

Aus der
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Prof. Dr. med. Joachim Windolf

**Tenodese versus Tenotomie der langen
Bizeps-Sehne bei isolierten proximalen
Bizeps-Läsionen: eine prospektiv
randomisierte Studie mit Messung der
Flexions- und Supinationskraft und
Bizeps-Muskel-Distalisierung**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Medizin der Medizinischen Fakultät der Heinrich-
Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Sabrina Wicke

2020

„Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter/in: PD Dr. med. Thilo Patzer

Zweitgutachter/in: PD Dr. med. Julian Caspers

*Meiner Familie,
in größter Dankbarkeit.*

I. Zusammenfassung

Aktuell existieren keine prospektiv randomisierten Studien zum Vergleich der primär stabilen Tenodese und der Tenotomie der langen Bizepssehne. Das Ziel dieser Studie war der prospektiv randomisierte Vergleich beider Techniken zur Therapie von isolierten Bizeps-Läsionen anhand von etablierten klinischen Scores, Messung der Ellenbogenflexions- und Unterarmsupinationskraft sowie eine Evaluation einer möglichen Distalisierung des Bizeps-Muskels. Es wurde prognostiziert, dass eine primär stabile LBS-Tenodese mittels Interferenzschraube der LBS-Tenotomie, sowohl im Hinblick auf die klinischen Scores, als auch im Hinblick auf die Verbesserung der Flexions- und Supinationskraft signifikant überlegen ist.

Eingeschlossen wurden Patienten zwischen 40-70 Jahren mit isolierten SLAP-Läsionen Typ II-IV nach Snyder und Maffet und Bizeps-Pulley Läsionen Typ I-IV nach Habermeyer. Die Erhebung der klinischen Scores, die Kraftmessung und die Umfangsmessung des Oberarmes erfolgten präoperativ, 6 und 12 Monate postoperativ.

20 der primär 22 eingeschlossenen Patienten (Mittleres Alter 52 Jahre, 36-63 Jahre) absolvierten alle Kontrolluntersuchungen. Bei 9/20 Patienten erfolgte eine Tenodese (Mittleres Alter 51,5 Jahre, 7 männlich), bei 11/20 Patienten erfolgte eine Tenotomie (Mittleres Alter 52,8 Jahre, 4 männlich). Im direkten Vergleich der Ergebnisse zur Verbesserung der Flexions- und Supinationskraft sowie der klinischen Scores, zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Tenodese und Tenotomie. 1 Patient (11%) nach Tenodese und 3 Patienten (27%) nach Tenotomie wiesen postoperativ in Umfangsmessungen eine Distalisierung des Bizeps-Muskels auf.

Die prospektiv randomisierte Untersuchung wies keinen signifikanten funktionellen Unterschied zwischen primär stabiler LBS-Tenodese und LBS-Tenotomie zur Therapie isolierter LBS-Läsionen nach.

Nach LBS-Tenotomie entwickelte sich häufiger (nicht signifikant) ein kosmetisches Defizit im Sinne einer Distalisierung des Bizeps-Muskels.

II. Summary

Currently there exists no clear evidence concerning the surgical treatment of LHB lesions with either tenotomy or tenodesis. The aim of the study is therefore to evaluate elbow flexion and forearm supination force as well as the biceps muscle distalization according to both techniques in isolated LHB lesions.

Consecutive patients aged 40-70 years with shoulder arthroscopies for isolated SLAP or biceps pulley lesions were prospectively randomized to arthroscopic suprapectoral intraosseous LHB tenodesis or tenotomy. Pre-, 6 and 12 months postoperatively the SST, ASES, Constant-Murley and LHB score were recorded. The elbow flexion force was measured in 10/90° flexion, the supination force in neutral/pronation position. In addition, the maximum upper-arm circumference and its position relative to the radial epicondyle of the humerus were evaluated preoperatively and in follow up. 20/22 patients (mean age 52 years, range 36-63 years, 11 male) completed the follow up, 9/20 were treated with LHB tenodesis (mean age 51,5, range 36-63 years, 7 male) and 11/20 with tenotomy (mean age 52,8 years, range 36-62 years, 4 male). The force measurement and scores showed no significant difference after 12 months. Tenodesis achieved a significant increase in force 6 months postoperatively compared to preoperatively. One tenodesis patient and three tenotomy patients showed a postoperative popeye-sign deformity.

