

Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Neue Aspekte in der Diagnostik und Therapie von
Subscapularissehnenrupturen und Läsionen der langen Bizepssehne

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Martin Clemens Bartsch

aus Berlin

Datum der Promotion: 02.03.2018

Meinem Vater Dr. med. Hajo Max Bartsch gewidmet

Inhalt

1. Zusammenfassung	4
1.1 Abstrakt.....	4
1.2 Validierung klinischer Tests für die Diagnostik von Subscapularisläsionen.....	8
1.2.1 Einleitung	8
1.2.2 Material und Methoden	8
1.2.3 Ergebnisse	10
1.2.4 Diskussion	11
1.3 Prospektive Evaluation des LBS Scores.....	14
1.3.1 Einleitung	14
1.3.2 Material und Methoden	14
1.3.3 Ergebnisse	15
1.3.4 Diskussion	17
1.4 Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne.....	19
1.4.1 Einleitung	19
1.4.2 Material und Methoden	19
1.4.3 Ergebnisse	21
1.4.4 Diskussion	22
1.5 Literaturverzeichnis.....	25
2. Eidesstattliche Versicherung	28
3. Anteilserklärung	29
4. Verwendete Publikationen	30
4.1 Diagnostic values of clinical tests for subscapularis lesions.	30
4.2 Using the LHB score for assessment of LHB pathologies and LHB surgery: a prospective study. .	37
4.3 Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon.....	45
5. Lebenslauf	53
6. Publikationsliste	54
7. Danksagung	57

1. Zusammenfassung

1.1 Abstrakt

Einleitung:

Läsionen der Subscapularissehne (SSC) haben eine große klinische Bedeutung, werden in der klinischen Routine aber häufig übersehen. Daher sollten die etablierten SSC-Tests hinsichtlich ihrer diagnostischen Wertigkeit verglichen werden. Ein für die lange Bizepssehne (LBS) spezifischer Score (LBS Score), der zunächst zur klinischen Nachuntersuchung Verwendung fand, wurde prospektiv evaluiert. Für die Versorgung von Pathologien der LBS sind neben der alleinigen Tenotomie auch verschiedene Techniken zur Tenodese beschrieben worden. Diese wurden mittels des LBS Score untereinander verglichen.

Methodik:

Der Lift-Off-Test, das Innenrotations-Lag-Zeichen, der Belly-Press-Test und das Belly-Off-Zeichen wurden präoperativ erhoben, und um ihre diagnostische Wertigkeit untereinander zu vergleichen, mit den intraoperativen Befunden der Subscapularissehne korreliert (Publikation 1). Zur Beurteilung seines diagnostischen Nutzens wurde der LBS Score prospektiv, prä- und postoperativ bei zwei unterschiedlichen LBS Therapien sowie einer Kontrollgruppe erhoben und mit dem Constant Score verglichen (Publikation 2). Eine Weichteiltenodese und eine Ankertenodese der LBS wurden hinsichtlich ihres klinischen und kernspintomographischen Outcomes verglichen. Zur klinischen Beurteilung wurde dazu der LBS Score eingeführt und verwendet (Publikation 3).

Ergebnisse:

Der Belly-Press-Test und das Belly-Off-Zeichen zeigten die höchste Sensitivität. Das Belly-Off-Zeichen hatte die höchste Spezifität und die insgesamt höchste Genauigkeit. Mit dem Belly-Press-Test und dem Belly-Off-Zeichen konnten die kranialen Läsionen der SSC-Sehne (Typ I und Typ II) präoperativ gut diagnostiziert werden (Publikation 1). Der Constant Score und der LBS Score stiegen in allen 3 Gruppen postoperativ signifikant an. Gruppe I zeigte im Vergleich zu Gruppe II signifikant bessere Ergebnisse im LBS Score und bei der Bewertung der kosmetischen Deformität (Publikation 2).

Der Constant Score zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen der Weichteiltenodese und der Ankertenodese. Die Ankertenodese schnitt hingegen im LBS Score, in der objektiven Bewertung der kosmetischen Deformität sowie bei der kernspintomographischen Bewertung des Tenodesekonstruktes signifikant besser ab als die Weichteiltenodese (Publikation 3).

Schlussfolgerung:

Die Anwendung der gegenwärtig verfügbaren Tests erlaubt in den meisten Fällen eine präoperative Detektion von Läsionen der SSC-Sehne. Dennoch konnten einige Läsionen auch unter Nutzung aller Tests präoperativ nicht diagnostiziert werden (Publikation 1). Zur Verlaufsbeurteilung von Patienten mit Pathologien der LBS sollte der LBS Score verwendet werden, da er spezifische Informationen liefert. Als alleiniges Werkzeug zur Diagnostik ist er dagegen nicht geeignet (Publikation 2). Ankertenodesen bieten gegenüber der Weichteiltenodese der LBS eindeutige klinische und radiologische Vorteile (Publikation 3).

Abstract

Introduction:

Subscapularis (SSC) lesions have a high relevance but are often underdiagnosed in the clinical routine. Therefore the current examination techniques were evaluated to their diagnostic values. A specific score for the long head of the tendon of the biceps muscle (LHB score), that has been used to evaluate the clinical outcome after surgery, was prospectively tested in regards to its preoperative diagnostic value. Different tenodesis-techniques for the LHB as well as isolated tenotomy have been described. Soft tissue tenodesis, bony fixation anchor tenodesis and isolated tenotomy were compared using the LHB score.

Methods:

The lift-off test, the internal rotation lag sign, the modified belly-press test and the belly-off sign where executed preoperatively and then correlated with the findings in arthroscopy to assess their diagnostic values (publication 1).

The diagnostic performance of the LHB score was tested by prospectively evaluating it in two different LHB therapies and a control group, and comparing it with the Constant score (publication 2). Soft tissue tenodesis and bony fixation anchor tenodesis were compared in regards to their clinical and radiological outcome. To assess the clinical outcome the LHB score was introduced and used (publication 3).

Results:

The modified belly-press test and the belly-off sign showed the greatest sensitivity. The belly-off sign had the greatest specificity and the highest overall accuracy. The belly-off sign and the modified belly-press test are most sensitive for upper SSC lesions (publication 1).

The Constant score and the LHB score improved significantly in all three groups. Compared to tenotomy, tenodesis showed significant better results in the total LHB score and in the cosmetic results (publication 3). The Constant score did not reveal any significant difference between the soft tissue tenodesis and the bony fixation anchor tenodesis. The bony fixation anchor tenodesis showed significantly better results in the LHB score, the objective evaluation of the cosmetic result, and in the radiological evaluation (publication 2).

Conclusion:

Using the current SSC tests allows diagnosing SSC lesions in most cases. However, some tears could not be predicted by preoperative assessment using all the tests (publication 1). We recommend that patients with LHB pathologies are evaluated using the LHB score, since it provides LHB specific information and is a proper tool to assess the clinical outcome after surgery. However, the score is not suitable to detect LHB pathologies preoperatively (publication 2). Bony fixation anchor tenodesis is recommended over soft tissue tenodesis because it provides significant clinical and radiological advantages (publication 3).

1.2 Validierung klinischer Tests für die Diagnostik von Subscapularisläsionen

1.2.1 Einleitung

Läsionen der Subscapularissehne (SSC-Sehne) sollten aufgrund der mit ihnen verbundenen Morbidität in der klinischen Untersuchung bedacht werden (1-4). Der M. subscapularis ist Innenrotator und dynamischer Stabilisator des Glenohumeralgelenkes (1-3, 5-18). Die Prävalenz von SSC Läsionen wird in der Literatur zwischen 3,5 % und 29,4 % angegeben (6, 9, 19). Eine Reihe von klinischen Tests zur Untersuchung der muskulotendinösen Einheit des M. subscapularis ist beschrieben worden: Der Lift-Off-Test (LOT) nach Gerber und Krushell, das Innenrotations-Lag-Zeichen (IRLZ) nach Hertel et al., der Belly-Press-Test (BPT) nach Gerber, das Belly-Off-Zeichen (BOZ) nach Scheibel et al. und der Bear-Hug-Test nach Barth et al. (19). Ziel der vorliegenden Studie ist die Evaluation und der Vergleich der beschriebenen Tests hinsichtlich ihrer diagnostischen Wertigkeit.

1.2.2 Material und Methoden

Fünfzig konsekutive Patienten wurden in diese prospektive, deskriptive Studie eingeschlossen. Ausschlusskriterien waren eine Tendinosis calcarea, Schultersteife, Schultergelenksinstabilität, Arthrose, vorherige Operationen sowie der Verdacht, oder das Vorliegen von Läsionen der Rotatorenmanschette oder Schultersteife der Gegenseite.

