0 1 2 3
Berufsausübung	0 1 2 3	0 1 2 3
Allgemeine Sportfähigkeit	0 1 2 3	0 1 2 3

12.4.2. Constant-Score



Nachname

Datum

Vorname

Betroffene 1 rechts
Seite 2 links

Constant Score

1. Schmerz (der am stärksten verspürte Schulterschmerz im Verlauf des täglichen Lebens)

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

2. Alltagsaktivitäten

Arbeitsfähigkeit 0 1 2 3 4

Freizeit-/Sportfähigkeit 0 1 2 3 4

Schlaffähigkeit 0 1 2

Bis zu welcher Höhe sind Aktivitäten für Sie schmerzfrei möglich ?

2 Gürtellinie
 4 Xiphoid (Brustbein)
 6 Hals
 8 Scheitel
 10 Über Kopf

3. Beweglichkeit

Flexion 0 0° - 30°
 2 31° - 60°
 4 61° - 90°
 6 91° - 120°
 8 121° - 150°
 10 151° - 180°

Abduktion 0 0° - 30°
 2 31° - 60°
 4 61° - 90°
 6 91° - 120°
 8 121° - 150°
 10 151° - 180°

Außenrotation 2 Hand hinter dem Kopf, EB vorne
 4 Hand hinter dem Kopf, EB hinten
 6 Hand auf dem Kopf, EB vorne
 8 Hand auf dem Kopf, EB hinten
 10 Keine Einschränkungen

Innenrotation (Hand erreicht...) 2 Oberschenkel
 4 Gesäß
 6 Taille
 8 BWK 12
 10 Scapula

4. Kraft

Kraft kg

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Tumororthopädie (Direktor: Prof. Dr. med G. Gosheger)
 Schultersprechstunde: Mi, 9 – 14 Uhr Sport-/Arthroskopiesprechstunde: Mi, 9-14 Uhr
 Ansprechpartner: Dr. D. Liem / Dr. M. Balke Terminvereinbarung 13-15 Uhr: 0251 – 8347887
 www.sportortho-muenster.de