The prospective randomized study comparing LHB tenodesis and tenotomy in isolated LHB lesions has shown no significant difference in elbow flexion and forearm supination force and clinical scores after 12 months. After LHB tenotomy there was no significant trend for a higher rate of popeye-sign deformities of the upper arm and biceps muscle cramps.

III. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADL	activities of daily living
ANOVA	analysis of variance
ASES	American Shoulder and Elbow Surgeons standardized Shoulder assessment form
Art.	Articulatio
CHL	Lig. coracohumerale
cm	Centimeter
CMS	Constant-Murley-Score
et al.	et altera
FU	Folgeuntersuchung
Kap.	Kapitel
LBS	Lange Bizepssehne
Lig.	Ligament
M.	Musculus
MW	Mittelwert
N	Newton
Proc.	Processus
SD	Standard deviation
SGHL	Superiors glenohumerales Ligament
SST	Simple Shoulder Test
Tab.	Tabelle
TD	Tenodese
TN	Tenotomie
vs.	versus
z.B	Zum Beispiel

IV. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Physiologische Typen des Ansatzes der LBS am Labrum glenoidale nach Vangness et al.	4
Tabelle 2 Klassifikation Pulley-Läsionen nach Habermeyer; SGHL- Lig. glenohumerale superior; SSP-Supraspinatussehne; SSC-Supscapularissehne...	5
Tabelle 3 Klassifikation von SLAP-Läsionen nach Snyder	7
Tabelle 4 Erweiterung der SLAP-Klassifikation nach Maffet.....	8
Tabelle 5 Erweiterung der SLAP-Klassifikation nach Burkhart und Morgan	8
Tabelle 6 Demographische Daten Probanden OP-Variante 1	17
Tabelle 7 Demographische Daten Probanden OP-Variante 2	17
Tabelle 8 Punktzahlverteilung der Einzelkategorien des Constant Murley- Scores...	21
Tabelle 9 Signifikanzniveau und zugehöriger p-Wert.....	23
Tabelle 10 Auszug Kolmogorow-Smirnow-Test zum Nachweis einer Normalverteilung der Daten. CMS= Constant-Murley-Score; ASES= American Shoulder and Elbow Surgeons Score	28
Tabelle 11 Umfang im postoperativen Verlauf nach Tenodese oder Tenotomie. Alle Angaben in cm.....	33
Tabelle 12 Distalisierung M. biceps brachii nach Tenodese oder Tenotomie	34
Tabelle 13 Deskriptive Statistik des Schulterfragebogens (ASES)	35
Tabelle 14 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf den Schulterfragebogen der American Shoulder and Elbow Surgeons Society	35
Tabelle 15 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv - Tenodese- zur Folgeuntersuchung nach 6 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert	38
Tabelle 16 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv - Tenodese- zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert	38
Tabelle 17 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv - Tenotomie- zur Folgeuntersuchung nach 6 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert	41
Tabelle 18 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv - Tenotomie- zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert	42
Tabelle 19 Deskriptive Statistik des Simple Shoulder Test.....	42
Tabelle 20 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 90°- Ellenbogenflexionskraft in 90°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung.....	45
Tabelle 21 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung des operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 90°- Ellenbogenflexionskraft in 90°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung	46
Tabelle 22 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ= Differenz; MW= Mittelwert.	47
Tabelle 23 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide	

Operationsverfahren; LBS 10°- Ellenbogenflexionskraft in 10°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung.....	48
Tabelle 24 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung des operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 10°- Ellenbogenflexionskraft in 10°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung	49
Tabelle 25 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ= Differenz; MW= Mittelwert.	50
Tabelle 26 Deskriptive Statistik der Supinationsskraft in Neutralstellung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton.....	51
Tabelle 27 Deskriptive Statistik der Supinationsskraft in Neutralstellung des kranken/ operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton	52
Tabelle 28 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Supinationskraft in Neutralstellung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ= Differenz; MW= Mittelwert.	53
Tabelle 29 Deskriptive Statistik der Supinationsskraft mit pronierter Hand des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton.....	54
Tabelle 30 Deskriptive Statistik der Supinationsskraft mit pronierter Hand des kranken/ operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton	55
Tabelle 31 Deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Supinationskraft mit pronierter Hand; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ= Differenz; MW= Mittelwert.	56

V. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Zeichnung des Musculus biceps brachii mit Darstellung der beiden Muskelbäuche, Ansicht von ventral	3
Abbildung 2 Schematische Darstellung der SLAP-Klassifikation nach Snyder et al....	8
Abbildung 3 Flussdiagramm zum Studienablauf	18
Abbildung 4 Darstellung der Oberarmmessung a) Umfangsmessung b) Distanzmessung Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf	19
Abbildung 5 Histogramme zum Nachweis einer Normalverteilung	26
Abbildung 6 Q-Q-Diagramme zum Nachweis einer Normalverteilung	27
Abbildung 7 Altersübersicht der Probanden	29
Abbildung 8 Probandenkollektiv nach Geschlecht- und Gruppenzugehörigkeit	30
Abbildung 9 Numerische Verteilung der "Dominanz" innerhalb der Probandengruppen.....	31
Abbildung 10 Vergleich Kraftmessung in 90°-Flexion zwischen Probandengruppen "dominanter Arm vs. nicht-dominanter Arm"	32
Abbildung 11 Vergleich Gesamtpunktzahl CMS-Score zwischen Probandengruppen "dominanter Arm vs. nicht-dominanter Arm".....	32
Abbildung 12 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Schulterfragebogen der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf	36
Abbildung 13 Mittelwerte der Subkategorien des Constant Murley-Scores der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf.....	40
Abbildung 14 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Constant Murley-Score der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf	41
Abbildung 15 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Simple Shoulder Test der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf	43
Abbildung 16 Boxplot zum Vergleich der Ellenbogen-Flexionskraft in 90°der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf.....	46
Abbildung 17 Boxplot zum Vergleich der Ellenbogen-Flexionskraft in 10°der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf.....	49
Abbildung 18 Boxplot zum Vergleich der Supinationskraft in Neutralstellung der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf.....	52
Abbildung 19 Boxplot zum Vergleich der Supinationskraft mit pronierter Hand der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf.....	55

VI. Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Grundlagen.....	1
1.1	Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks	1
1.1.1	Knöcherne Strukturen des Gelenkapparates	1
1.1.2	Muskuläre und ligamentäre Strukturen des Gelenkapparates.....	2
1.2	Schultergelenkerkrankungen mit Beteiligung der langen Bizepssehne.....	6
1.2.1	Läsionen an der langen Bizepssehne	6
1.2.2	Diagnostik.....	9
1.2.3	Therapiekonzepte bei Erkrankungen der langen Bizepssehne	11
1.3	Ziele dieser Arbeit	14
2	Material und Methoden.....	15
2.1	Probandenkollektiv	15
2.1.1	Rekrutierung, Ein-/Ausschlusskriterien.....	15
2.1.2	Abgrenzung der Untersuchungsgruppen	16
2.2	Studienprotokoll	16
2.2.1	Inspektion & klinische Untersuchung des Schultergelenks	18
2.2.2	Klinische Schulderscores	19
2.3	Anforderungen an den Messaufbau.....	22
2.3.1	Messung der Ellenbogenflexions- und Supinationskraft	22
2.4	Statistische Auswertung	23
3	Ergebnisse	25
3.1	Normalverteilung der erhobenen Daten	25
3.2	Alters- / und Geschlechterverteilung des Probandenkollektivs.....	28
3.3	Anthropometrische Messgrößen beider Untersuchungsgruppen	30
3.3.1	Seitenverhältnis (dominanter/nicht-dominanter Arm)	30
3.3.2	Oberarmumfang.....	33
3.3.3	Distalisierung des Muskelbauches	33
3.4	Klinische Schulderscores beider Probandengruppen	34
3.4.1	ASES-Score.....	34
3.4.2	Constant Murley-Score	37
3.4.3	Simple Shoulder Test.....	42
3.4.4	LBS-Score.....	43
3.5	Kraftmessungen beider Probandengruppen.....	44
3.5.1	Ellenbogenflexionskraft 90°	44
3.5.2	Ellenbogenflexionskraft 10°	47
3.5.3	Supinationskraft in Neutralstellung.....	50
3.5.4	Supinationskraft in Pronationsstellung	53
4	Diskussion	57
4.1	Probandenkollektiv & Abgrenzung der Untersuchungsgruppen	57
4.2	Klinische Untersuchung, Ein-/Ausschlusskriterien.....	58
4.3	Kraftmessungen beider Untersuchungsgruppen.....	58
4.4	Operationstechniken	60
5	Schlussfolgerung	65
6	Literatur	66