Die klinische Untersuchung umfasste folgende Tests:

Der Lift-Off-Test (LOT):

Der Arm des Patienten wurde in Innenrotation auf den Rücken gebracht. Der Patient sollte nun die Hand nach hinten abheben. War dies nicht möglich, wurde der Test als positiv gewertet (10).

Das Innenrotations-Lag-Zeichen (IRLZ):

Hierbei wurde der Arm des Patienten passiv in Extension und submaximale Innenrotation gebracht und der Patient aufgefordert, diese Position zu halten. War dies nicht möglich, wurde dies als positives Innenrotations-Lag-Zeichen gewertet (12).

Der Belly-Press-Test (BPT):

Der von Gerber et al. entwickelte Belly-Press-Test wurde in einer leicht modifizierten Variante nach Scheibel et al. durchgeführt (3, 20). Hierbei sollte der Patient mit der Hand auf dem Bauch und dem Ellenbogen am Körper den Ellenbogen nach vorne führen um somit das Handgelenk zu strecken. Die hierbei erreichte Flexion im Handgelenk wurde (wie für das Napoleon-Zeichen beschrieben) mittels eines Goniometers gemessen (1). Der Test wurde als positiv gewertet, wenn der gemessene Wert eine Differenz von mindestens 10° im Vergleich zur gesunden Gegenseite aufwies.

Das Belly-Off-Zeichen (BOZ):

Der Arm des Patienten wurde vom Untersucher passiv in eine Flexions- und Innenrotationsposition gebracht. Während die eine Hand des Untersuchers die gestreckte Hand des Patienten auf dessen Bauch platzierte, unterstützte die andere Hand den Ellenbogen. Der Patient wurde dann aufgefordert, diese Position zu halten. Gelang ihm dies nicht und ließ sich ein Abheben der Hand vom Bauch beobachten, wurde das als positives Belly-Off-Zeichen interpretiert (21).

Diagnostische Arthroskopie:

Zunächst wurde eine diagnostische Arthroskopie des Glenohumeralgelenkes und des Subakromialraumes über ein posteriores Portal durchgeführt. Um die Läsionen der Subscapularissehne (SSC) zu klassifizieren, wurde eine modifizierte Variante der Klassifikation nach Fox et al. verwandt (8). In dieser Klassifikation entsprach eine Typ I Läsion einem horizontalen Spalt-Riss oder einer partiellen Läsion des artikulären Anteils der kranialen SSC-Sehne. Eine Typ II Läsion entsprach einer kompletten Ruptur der kranialen 25 % der SSC-Sehne. Die Typ III Läsionen wurden in Typ IIIa und IIIb unterteilt, wobei eine Typ IIIa Läsion einer kompletten Ruptur der kranialen 50 % und eine Typ IIIb Läsion einer kompletten Ruptur des tendinösen Anteils der musklotendinösen Insertion des M. subscapularis entsprach. Typ IV Läsionen entsprachen einer kompletten Ruptur der SSC-Sehne. Begleitende Pathologien wurden ebenfalls erfasst, um die Spezifität der klinischen SSC-Tests zu bewerten.

Statistische Auswertung:

Die Anzahlen der richtig positiven, richtig negativen, falsch positiven und falsch negativen Ergebnisse für die 4 durchgeführten SSC-Tests wurden verwandt um die Sensitivität, Spezifität, den positiven prädiktiven Wert (PPV), den negativen prädiktiven Wert (NPV) sowie die Genauigkeit für jeden Test im Einzelnen zu ermitteln.

1.2.3 Ergebnisse

Fünfzig konsekutive Patienten, (17w/33m, Ø Alter 58 Jahre) konnten eingeschlossen werden. Insgesamt fand sich bei 15 der 50 arthroskopierten Patienten eine Läsion der SSC-Sehne. Ihre Prävalenz lag damit bei 30 %. Sie wurden mittels einer modifizierten Version der Klassifikation nach Fox et al. eingeteilt (Tabelle 1) (8).

Tabelle 1 Einteilung der SSC-Läsionen nach der modifizierten Klassifikation nach Fox et al.

Typ I (horizontaler Riss, Läsion < 25 % von kranial)	33 % (5/15)
Typ II (komplette Ruptur der kranialen 25 %)	40 % (6/15)
Typ IIIa (komplette Ruptur der kranialen 50 %)	20 % (3/15)
Typ IIIb (komplette Ruptur des tendinösen Anteils)	6 % (1/15)
Typ IV (komplette Ruptur der SSC-Sehne)	0 % (0/15)

Fünfzehn Prozent aller SSC-Läsionen konnten präoperativ nicht detektiert werden.

Der LOT und das IRLZ konnten aufgrund einer schmerzhaft eingeschränkten Innenrotation in 6 Fällen nicht durchgeführt werden. Der modifizierte BPT und das BOZ zeigten die höchste Sensitivität (88 % und 87 %) gefolgt vom IRLZ (71 %) und dem LOT (40 %). Das BOZ zeigte die größte Spezifität (91 %) gefolgt vom LOT (79 %), dem modifizierten BPT (68 %) und dem IRLZ (45 %). Das BOZ hatte insgesamt die höchste Genauigkeit (90 %).

Die Korrelation zwischen den präoperativen Untersuchungsergebnissen und den intraoperativen Befunden ist in Tabelle 2 dargestellt. Mit dem modifizierten BPT und dem BOZ konnten insbesondere die kranialen Läsionen der SSC-Sehne (Typ I und Typ II) präoperativ gut detektiert werden.

Tabelle 2 Positive Testergebnisse in Bezug auf den Typ der SSC-Läsion

	LOT	IRLZ	Mod. BPT	BOZ
Typ I (5/15)	0	0	2	2
Typ II (6/15)	3	4	6	6
Typ IIIa (3/15)	2	3	3	3
Typ IIIb (1/15)	1	1	1	1

1.2.4 Diskussion

Die wichtigste Erkenntnis der vorliegenden Studie ist die unterschiedliche Wertigkeit der untersuchten klinischen Tests und Zeichen in der Detektion von Läsionen der SSC-Sehne in Abhängigkeit von deren Rissgröße.

Verschiedene Studien konnten zeigen, dass Läsionen der SSC-Sehne keine seltene Entität darstellen (3, 22). Ihre Prävalenz stieg über die Jahre kontinuierlich an (6, 9, 19, 22).

Die in der vorliegenden Arbeit festgestellte Prävalenz gleicht der in anderen arthroskopischen Studien (18, 22). Die früheren Arbeiten waren auf Grundlage offen chirurgischer Verfahren erstellt worden, bei welchen eine Identifikation artikulareseitiger Läsionen der SSC-Sehne schwer ist (6, 7, 9). Dies mag die deutlich höheren Prävalenzen in den Humanpräparat-Studien und den arthroskopischen Studien der jüngeren Zeit erklären (19, 22-24). Es konnte gezeigt werden, dass eine Verzögerung in der Behandlung einer Läsion der SSC-Sehne mit einer fettigen Degeneration des Muskels und einem schlechteren postoperativen Outcome einhergeht (3, 11).

Einige EMG-Studien zeigten widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Funktion des M. subscapularis (15, 25). Weiter konnte gezeigt werden, dass der kraniale und kaudale Anteil des M. subscapularis unabhängig voneinander innerviert und aktiviert werden (13, 14, 26).

Partielle Rupturen des obersten Anteils der SSC-Sehne, so genannte „hidden lesions“, werden zunehmend als Ursache von anteriorem Schulterschmerz und Dysfunktion gesehen (27).

Die vorliegende Studie vergleicht die Eignung verschiedener klinischer Tests, Läsionen der SSC-Sehne in Abhängigkeit von deren Ausmaß zu detektieren. Typ I und Typ II Läsionen waren in unserer Studie die häufigsten. Es konnte beobachtet werden, dass mit steigendem Schädigungsgrad auch die Wahrscheinlichkeit stieg, dass die Läsionen in den klinischen Tests präoperativ detektiert wurden. Der modifizierte BPT und das BOZ konnten alle Typ II und alle höhergradigen Läsionen detektieren, wohingegen das IRLZ nur alle Typ IIIa und IIIb Läsionen detektieren konnte. Die insgesamt präoperativ in allen 4 Tests nicht detektierten 15 % der intraoperativ gefundenen SSC-Läsionen stellen eine deutliche Verbesserung im Vergleich zu den 40 % Übersehenen in einer vergleichbaren, vorherigen Studie von Barth et al. dar (19).

Der modifizierte BPT und das BOZ zeigten deutlich bessere Ergebnisse im Vergleich zu den anderen beiden Tests hinsichtlich der Sensitivität, Spezifität, des positiven und negativen prädiktiven Wertes als auch der Genauigkeit. Darüber hinaus konnten der modifizierte BPT und das BOZ jeweils im Vergleich mit der gesunden, kontralateralen Schulter bereits weit kraniale SSC-Läsionen (Typ I und Typ II) detektieren, welche sowohl vom LOT als auch dem IRLZ nicht erkannt wurden.

Die Schwierigkeiten bei der Durchführung des LOT und des IRLZ beim Vorliegen von Schmerzen oder Schultersteife sind in der Literatur bekannt. Der LOT zeigt in diesen Studien eine hohe Sensitivität für größere Läsionen der SSC-Sehne, aber ein deutlich schlechteres Abschneiden bei kleineren Läsionen (3, 12, 16, 18, 19, 28). Dies könnte dadurch erklärlich sein, dass der LOT die unteren Anteile und der BPT die oberen Anteile des M. subscapularis jeweils deutlich stärker aktiviert (18).

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sind mit denen von Barth et al. vergleichbar, welche die höchste Spezifität beim BPT und die höchste Sensitivität beim Bear-Hug-Test fanden (19). Der Bear-Hug-Test wurde in unserer Studie nicht getestet, da er in der genannten Arbeit erstmalig beschrieben wurde und uns zum Zeitpunkt unserer klinischen Untersuchungen nicht bekannt war. Für den LOT sind mehrere Variationen beschrieben, wohingegen er in unserer Studie nur in maximaler Extension durchgeführt wurde. Dies könnte die unterschiedlichen Ergebnisse beim LOT im Vergleich zu anderen Studien erklären.

Darüber hinaus konnten Stefko et al. zeigen, dass es während des LOT eine deutliche Aktivität anderer wichtiger Innenrotatoren (M. latissimus dorsi, M. teres major und M. pectoralis major) und Extensoren (M. trizeps brachii und posteriorer Anteil des M. deltoideus) gibt (17).

Dies könnte ebenso auch auf das IRLZ zutreffen. Dahingegen könnte eine verringerte Aktivierung der anderen Innenrotatoren im Rahmen des modifizierten BPT und des BOZ das unterschiedliche Abschneiden erklären. Tokish et al. postulierten in einer elektromyographischen Studie, dass eine vermehrte Anteversion des Oberarms eine vermehrte Aktivität des kranialen Anteils des M. subscapularis zur Folge hat (18). Dies könnte auch das deutlich bessere Abschneiden des modifizierten BPT und des BOZ bei der Detektion kranialer Partiaalläsionen der SSC-Sehne erklären. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen den modifizierten BPT und das BOZ als besonders verlässlich zur Detektion von Läsionen > 25 % der Sehne von kranial, wohingegen das IRLZ erst ab einer Läsion von mindestens 50 % der Sehne von kranial alle Verletzungen detektieren konnte. Die vorliegende Studie hat mehrere Einschränkungen. Zunächst wurde ein sehr selektioniertes Patientenkollektiv mit klassischen Symptomen eines glenohumeralen Impingements oder einer Rotatorenmanschettenruptur untersucht. Bei den Ausschlusskriterien handelt es sich jeweils um Faktoren welche die Durchführbarkeit der untersuchten Tests einschränken. Man muss daher davon ausgehen das sie auch die diagnostische Wertigkeit der Tests negativ beeinflussen würden. Auch wurde, wie bereits erwähnt, der von Barth et al. beschriebene Bear-Hug-Test in der vorliegenden Studie nicht mit untersucht (19).

Zusammenfassung:

Eine detaillierte klinische Untersuchung unter Verwendung der untersuchten Tests ermöglicht es in den meisten Fällen, eine Läsion der SSC-Sehne präoperativ zu diagnostizieren. Eine Kombination der unterschiedlichen klinischen Tests und Zeichen erhöht deren diagnostische Wertigkeit. Gleichwohl bleiben auch unter Verwendung aller Tests im Rahmen der präoperativen Untersuchung einige Läsionen klinisch unerkannt. Dies mag an einer Ko-Innervation anderer Innenrotatoren und/oder einer guten Eigenkompensation des unbeschädigten Anteils des M. subscapularis liegen.

1.3 Prospektive Evaluation des LBS Scores

1.3.1 Einleitung

Pathologien der langen Bizepssehne (LBS) können ursächlich für anterioren Schulterschmerz sein (29). Tendinitiden, Partialrupturen oder Instabilität der LBS sind häufig assoziiert mit anderen Pathologien im Schultergelenk wie z.B. einer Partialläsion der Rotatorenmanschette. Diese können die Symptome einer LBS-Pathologie überdecken und somit eine genaue Beurteilung der LBS erschweren (30). Daher sind die gebräuchlichen Scores, welche die Gesamtfunktion der Schulter erfassen (z.B. der Constant Score) nicht zur Evaluation der LBS geeignet (31-33). Der von Scheibel et al. 2011 publizierte LBS Score wurde entwickelt, um das Outcome nach operativer Versorgung der LBS spezifischer zu beurteilen (34).

In der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Pathologien der LBS prospektiv, prä- und postoperativ mit dem LBS Score untersucht.

1.3.2 Material und Methoden

In diese prospektive, nicht randomisierte Kohortenstudie konnten zwischen November 2009 und Januar 2011 57 Patienten eingeschlossen werden. Einschlusskriterien waren klinische Symptome einer LBS-Pathologie, welche durch konservative Therapie nicht ausreichend gelindert werden konnten. Ausschlusskriterien waren Omarthrose, Schultersteife, Schultergelenksinstabilität, Läsionen der distalen Bizepssehne sowie eine vorangegangene Operation der untersuchten Seite und/oder der Gegenseite. Die klinische Untersuchung umfasste neben einer generellen, eingehenden Untersuchung der Schulter die Durchführung des Speed Test und des O'Brien Test. Sie erfolgte jeweils präoperativ und 2 Jahre postoperativ. Zusätzlich erfolgte zu jedem Zeitpunkt ebenfalls die Erhebung des Constant Scores sowie des LBS Scores. In allen Fällen fanden sich begleitende Pathologien wie Läsionen der Rotatorenmanschette oder ein subakromiales Impingement. Bei 43 Patienten konnten intraoperativ Pathologien der LBS nachgewiesen werden. Entsprechend des intraoperativen Befundes wurde bei 26 der 57 Patienten eine Tenodese der LBS (Gruppe I; 8 w/18 m, Ø Alter 61,2 Jahre), bei 17 Patienten eine Tenotomie LBS (Gruppe II; 12 w/5 m, Ø Alter 64,2 Jahre) und bei 14 Patienten keine Therapie der LBS (Gruppe III; 9 w/5 m, Ø Alter 56,8 Jahre) durchgeführt.

Operationstechnik

Gruppe I (Tenodese):

Die Tenodese wurde wie von Scheibel et al. beschrieben durchgeführt (34). Die LBS wurde hierbei ursprungsnah tenotomiert und mittels einer Sehnenfazzange oder Klemme über ein anterolaterales Portal nach extrakorporal gebracht. Der pathologische, proximale Anteil wurde reseziert und die Sehne mittels eines FibreWire -Fadens Stärke 2.0 in Krackow-Stitch-Technik armiert (35). Nach Anfrischen des Knochens und passender Vorbohrung wurde die LBS nun epi-ossär fixiert in dem ein 4,5mm bioabsorbierbarer knotenloser Pushlock Anker (Arthrex, Naples, Florida, USA) eingebracht wurde.

Gruppe II (Tenotomie):

Die LBS wurde nah an ihrem Ursprung durchtrennt, worauf es zu einer Retraktion der LBS in den Sulcus bicipitalis unterschiedlichen Ausmaßes kam (36).

Gruppe III:

Bei den Patienten der Gruppe III wurde keine operative Versorgung der LBS durchgeführt.

Die klinische Untersuchung beinhaltete die Erhebung des Constant Scores und des LBS Scores (siehe hierzu **1.3.2**).

Statistische Auswertung

Die statistische Analyse umfasste den Wilcoxon Test und den *Mann-Whitney U Test* ($p < 0,05$), durchgeführt mit der Software SPSS (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA).

1.3.3 Ergebnisse

Nach einem mittleren Follow-up von 24,2 Monaten (Range 23-26) konnten insgesamt 47 Patienten nachuntersucht werden. In Gruppe I (Tenodese) konnten nach einem mittleren Follow-up von 24,1 Monaten 23 Patienten (8w/15m, Ø Alter 61,3 Jahre), in Gruppe II (Tenotomie) nach einem mittleren Follow-up von 24 Monaten 16 Patienten (12w/4m, Ø Alter 63,6 Jahre) und in der Gruppe III (keine operative Versorgung der LBS) nach einem mittleren Follow-up von 24,6 Monaten 8 Patienten (6w/2m, Ø Alter 58,5 Jahre) nachuntersucht werden.