7	Anhang.....	70
8	Danksagung.....	85

1 Einleitung und Grundlagen

1.1 Funktionelle Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks

1.1.1 Knöcherne Strukturen des Gelenkapparates

Das Schultergelenk des Menschen stellt die Verbindung der oberen Extremität mit dem Rumpf her und besteht anatomisch und funktionell gesehen aus fünf zusammenwirkenden Einzelgelenken. Dabei unterscheidet man die drei Hauptgelenke bestehend aus dem Glenohumeralgelenk (Art. humeri), dem Sternoclaviculargelenk (Art. sternoclaviculare) und dem Acromioclaviculargelenk (Art. acromioclaviculare) sowie den beiden Nebengelenken bestehend aus dem subacromialen Nebengelenk und dem Schulterblatt-Thorax Gelenk, welche als Gleitlager fungieren.

Das bedeutendste Gelenk aus diesem Gelenkkomplex stellt das Glenohumeralgelenk dar, welches die charakteristischen Eigenschaften eines Kugelgelenks, in Form von drei Freiheitsgraden und sechs Hauptbewegungsrichtungen, aufweist. Aufgrund des Missverhältnisses (4:1) zwischen dem großen Humeruskopf und der kleinen artikulierenden Gelenkpfanne der Scapula verkörpert das Glenohumeralgelenk das beweglichste Gelenk des menschlichen Körpers.

Des Weiteren unterstützt die dehnfähige Gelenkklippe aus Faserknorpel diesen Effekt und sorgt am Pfannenrand für eine Erweiterung der Gelenkpfanne.

Um die enorme Bewegungsfreiheit des Oberarmkopfes im Schultergelenk zu gewährleisten dient der Recessus axillaris, welcher sich im distalen Bereich der Gelenkkapsel befindet, als Reservefalte (Platzer W (1979) Bewegungsapparat. Band 1, Georg Thieme Verlag, Stuttgart).

Den größten Anteil an der Stabilisierung des Schultergelenks übernehmen der Labrum-Kapsel-Band-Komplex und die scapulohumerale Muskulatur [1].

Aufgrund der großen Bewegungsfreiheit des Glenohumeralgelenks führt dies auch zu einer Instabilität des Gelenks, welche jenes anfällig für traumatische sowie degenerative Verletzungen macht [2].

1.1.2 Muskuläre und ligamentäre Strukturen des Gelenkapparates

1.1.2.1 Rotatorenmanschette

Die Rotatorenmanschette ist eine Sehnenplatte aus vier kongruierenden Muskeln (M. supraspinatus, M. infraspinatus, M. teres minor und M. subscapularis), welche den Humeruskopf von allen Seiten umspannen und für die Zentrierung und Rotation des Caput humeri in der Gelenkpfanne sorgen. Zum Teil strahlen die Sehnen der Rotatorenmanschette auch in die Gelenkkapsel ein [3].

Der M. supraspinatus trägt durch Kompression der Gelenkkapsel zur Stabilisierung des Glenohumeralgelenks bei und dient als Abduktor des Armes [4].

Dorsale und kraniale Translation des Humeruskopfes werden durch den M. Infraspinatus und dem M. teres minor beschränkt, wodurch sie die Stabilisierung des Glenohumeralgelenks unterstützen.

Als einzige ventrale Komponente der Rotatorenmanschette stabilisiert der M. subscapularis das Glenohumeralgelenk aktiv, indem er der ventralen und kaudalen Translation des Humeruskopfes widersteht [5].

Aufgrund des synergistischen Zusammenspiels dieser Muskeln kann eine Stabilisierung des Humeruskopfes und somit auch ein reibungsfreier Bewegungsablauf gesichert werden.

1.1.2.2 Musculus biceps brachii und lange Bizepssehne

Der M. biceps brachii zählt zu den Flexoren des Oberarmes und agiert als zweibäuchiger und zweigelenkiger Muskel. Das Caput longum entspringt mit seiner Sehne am Tuberculum supraglenoidale der Scapula, wohingegen das Caput breve seinen Ursprung am Processus coracoideus hat. Im Verlauf, durch den knöchernen Sulcus bicipitalis, kommt es zur Vereinigung beider Muskelbäuche und zum gemeinsamen Ansatz an der Tuberositas radii [1].