Drei Patienten aus Gruppe I, 1 Patient aus Gruppe II und 6 Patienten aus Gruppe III konnten aufgrund fehlender Kooperation oder Wohnortwechsel nicht in die Nachuntersuchung eingeschlossen werden.

Die Indikation zur operativen Versorgung der LBS (Tenodese (Gruppe I) oder Tenotomie (Gruppe II) waren partielle oder subtotale Rupturen der LBS (Gruppe I: 23 %, Gruppe II: 35 %), chronische Tendinitis (Gruppe I: 65 %, Gruppe II: 47 %), Pulley-Läsionen (Gruppe I: 31 %, Gruppe II: 41 %) oder Subluxation der LBS (Gruppe I: 35 %, Gruppe II: 12 %). Bei allen Patienten außer bei einem aus Gruppe III wurde eine Läsion der Supraspinatussehne nachgewiesen.

Eine Rekonstruktion der Subscapularissehne wurde in Gruppe I in 27 % (7/26), in Gruppe II bei keinem und in Gruppe III in 21 % (3/14) der Fälle durchgeführt. Eine Rekonstruktion der Infraspinatussehne wurde in Gruppe I in 31 % (8/26), in Gruppe II in 6 % (1/17) und in Gruppe III in 7 % (1/14) der Fälle durchgeführt. Weiter wurden bei 44 Patienten eine subakromiale Dekompression und Bursektomie (77 % aus Gruppe I, 82 % aus Gruppe II und 71 % aus Gruppe III) durchgeführt. Oft wurde eine Kombination verschiedener Pathologien gefunden. In der präoperativen Evaluation zeigten sich sowohl im Constant Score als auch im LBS Score keine signifikanten Unterschiede in den Gesamtwerten.

Der Constant Score stieg zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up im Vergleich zu den präoperativen Werten in allen Gruppen signifikant an (Gruppe I: 41,7 Punkte (Range 20-70) zu 81,3 Punkte (Range 62-100), Gruppe II: 42,2 Punkte (Range 18-66) zu 75,3 Punkte (Range 41-84), Gruppe III: 45,7 Punkte (Range 22-77) zu 72,9 Punkte (Range 48-85), ($p < 0.05$)). Gruppe I zeigte zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up signifikant bessere Werte als Gruppe II ($p < 0.05$).

Zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up zeigte Gruppe III ein signifikant schlechteres Ergebnis im Bereich „Schmerz“ des Constant Scores als Gruppe I (Gruppe I: Ø 14,6 Punkte, Gruppe III: Ø 12,4 Punkte, $p < 0,05$). Darüber hinaus schnitt Gruppe I im Bereich „ADL“ signifikant besser ab als Gruppe III (Gruppe I: Ø 19,2 Punkte, Gruppe III: Ø 17,0 Punkte, $p < 0,05$).

Der LBS Score zeigte zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up in allen Gruppen einen signifikanten Anstieg im Vergleich zur präoperativen Evaluation ($p < 0,05$).

Gruppe I schnitt in der Gesamtpunktzahl des LBS Scores zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up signifikant besser ab als Gruppe II ($p < 0,05$).

Im Hinblick auf die kosmetische Deformität zeigte Gruppe II sowohl in der objektiven und subjektiven, sowie in der Gesamtbewertung signifikant schlechtere Ergebnisse als die beiden anderen Gruppen (Gruppe I: Ø 28,9 Punkte, Gruppe II: Ø 22,8 Punkte, Gruppe III: Ø 28,8 Punkte, $p < 0,05$). Bei der objektiven Bewertung zeigte sich eine kosmetische Deformität (Popeye Zeichen) in Gruppe I in 17 % (4/23) der Fälle (3 leicht, 1 deutlich), in Gruppe II in 69 % (11/16) der Fälle (5 leicht, 6 deutlich) und in Gruppe III in einem Fall (7 %, 1 deutlich).

In Gruppe I und in Gruppe II zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der subjektiven und der objektiven Bewertung der kosmetischen Deformität ($p < 0,05$).

Zwischen allen drei Gruppen konnte zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Krampfanfälligkeit und der Flexionskraft im Ellenbogengelenk gefunden werden ($p > 0,05$).

Die Patienten in Gruppe III erreichten im Vergleich zu Gruppe I im Schnitt signifikant schlechtere Ergebnisse im Bereich „Schmerz“ (Gruppe I: Ø 29,4 Punkte, Gruppe III: Ø 26,0 Punkte, $p < 0,05$). Sowohl in Gruppe I als auch in Gruppe III berichtete kein Patient über Krämpfe, wohingegen in Gruppe II 13 % (2/16) über Krämpfe unter Belastung klagten.

1.3.4 Diskussion

Vorangegangene Studien konnten zeigen, dass generelle Schulterfunktionstests wie der Constant Score zur Evaluation der LBS nicht ausreichend sind (31, 33, 37). Daher wurde der LBS Score entwickelt.

Er umfasst einige LBS spezifische Parameter, die von anderen Autoren zuvor beschrieben wurden (31-33, 37-40). Patienten, die eine für die LBS typische klinische Symptomatik zeigten, wurden mit einer Tenodese, einer Tenotomie oder, bei fehlender intraoperativer Indikation, ohne Operation der LBS versorgt. Die Genauigkeit des LBS Scores ist durch überlappende Symptome anderer Pathologien wie z.B. einer Rotatorenmanschettenruptur eingeschränkt.

Dies zeigte sich deutlich in der Tatsache, dass der LBS Score präoperativ nicht zwischen Patienten mit einer arthroskopisch gesicherten Pathologie der LBS (Gruppen I und II) und Patienten, die zwar mit LBS typischen Symptomen auffielen, aber intraoperativ keine Pathologien zeigten (Gruppe III), unterscheiden konnte. Dieser Umstand zeigt, dass der LBS Score nicht zur präoperativen Detektion von Pathologien der LBS geeignet ist.

Beide Scores zeigten zum Zeitpunkt des 2-Jahres-Follow-up signifikant bessere Ergebnisse in allen 3 Gruppen. Das kosmetische Ergebnis wird im Constant Score nicht miterfasst. Dennoch wurde es mehrfach als relevanter Parameter zur Beurteilung von Behandlungen der LBS beschrieben (33, 37, 41, 42). Ebenso wurde die Flexionskraftmessung im Ellenbogengelenk als wichtiger Parameter beschrieben (31, 41). Hierbei kann die gesunde, kontralaterale Seite ohne Anpassung als Kontrolle verwendet werden, wie Wittstein et al. zeigen konnten (43). Dahingegen ist die Messung der Supinationskraft im LBS Score nicht enthalten, obwohl ihre Bedeutung in mehreren Studien gezeigt werden konnte (42, 44).

Die vorliegende Studie hat neben ihren Stärken auch Schwächen. Ein größeres Kollektiv operierter Patienten als auch ein Kollektiv gesunder Probanden mit dem LBS Score zu untersuchen hätte die Studie sicher aufgewertet.

Der LBS Score ist dennoch bereits erfolgreich zur Evaluation der LBS eingesetzt worden (34).

Zusammenfassung

Wir empfehlen die Verwendung des LBS Scores zur Evaluation der LBS, da er insbesondere für den postoperativen Verlauf spezifische Faktoren wie die kosmetische Deformität, Krämpfe und Flexionskraft erfasst.

Für die präoperative Diagnostik von LBS-Pathologien ist er dagegen nicht aussagekräftig.

1.4 Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne

1.4.1 Einleitung

Verschiedene Tenodesetechniken zur Therapie von Läsionen der langen Bizepssehne (LBS) sind beschrieben worden. Es können weichteilige, epi-ossäre und intra-ossäre Tenodesen unterschieden werden. Sekiya et al. stellten erstmalig eine Weichteiltenodese als „percutaneous intra-articular transtendon technique“ vor (45). Für die epi-ossären Fixationstechniken finden sowohl konventionellen Fadenanker als auch knotenlose Anker Verwendung, wohingegen für die intra-ossäre Fixation der LBS meist Interferenzschrauben genutzt werden (46-50). Im Gegensatz zu einer alleinigen Tenotomie bietet eine Tenodese die Möglichkeit des Erhalts der Längen-Spannungs-Relation. Dadurch können, mit einem Verlust derselben einhergehende Komplikationen wie Muskelatrophie, Krämpfe, Kraftverlust in Ellenbogenflexion und Supination, sowie eine kosmetische Deformität durch Distalisierung des Muskelbauches potentiell vermieden werden (51-53). Ziel der vorliegenden Studie war es, das klinische und radiologische Outcome nach Weichteiltenodese (WT) und nach Ankertenodese (AT) zu vergleichen. Weiter wird ein LBS spezifischer Score (LBS Score) eingeführt, der zur Bewertung des klinischen Outcomes Verwendung fand.

1.4.2 Material und Methoden

Siebenundfünfzig Patienten konnten in diese prospektive, vergleichende Kohortenstudie eingeschlossen werden. Die ersten 30 konsekutiven Patienten (7w/23m, Ø Alter 57,9) wurden mit einer arthroskopischen Weichteiltenodese (WT) und die folgenden 27 konsekutiven Patienten (8w/19m, Ø Alter 61) mit einer Ankertenodese (AT) versorgt. Davon wurde in 16 Fällen ein Fadenanker und in 11 Fällen ein knotenloser Anker verwendet. In allen Fällen wurde eine bipolare Tenotomie der LBS unter Resektion des pathologisch veränderten Anteils der Sehne durchgeführt.

Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung umfasste die Erhebung des Constant Scores sowie des neu entwickelten LBS Scores. Im Constant Score sind max. 100 Punkte zu erreichen, wobei 15 Punkte auf „Schmerzen“, 20 Punkte auf „activities of daily living“ (ADL), 40 Punkte auf „range of motion“ und 25 Punkte auf „Kraft“ entfallen (54).

Beim LBS Score sind ebenfalls max. 100 Punkte zu erzielen. Im Bereich „Schmerzen/Krämpfe“ können 50 Punkte erzielt werden. Anteriorer Schulterschmerz, Lokaler Druckschmerz über dem Sulcus bicipitalis und Schmerzen während des Speed Tests wurden mit jeweils 0-10 Punkten bewertet (10= maximaler, 0= kein Schmerz). Das Vorliegen von Krämpfen im M. biceps brachii in der jeweils vorangegangenen Woche wurde mit 0-20 Punkten bewertet (20= keine, 10= unter Belastung, 0= in Ruhe). Im Bereich „Kosmetik“ konnten insgesamt 30 Punkte erreicht werden. Die Bewertung des kosmetischen Ergebnisses erfolgte zunächst durch den Patienten selbst und anschließend durch den Untersucher. Das Vorliegen einer kosmetischen Deformität des Oberarms durch eine Distalisierung des Muskelbauches des M. biceps brachii wurde eingeteilt in „keine“ (15 Punkte), „leicht“ (10 Punkte), „deutlich“ (5 Punkte) und „schwer“ (0 Punkte). Durch die subjektive und objektive Bewertung zusammen konnten also max. 30 Punkte erreicht werden. Die Messung der Flexionskraft im Ellenbogengelenk erfolgte mit einem isometrischen Dynamometer (IsoBex, MDS AG, Burgdorf, Schweiz) in 90° Ellenbogenflexion. Wittstein et al. konnten zeigen, dass bei gesunden Probanden kein signifikanter Kraftunterschied zwischen der dominanten und der non-dominanten Seite besteht (43). Die nicht operierte Seite konnte daher als gepaarte Kontrolle benutzt werden. Dazu verglichen wir die erreichte Kraft auf der betroffenen Seite mit der gesunden Seite anteilig in Prozent.

Radiologische Evaluation

Zur Beurteilung der Integrität der Tenodese wurde zum Zeitpunkt des Follow-up ein MRT durchgeführt. Die jeweils kranialste Schicht auf der die LBS noch sicher im Sulcus bicipitalis abgrenzbar war, wurde bestimmt. Kam die LBS proximal im Sulcus bicipitalis zur Darstellung, wurde von einer intakten Tenodese ausgegangen und es wurden 3 Punkte vergeben. Zeigte sich die LBS dagegen weiter distal, aber noch im Sulcus bicipitalis, ging man von einem Versagen der Tenodese mit daraufhin stattgehabter Autotenodese im Sulcus bicipitalis aus und es wurden 2 Punkte vergeben. Eine Lokalisation der LBS distal des Sulcus bicipitalis wurde hingegen als komplettes Versagen der Tenodese gewertet und es wurde 1 Punkt vergeben.

Statistische Auswertung

Die statistische Analyse umfasste den *t Test* sowie den *Mann-Whitney U Test* ($p < 0,05$), durchgeführt mit der Software SPSS (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA).

1.4.3 Ergebnisse

In der WT Gruppe konnten nach einem Ø Follow-up von 19,6 Monaten (Range 12-21) 24 Patienten (5w/19m, Ø Alter 58,6) und in der AT Gruppe nach einem Ø Follow-up von 22,4 Monaten (Range 12-36) 20 Patienten (5w/15m, Ø Alter 59,1) nachuntersucht werden.

Klinische Ergebnisse

In der WT Gruppe erreichte der Constant Score Ø 75,0 Punkte (Range 34-90). In den Unterkategorien wurden Ø 12,7 Punkte (Range 5-15) für „Schmerz“, Ø 17,4 Punkte (Range 7-20) für „activities of daily living“ (ADL), Ø 35,3 Punkte (Range 16-40) für „range of motion“ (ROM) und Ø 9,3 Punkte (Range 0-21) für den Bereich „Kraft“ erreicht. In der AT Gruppe erreichte der Constant Score Ø 78,3 Punkte (Range 64-88). In den Unterkategorien wurden Ø 13,9 Punkte (Range 8-15) für „Schmerz“, 18,3 Punkte (Range 14-20) für „activities of daily living“ (ADL), 36,7 Punkte (Range 20-40) für „range of motion“ (ROM) und 9,3 Punkte (Range 3-15) für den Bereich „Kraft“ erreicht. Weder das Gesamtergebnis noch die einzelnen Unterkategorien im Constant Score zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p > 0,05$).

Der LBS Score erreichte in der WT Gruppe Ø 80,9 Punkte (Range 40-100). In den Unterkategorien wurden Ø 46,1 Punkte (Range 31-50) für den Bereich „Schmerz/Krämpfe“, Ø 21,5 Punkte (Range 5-30) für den Bereich „Kosmetik“ und Ø 13,3 Punkte (Range 0-20) für den Bereich „Kraft“ erreicht. In der AT Gruppe erreichte der LBS Score Ø 91,8 Punkte (Range 81-100). In den jeweiligen Unterkategorien wurden Ø 49,4 Punkte (Range 45-50) für den Bereich „Schmerz/Krämpfe“, Ø 25,5 Punkte (Range 15-30) für den Bereich „Kosmetik“ und Ø 16,8 Punkte (Range 8-20) für den Bereich „Kraft“ erreicht.

Für das Gesamtergebnis und den Bereich „Kosmetik“ zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p < 0,05$). Sowohl in der WT Gruppe als auch in der AT Gruppe zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der subjektiven (durch den Patienten selbst) und der objektiven (durch den Untersucher) Bewertung der kosmetischen Deformität ($p < 0,05$). In der subjektiven Bewertung zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, wohingegen die AT Gruppe in der objektiven Bewertung der kosmetischen Deformität signifikant besser abschnitt als die WT Gruppe ($p < 0,05$).

Innerhalb der AT Gruppe konnten zwischen den Fadenankertenodesen und den knotenlosen Ankerknotenodesen keine signifikanten Unterschiede im LBS Score und in seinen einzelnen Unterkategorien gefunden werden ($p > 0,05$).

Radiologische Ergebnisse

In der WT Gruppe fand sich die LBS proximal im Sulcus bicipitalis, also in Höhe der durchgeführten Tenodese, in 6 Fällen (25 %), distal im Sulcus bicipitalis in 17 Fällen (70,8 %) und in einem Fall distal des Sulcus bicipitalis (4,1 %). In der AT Gruppe fand sich die LBS proximal im Sulcus bicipitalis in 13 Fällen (65 %), distal im Sulcus bicipitalis in 7 Fällen (35 %). In unserem Wertungssystem erreichte die WT Gruppe damit Ø 2,2 Punkte im Gegensatz zur AT Gruppe mit Ø 2,7 Punkten. Damit kam es in der WT Gruppe signifikant häufiger zu einer Distalisierung der LBS als in der AT Gruppe ($p < 0,05$).