Die Hauptfunktion des M. biceps brachii besteht in der Flexion im Ellenbogengelenk. Des Weiteren dient er, aufgrund seiner beiden Ursprungsorte, als Stabilisator des Schultergelenks sowie als Abduktor des Armes. Im Schultergelenk ist er unterstützend an der Anteversion und Innenrotation sowie im Ellenbogengelenk an der Supination beteiligt, welche am Effizientesten bei einem 90° flektierten Arm ablaufen kann. Aufgrund dieser Stellung besitzt der M. biceps brachii einen beinahe rechtwinkligen

Hebelarm zur Pro- und Supinationsachse (s. Kapandji, I.A., Funktionelle Anatomie der Gelenke. 5 ed.2009: Thieme).



Abbildung 1 Zeichnung des Musculus biceps brachii mit Darstellung der beiden Muskelbäuche, Ansicht von ventral

Eine Sonderstellung nimmt die lange Bizepssehne (LBS) ein, da sie die einzige Sehne des menschlichen Körpers darstellt, welche intraartikulär ohne Sehnenscheide im sogenannten Rotatorenintervall, bestehend aus dem M. supraspinatus und dem M. subscapularis, dem superioren glenohumeralen und dem coracohumeralen Ligament,

durch das Schultergelenk verläuft. Damit dieser dynamische Verlauf reibungslos und ohne Folgen für das Glenohumeralgelenk und dessen Knorpel verläuft, wird die Sehne zum einen von einer Synovialmembran umgeben und zum anderen vor ihrem Eintritt in den knöchernen Sulcus bicipitalis von einem komplexen Aufhängeapparat dem Bizeps-Pulley geführt [6].

Teile der Fasern der LBS strahlen in unterschiedlicher Ausprägung in das superiore Labrum ein. Vangness et al. fand in anatomischen Studien an Leichenschultern heraus, dass die Fasern der LBS, welche primär für die Stabilisierung sorgen, am Tuberculum supraglenoidale inserieren. Im Gegenzug sind die Fasern, welche ins Labrum ziehen für die Formbildung zuständig. Zudem erfolgte in anatomischen Studien von Vangness et al. der Nachweis, dass es mehrere physiologische Varianten im Hinblick auf den Sehnenansatz der LBS am Labrum glenoidale gibt. Die Unterteilung in die vier Typen erfolgte anhand der Insertion der LBS am Labrum glenoidale: [7]

Typen	Beteiligte Strukturen
Typ 1	Vollständige Insertion der Sehne am posterioren Labrum
Typ 2	Größtenteils Insertion der Sehne am posterioren Labrum, zudem kleiner Anteil mit Insertion am anterioren Labrum
Typ 3	Ausgeglichene Insertion der Sehne sowohl am posterioren, als auch am anterioren Labrum
Typ 4	Größtenteils Insertion der Sehne am anterioren Labrum

Tabelle 1 Physiologische Typen des Ansatzes der LBS am Labrum glenoidale nach Vangness et al.

1.1.2.3 Bizeps- Pulley

Das bereits im Kapitel 1.1.2.2 dargestellte Rotatorenintervall wurde von Neer als ein trianguläres Kapselgebilde bezeichnet. Dessen wichtigster Teil stellt das Pulley-System, welches eine Weichteilschlinge aus Sehnen und Bändern bildet, dar [8].

An der Ausbildung dieser Schlinge sind die Sehnen des M. subscapularis und M. supraspinatus sowie die Bänder Lig. coracohumerale (CHL) und Lig. glenohumerale superius (SGHL) beteiligt. Die caudal-ventrale Begrenzung der Schlinge wird von dem anterioren Sehnenanteil des M. subscapularis gebildet, wohingegen die kranial-dorsale Begrenzung durch die Sehne des M. supraspinatus erfolgt.[9] Das SGHL

verläuft vom anterosuperioren Labrum zum proximalen Anteil des Tuberculum minus. Im weiteren Verlauf zieht es unter der LBS hindurch und bildet den Boden des Pulley-Komplexes. Das CHL teilt sich auf und verläuft vom Proc. coracoideus jeweils zum Tuberculum majus sowie minus und ist an der Ausbildung des Daches vom Rotatorenintervall beteiligt [9, 10].

Im klinischen Alltag werden die Pulley-Läsionen anhand der Klassifikation von Habermeyer et. al. in vier Typen eingeteilt (s. Tabelle 2) [10].