Vergleich der kosmetischen und radiologischen Ergebnisse

Von den 8 Patienten, die in der objektiven Bewertung keine kosmetische Deformität zeigten, wurden 7 (87,5 %) im MRT mit 3 Punkten und 1 mit 2 Punkten (12,5 %) bewertet. Von den 22 Patienten, die klinisch eine leichte kosmetische Deformität zeigten, wurden 6 (27,3 %) mit 3 Punkten und 16 (72,7 %) mit 2 Punkten bewertet. Von den 13 Patienten, die klinisch eine deutliche kosmetische Deformität zeigten, wurden 1 Patient (7,7 %) mit 3 Punkten und 12 (92,3 %) mit 2 Punkten bewertet. Der einzige Patient, der eine schwere kosmetische Deformität zeigte, wurde im MRT mit 1 Punkt bewertet.

1.4.4 Diskussion

In der Literatur sind vielfältige Techniken für eine Tenodese der LBS beschrieben worden. Viele der frühen Arbeiten nutzten für eine knöcherne Fixation der tenotomierten LBS eine Interferenzschraube (46-50). Obwohl Richards und Burkhart in biomechanischen Arbeiten zeigen konnten, dass eine Interferenzschraube einem Fadenanker hinsichtlich der initialen Ausreißkraft überlegen ist, konnten Kilicoglu et al. in einer tierexperimentellen Studie innerhalb der ersten 9 Wochen der Einheilung keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Ausreißkraft zwischen beiden Techniken feststellen (55).

Das Konzept der Weichteiltenodese umfasst die Fixation der tenotomierten LBS im umgebenden Weichteilgewebe und ist durch Verzicht auf spezielle Instrumente oder Implantate kostengünstig (45). In einer biomechanischen Studie von Lopez-Vidriero et al. konnten für eine Weichteiltenodesetechnik und eine Fadenankertenodesetechnik vergleichbar gute Ergebnisse hinsichtlich der initialen Ausreißkraft gezeigt werden (56).

In dieser Studie war der Versagensmechanismus in allen Fällen ein Durchschneiden der Fäden durch die LBS woraus die Autoren schlossen, dass die Qualität der Sehne der entscheidendste Faktor hinsichtlich der initialen Ausreißkraft einer Tenodese ist.

In der vorliegenden Studie konnte die WT Gruppe gute bis sehr gute klinische, und auch hinsichtlich der subjektiven kosmetischen Bewertung mit der AT Gruppe vergleichbare, Ergebnisse erzielen. Die MRT zeigte allerdings, dass es bei 75 % der WT Patienten zu einer Distalisierung der LBS und damit zu einem Versagen des Tenodesekonstruktes kam. Daraus resultierte dann ein insbesondere in der objektiven Bewertung der kosmetischen Deformität, aber auch in der Gesamtpunktzahl des LBS Score signifikant schlechteres Ergebnis in der WT Gruppe. Die vergleichbar guten und sehr guten Ergebnisse hinsichtlich Schmerz und Funktion in den klinischen Scores könnten sich durch eine Autotenodese der LBS im Sulcus bicipitalis nach Versagen der Weichteiltenodese erklären (57, 58).

Boileau et al. konnten zeigen, dass es im Constant Score, der Patientenzufriedenheit, im Schmerzempfinden sowie der Funktion keinen signifikanten Unterschied zwischen einer alleinigen Tenotomie und einer Tenodese mittels Interferenzschraube gibt (59). Von diesen Ergebnissen ausgehend war daher auch in unserer Studie kein signifikanter Unterschied zwischen der WT und der AT im Constant Score zu erwarten. Dies könnte auch daran liegen, dass der Constant Score die Symptomatik einer LBS-Pathologie nicht ausreichend erfasst. Daher wurde für die vorliegende Studie ein LBS spezifischer Score entwickelt.

In der subjektiven Bewertung der kosmetischen Deformität durch den Patienten selber konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dies deckt sich mit den Beobachtungen von Osbahr et al., die nach erfolgter LBS-Tenotomie oder LBS-Tenodese ebenfalls keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des subjektiven kosmetischen Ergebnisses beschrieben (58). In beiden Fällen könnte sich dies aus einer geringen Eigenwahrnehmung insbesondere beim älteren Patienten, wie von Walch et al. beobachtet, erklären. Walch et al. beschrieben ebenfalls, dass jüngere Patienten einen höheren kosmetischen Anspruch haben und dass das Geschlecht hierbei keine signifikante Rolle spielt (60). In der vorliegenden Studie zeigte sich in der objektiven Bewertung der kosmetischen Deformität ein signifikant besseres Abschneiden der AT Gruppe im Vergleich zur WT Gruppe.

In Zusammenschau mit den Ergebnissen der MRT lässt sich daraus folgern, dass mit der AT im Vergleich zur WT eine bessere Rekonstruktion der ursprünglichen anatomischen Verhältnisse erreicht werden kann. Dennoch fand sich auch in 35% der AT eine Distalisierung der LBS.

Weitere Studien sind daher notwendig, um den Stellenwert der verschiedenen epioassären und auch intraoassären Techniken hinsichtlich eines Versagens des Tenodesekonstruktes zu vergleichen.

Die vorliegende Studie hat Stärken aber auch einige Einschränkungen. Sie ist die erste Studie die zwei aktuelle Tenodesetechniken nicht nur klinisch sondern auch hinsichtlich ihrer strukturellen Integrität mittels MRT vergleicht. Die Studie ist zwar als prospektive Studie angelegt worden, die Patienten wurden allerdings nicht randomisiert. Es wurde dagegen zunächst eine konsekutive Gruppe mittels WT und anschließend eine konsekutive Gruppe mittels AT versorgt. Zusätzlich konnten 22,8 % der Patienten nicht in das Follow-up eingeschlossen werden. Der neu entwickelte LBS Score evaluiert die Bereiche anteriorer Schulterschmerz, Muskelkrämpfe, Kosmetik sowie Flexionskraft im Ellenbogengelenk. Er erfasst dagegen nicht die Supinationskraft, welche ohne spezielles Messinstrumentarium in der klinischen Routine nicht verlässlich messbar ist.

Zusammenfassung

Bei bestehender Indikation zu einer Tenodese der LBS empfehlen wir eine knöchernen Fixation mittels Fadenanker, da diese im Vergleich zur Weichteiltenodese signifikante Vorteile hinsichtlich des strukturellen und klinischen Outcomes bietet.

1.5 Literaturverzeichnis

1. Burkhart SS, Tehrany AM. Arthroscopic subscapularis tendon repair: Technique and preliminary results. *Arthroscopy*. 2002 May-Jun;18(5):454-63.
2. Deutsch A, Altchek DW, Veltri DM, Potter HG, Warren RF. Traumatic tears of the subscapularis tendon. Clinical diagnosis, magnetic resonance imaging findings, and operative treatment. *Am J Sports Med*. 1997 Jan-Feb;25(1):13-22.
3. Gerber C, Hersche O, Farron A. Isolated rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am*. 1996 Jul;78(7):1015-23.
4. Richards DP, Burkhart SS, Lo IK. Subscapularis tears: arthroscopic repair techniques. *Orthop Clin North Am*. 2003 Oct;34(4):485-98.
5. Burkhart SS. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop Relat Res*. 1991 Jun(267):45-56.
6. Codman. *The Shoulder*. Boston: Thomas Todd; 1934.
7. Palma D. *Surgery of the Shoulder*. Philadelphia: Lippincott; 1983.
8. Fox JA NM, Romeo AA. Arthroscopic subscapularis repair. *Tech Shoulder Elbow Surg*. 2003;4(1):154-68.
9. Frankle M CR. Rotator cuff tears involving the subscapularis tendon. Techniques and results of repair. *The fifth international conference on shoulder surgery; Paris, France 1992 July 12–15*.
10. Gerber C, Krushell RJ. Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. Clinical features in 16 cases. *J Bone Joint Surg Br*. 1991 May;73(3):389-94.
11. Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan: *Clin Orthop Relat Res*. 1994 Jul(304):78-83.
12. Hertel R, Ballmer FT, Lombert SM, Gerber C. Lag signs in the diagnosis of rotator cuff rupture. *J Shoulder Elbow Surg*. 1996 Jul-Aug;5(4):307-13.
13. Kadaba MP, Cole A, Wootten ME, McCann P, Reid M, Mulford G, April E, Bigliani LU. Intramuscular wire electromyography of the subscapularis. *J Orthop Res*. 1992 May;10(3):394-7.
14. Kato K. Innervation of the scapular muscles and its morphological significance in man. *Anat Anz*. 1989;168(2):155-68.
15. Kronberg M, Nemeth G, Brostrom LA. Muscle activity and coordination in the normal shoulder. An electromyographic study. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Aug(257):76-85.
16. Scheibel M, Habermeyer P. Subscapularis dysfunction following anterior surgical approaches to the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg*. 2008 Jul-Aug;17(4):671-83.
17. Stefko JM, Jobe FW, VanderWilde RS, Carden E, Pink M. Electromyographic and nerve block analysis of the subscapularis lift-off test. *J Shoulder Elbow Surg*. 1997 Jul-Aug;6(4):347-55.
18. Tokish JM, Decker MJ, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ. 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*. 2003 Sep-Oct;12(5):427-30.
19. Barth JR, Burkhart SS, De Beer JF. The bear-hug test: a new and sensitive test for diagnosing a subscapularis tear. *Arthroscopy*. 2006 Oct;22(10):1076-84.
20. Scheibel M, Tsynman A, Magosch P, Schroeder RJ, Habermeyer P. Postoperative subscapularis muscle insufficiency after primary and revision open shoulder stabilization. *Am J Sports Med*. 2006 Oct;34(10):1586-93.
21. Scheibel M, Magosch P, Pritsch M, Lichtenberg S, Habermeyer P. The belly-off sign: a new clinical diagnostic sign for subscapularis lesions. *Arthroscopy*. 2005 Oct;21(10):1229-35.
22. Bennett WF. Visualization of the anatomy of the rotator interval and bicipital sheath. *Arthroscopy*. 2001 Jan;17(1):107-11.
23. Bennett WF. Subscapularis, medial, and lateral head coracohumeral ligament insertion anatomy. Arthroscopic appearance and incidence of "hidden" rotator interval lesions. *Arthroscopy*. 2001 Feb;17(2):173-80.

24. Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Kondo T, Tamai S. Incomplete tears of the subscapularis tendon associated with tears of the supraspinatus tendon: cadaveric and clinical studies. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998 Sep-Oct;7(5):510-5.
25. Townsend H, Jobe FW, Pink M, Perry J. Electromyographic analysis of the glenohumeral muscles during a baseball rehabilitation program. *Am J Sports Med.* 1991 May-Jun;19(3):264-72.
26. McCann PD, Cordasco FA, Ticker JB, Kadaba MP, Wootten ME, April EW, Bigliani LU. An anatomic study of the subscapular nerves: A guide for electromyographic analysis of the subscapularis muscle. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994 Mar;3(2):94-9.
27. Walch G, Nove-Josserand L, Boileau P, Levigne C. Subluxations and dislocations of the tendon of the long head of the biceps. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998 Mar-Apr;7(2):100-8.
28. Mondori T NY, Oshima M. An isolated rupture of the subscapularis tendon. 9th international congress on surgery of the shoulder; Wahington, DC2004 May 2-5.
29. Braun S FM, Imhoff AB. Anatomie und Ätiologie von SLAP- und Bizeps-Pulley-Läsionen. *Obere Extremität.* 2014;9:2-8.
30. Lorbach O TC, Anagnostakos K. Diagnostik und Therapie der isolierten proximalen Bizepsläsion. *Obere Extremität.* 2014;9:10-6.
31. Zhang Q, Zhou J, Ge H, Cheng B. Tenotomy or tenodesis for long head biceps lesions in shoulders with reparable rotator cuff tears: a prospective randomised trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Feb;23(2):464-9.
32. Slenker NR, Lawson K, Ciccotti MG, Dodson CC, Cohen SB. Biceps tenotomy versus tenodesis: clinical outcomes. *Arthroscopy.* 2012 Apr;28(4):576-82.
33. Hsu AR, Ghodadra NS, Provencher MT, Lewis PB, Bach BR. Biceps tenotomy versus tenodesis: a review of clinical outcomes and biomechanical results. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011 Mar;20(2):326-32.
34. Scheibel M, Schroder RJ, Chen J, Bartsch M. Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon. *Am J Sports Med.* 2011 May;39(5):1046-52.
35. Krackow KA, Thomas SC, Jones LC. A new stitch for ligament-tendon fixation. Brief note. *J Bone Joint Surg Am.* 1986 Jun;68(5):764-6.
36. Kim SH, Shin SH, Oh JH, Baek GH. Biomechanical and histological analysis after tenotomy of the long head of the biceps in the rabbit shoulder model. *J Orthop Res.* 2012 Mar;30(3):416-22.
37. Koh KH, Ahn JH, Kim SM, Yoo JC. Treatment of biceps tendon lesions in the setting of rotator cuff tears: prospective cohort study of tenotomy versus tenodesis. *Am J Sports Med.* 2010 Aug;38(8):1584-90.
38. Galasso O, Gasparini G, De Benedetto M, Familiari F, Castricini R. Tenotomy versus tenodesis in the treatment of the long head of biceps brachii tendon lesions. *BMC Musculoskelet Disord.* 2012;13:205.
39. Frost A, Zafar MS, Maffulli N. Tenotomy versus tenodesis in the management of pathologic lesions of the tendon of the long head of the biceps brachii. *Am J Sports Med.* 2009 Apr;37(4):828-33.
40. Shank JR, Singleton SB, Braun S, Kissenberth MJ, Ramappa A, Ellis H, Decker MJ, Hawkins RJ, Torry MR. A comparison of forearm supination and elbow flexion strength in patients with long head of the biceps tenotomy or tenodesis. *Arthroscopy.* 2011 Jan;27(1):9-16.
41. Lim TK, Moon ES, Koh KH, Yoo JC. Patient-related factors and complications after arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps tendon. *Am J Sports Med.* 2011 Apr;39(4):783-9.
42. Gurnani N, van Deurzen DF, Janmaat VT, van den Bekerom MP. Tenotomy or tenodesis for pathology of the long head of the biceps brachii: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 May 15.
43. Wittstein J, Queen R, Abbey A, Moorman CT, 3rd. Isokinetic testing of biceps strength and endurance in dominant versus nondominant upper extremities. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010 Sep;19(6):874-7.
44. Kany J, Guinand R, Amaravathi RS, Alassaf I. The keyhole technique for arthroscopic tenodesis of the long head of the biceps tendon. In vivo prospective study with a radio-opaque marker. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015 Feb;101(1):31-4.
45. Sekiya JK, Elkousy HA, Rodosky MW. Arthroscopic biceps tenodesis using the percutaneous intra-articular transtendon technique. *Arthroscopy.* 2003 Dec;19(10):1137-41.
46. Boileau P, Krishnan SG, Coste JS, Walch G. Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthroscopy.* 2002 Nov-Dec;18(9):1002-12.
47. Gartsman GM, Hammerman SM. Arthroscopic biceps tenodesis: operative technique. *Arthroscopy.* 2000 Jul-Aug;16(5):550-2.

48. Klepps S, Hazrati Y, Flatow E. Arthroscopic biceps tenodesis. *Arthroscopy*. 2002 Nov-Dec;18(9):1040-5.
49. Lo IK, Burkhart SS. Arthroscopic biceps tenodesis using a bioabsorbable interference screw. *Arthroscopy*. 2004 Jan;20(1):85-95.
50. Richards DP BS, Lo IKY. Arthroscopic biceps tenodesis with interference screw fixation: the lateral decubitus position. *Oper Tech Sports Med*. 2003 (11):15-23.
51. Mazzocca AD, Bicos J, Santangelo S, Romeo AA, Arciero RA. The biomechanical evaluation of four fixation techniques for proximal biceps tenodesis. *Arthroscopy*. 2005 Nov;21(11):1296-306.
52. Mazzocca AD RA. Arthroscopic biceps tenodesis in the beach chair position. *Oper Tech Sports Med*. 2003;11:6-14.
53. Romeo AA, Mazzocca AD, Tauro JC. Arthroscopic biceps tenodesis. *Arthroscopy*. 2004 Feb;20(2):206-13.
54. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1987 Jan(214):160-4.
55. Richards DP, Burkhart SS. A biomechanical analysis of two biceps tenodesis fixation techniques. *Arthroscopy*. 2005 Jul;21(7):861-6.
56. Lopez-Vidriero E, Costic RS, Fu FH, Rodosky MW. Biomechanical evaluation of 2 arthroscopic biceps tenodeses: double-anchor versus percutaneous intra-articular transtendon (PITT) techniques. *Am J Sports Med*. 2010 Jan;38(1):146-52.
57. Ahmad CS, DiSipio C, Lester J, Gardner TR, Levine WN, Bigliani LU. Factors affecting dropped biceps deformity after tenotomy of the long head of the biceps tendon. *Arthroscopy*. 2007 May;23(5):537-41.
58. Osbahr DC, Diamond AB, Speer KP. The cosmetic appearance of the biceps muscle after long-head tenotomy versus tenodesis. *Arthroscopy*. 2002 May-Jun;18(5):483-7.
59. Boileau P, Baque F, Valerio L, Ahrens P, Chuinard C, Trojani C. Isolated arthroscopic biceps tenotomy or tenodesis improves symptoms in patients with massive irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am*. 2007 Apr;89(4):747-57.
60. Walch G, Edwards TB, Boulahia A, Nove-Josserand L, Neyton L, Szabo I. Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg*. 2005 May-Jun;14(3):238-46.

2. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Martin Bartsch, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Neue Aspekte in der Diagnostik und Therapie von
Subscapularissehnenrupturen und Läsionen der langen Bizepssehne“

selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

3. Anteilserklärung

Martin Bartsch hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation 1:

Bartsch M., Greiner S., Haas NP, Scheibel M.

Diagnostic values of clinical tests for subscapularis lesions.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010;18(12):1712-7

IF 2010: 1.857

Beitrag im Einzelnen:

Mithilfe bei der Erarbeitung des Studienkonzeptes, operative Assistenz, Koordination und Durchführung der Nachuntersuchung der Patienten (klinisch), Datenerhebung, Erstellung des Manuskriptes

Publikation 2:

Kerschbaum M, Arndt L, Bartsch M, Chen J, Gerhardt C, Scheibel M.

Using the LHB score for assessment of LHB pathologies and LHB surgery: a prospective study.

Arch Orthop Trauma Surg. 2015.

IF 2014/2015: 1.597

Beitrag im Einzelnen:

Mithilfe bei der Erarbeitung des Studienkonzeptes, operative Assistenz, teilweise Durchführung der Nachuntersuchung der Patienten (klinisch), Mithilfe bei der Datenanalyse und statistischen Auswertung, Mithilfe bei der Erstellung des Manuskriptes

Publikation 3:

Scheibel M, Schroder RJ, Chen J, Bartsch M.

Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon.

Am J Sports Med. 2011;39(5):1046-52.

IF 2011: 3.792

Beitrag im Einzelnen:

Mithilfe bei der Erarbeitung des Studienkonzeptes, operative Assistenz, Koordination und Durchführung der Nachuntersuchung der Patienten (klinisch), eigenständige Durchführung der kernspintomographischen Nachuntersuchungen nach Einweisung, Datenanalyse und statistische Auswertung, Mitgestaltung des Manuskriptes

Σ IF: 2,415

Unterschrift des Doktoranden

4. Verwendete Publikationen

4.1 Diagnostic values of clinical tests for subscapularis lesions.
Bartsch M., Greiner S., Haas NP, Scheibel M.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010;18 (12):1712-7

IF 2010: 1.857

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00167-010-1109-1>

4.2 Using the LHB score for assessment of LHB pathologies and LHB surgery:
a prospective study.

Kerschbaum M, Arndt L, Bartsch M, Chen J, Gerhardt C, Scheibel M.

Arch Orthop Trauma Surg. 2016 Apr;136(4):469-75.

IF 2014/2015: 1.597

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

<http://dx.doi.org/10.1007/s00402-015-2391-7>

4.3 Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon.

Scheibel M, Schroder RJ, Chen J, Bartsch M.

Am J Sports Med. 2011;39 (5):1046-52.

IF 2011: 3.792

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

<http://dx.doi.org/10.1177/0363546510390777>

5. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

6. Publikationsliste

Erstautorenschaften

Diagnostic values of clinical tests for subscapularis lesions.
Bartsch M., Greiner S., Haas NP, Scheibel M.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2010;18(12):1712-7

IF 2010: 1.857

Co-Autorenschaften

Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon.

Scheibel M, Schroder RJ, Chen J, Bartsch M.
Am J Sports Med. 2011;39(5):1046-52.

IF 2011: 3.792

Using the LHB score for assessment of LHB pathologies and LHB surgery:
a prospective study.

Kerschbaum M, Arndt L, Bartsch M, Chen J, Gerhardt C, Scheibel M.

Arch Orthop Trauma Surg. 2016 Apr;136(4):469-75.

IF 2014/2015: 1.597

Vorträge

M. Bartsch, S. Greiner, N.P. Haas, M. Scheibel

„Klinische Diagnostik von Subscapularisläsionen“

14. Jahreskongress der Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE),
Münster, Juni 2007

M. Bartsch, S. Greiner, N.P. Haas, M. Scheibel

„Klinische Diagnostik von Subscapularisläsionen“

24. Kongress der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie (AGA),
Köln, September 2007

M. Bartsch, S. Greiner, N.P. Haas, M. Scheibel

„Validierung klinischer Tests für die Diagnostik von Subscapularisläsionen“

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGU/DGOOC),
Berlin, Oktober 2007

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Die arthroskopische Weichteiltenodese der langen Bizepssehne mit bipolarer Tenotomie-
klinische und kernspintomographische Ergebnisse“

Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGU/DGOOC),
Berlin, Oktober 2007

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne- ein klinischer und kernspintomographischer Vergleich“ XIII. Deutsch-Polnisches Symposium der Unfallchirurgen und Orthopäden, Slubice, April 2008

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne- ein klinischer und kernspintomographischer Vergleich“ 15. Jahreskongress der Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE), Hannover, Mai 2008

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne- ein klinischer und kernspintomographischer Vergleich“
25. Kongress der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie (AGA), Interlaken, September 2008

M. Bartsch, C. Gerhardt, C. Nikulka, A. Goldmann, M. Scheibel

„Klinische und kernspintomographische Ergebnisse nach arthroskopischer RM-Rekonstruktion in Single- und Double-Row-Technik“
25. Kongress der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie (AGA), Interlaken, September 2008

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Weichteiltenodese versus Tenotomie der langen Bizepssehne- ein klinischer und kernspintomographischer Vergleich“ Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGU/DGOOC), Berlin, Oktober 2008

M. Bartsch, R. Doyscher, P. Knothe, P. Schmidt, B. Wolfarth

„Ergebnisse eines sonographischen Osgood-Schlatter-Screenings bei Jugendfußballspielern“
Der gemeinsame Kongress für Sportmedizin und kardiovaskuläre Prävention und Rehabilitation, Frankfurt am Main, Oktober 2016

M. Bartsch

„Überlastungsschäden durch sportliche Belastungen im Kindes- und Jugendalter“
Zertifikat Kinderorthopädie der Vereinigung für Kinderorthopädie, Berlin Februar 2017

M. Bartsch

„Ultraschalldiagnostik und konservative Behandlung bei jungen Sportlern“
Zertifikat Kinderorthopädie der Vereinigung für Kinderorthopädie, Berlin Februar 2017

Poster

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Die arthroskopische Weichteiltenodese der langen Bizepssehne mit bipolarer Tenotomie-
klinische und kernspintomographische Ergebnisse“

14. Jahreskongress der Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie (DVSE),
Münster, Juni 2007

M. Bartsch, R.-J. Schröder, S. Greiner, N. P. Haas, M. Scheibel

„Die arthroskopische Weichteiltenodese der langen Bizepssehne mit bipolarer Tenotomie-
klinische und kernspintomographische Ergebnisse“

24. Kongress der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie (AGA),
Köln, September 2007

M. Scheibel, M. Bartsch, R.-J. Schröder, N. P. Haas

„Soft-tissue tenodesis versus tenotomy of the long head of the biceps“

21st Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and Elbow (SECEC-ESSSE),
Brüssel, September 2008

7. Danksagung

Ich danke Herrn Univ.-Prof. em. Dr. med. Dr. h.c. Norbert P. Haas für die Unterstützung und das Ermöglichen der Promotion in seiner Abteilung, ohne welche die Durchführung dieser Arbeiten nicht auf diese Weise möglich gewesen wäre.

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Markus Scheibel, für seine stete Unterstützung, intensive persönliche Betreuung und das Vermitteln sowohl klinischer Fähigkeiten als auch der Ausbildung im wissenschaftlichen Arbeiten.

Bei meinen Mitautoren Prof. Dr. med. Ralf-Jürgen Schröder, Prof. Dr. Stefan Greiner, Dr. med. Christian Gerhardt, Dr. med. Maximilian Kerschbaum, Dr. med. Lisa Arndt und Jianhai Chen, MD möchte ich mich für die sehr gute Zusammenarbeit, die Mithilfe bei den wissenschaftlichen Arbeiten und die vielen anregenden Diskussionen bedanken.

Des Weiteren möchte ich mich bei allen meinen Kollegen im ärztlichen aber besonders auch im pflegerischen Bereich des Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie für die angenehme Zusammenarbeit bedanken.

Ein außerordentlicher Dank gilt meiner Mutter Ingrid Täumler und meiner gesamten Familie welche mich in allen Lebenslagen stets unterstützten und mir meine gesamte Ausbildung erst ermöglicht haben. Ebenso danke ich meinem Ehemann Dr. Tonino Greco der mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden hat.