Grad	Beteiligte Strukturen
I	SGHL
II	SGHL und SSP
III	SGHL und SSC
IV	SGHL und SSP und SSC

Tabelle 2 Klassifikation Pulley-Läsionen nach Habermeyer; SGHL- Lig. glenohumerale superior; SSP- Supraspinatussehne; SSC- Subscapularissehne

1.2 Schultergelenkserkrankungen mit Beteiligung der langen Bizepssehne

1.2.1 Läsionen an der langen Bizepssehne

Durch den besonderen oben bereits dargestellten Verlauf der langen Bizepssehne (LBS) sind die beteiligten Strukturen anfällig für degenerative und traumatische Läsionen, wodurch eine Instabilität der LBS mit Folge eines abnormalen Laufes der Sehne im Gelenk entstehen kann.

Läsionen an der LBS sind ein häufiger Grund für Schulterschmerzen aller Altersgruppen [11-13]. Betroffene Patienten klagen in der Regel über bewegungsabhängige Schmerzen, die durch forcierte Flexion oder Supination gegen Widerstand ausgelöst werden können. Zudem präsentiert sich eine schmerzhafte Palpation im Bereich des Rotatorenintervalls bzw. des Sulcus intertubercularis.

Bei einer kompletten Ruptur der LBS kann bei der klinischen Untersuchung eine Distalisierung des Muskelbauches (Popeye-sign) auffallen.

Epidemiologisch treten Läsionen der LBS selten isoliert, sondern eher gehäuft in Kombination mit Rotatorenmanschettendefekten auf [14].

1.2.1.1 Tendinitis

Bei einer Tendinitis der langen Bizepssehne können sowohl spezifische als auch unspezifische Ursachen zu Grunde liegen. Aufgrund der Bildung der Bizepssynovia aus einer Umschlagfalte der intraartikulär verlaufenden Synovialmembran, können sich intraartikuläre pathologische Prozesse auf die Synovia ausweiten [14].

Bei einer primären Tendinitis der Bizepssehne kommt es zu einer synoviale Entzündung im Bereich des Sulcus intertubercularis ohne begleitende Beteiligung der umliegenden Strukturen, welche im Verlauf zu einer Schädigung des Sehnengewebes führen kann.

Häufig besteht jedoch eine Korrelation zwischen einer Tendinitis der LBS und Läsionen der Rotatorenmanschette oder des Rotatorenintervalls [15].

1.2.1.2 Bizeps-Pulley-Läsionen

Verletzungen der ligamentären Führung der LBS am Eingang in den Sulcus bicipitalis sowie fakultativ der angrenzenden Sehnen der Supraspinatus und Subscapularissehne, werden als Pulley-Läsionen zusammengefasst [16].

Als klassischer Unfallmechanismus für die Entstehung einer Pulley-Läsion wird der Sturz auf den ausgetreckten und innen-/ oder außenrotierten Arm sowie ein Sturz nach hinten auf den Ellenbogen oder die Hand gesehen. Des Weiteren sind Sportler, welche häufig über Kopf Wurfbewegungen ausüben, prädestiniert für die Entwicklung einer Schädigung des Pulley-Komplexes [17].

Nach Habermeyer et. al. liegt der zugrundeliegende Pathomechanismus für die Entstehung einer Pulley-Läsion in der aktiven Anspannung des M. biceps brachii bei Innenrotation mit der Folge, dass nach medial dislozierende Kräfte auf die LBS und den Pulley-Komplex wirken [10]. In Folge kommt es zu einer medialen Subluxation der langen Bizepssehne, was im Verlauf in diesem Abschnitt zu Abschilferungen von Knorpel und Sehnenansätzen des Rotatorenintervalls führt [18].

Darüber hinaus verursacht die andauernde Scherung der langen Bizepssehne über den Humeruskopf, in der Literatur auch als Scheibenwischereffekt bezeichnet, subtendinös lokalisierte humerale chondrale Läsionen [19].

1.2.1.3 SLAP-Läsionen

Im Jahr 1990 beschäftigten sich Snyder et al. mit Verletzungen des kranialen Labrums mit dem Ursprung der LBS am Tuberculum supraglenoidale. Anhand ihrer häufigsten Ausdehnung (superior labrum from anterior to posterior) entwickelten Snyder et al. das Akronym SLAP Läsionen und formten eine erste Klassifikation mit vier Subtypen (s. Tab. 3 und Abb. 2) [20].

Grad	Beteiligte Strukturen
I	Degenerative Veränderungen am superioren Labrum, keine Ablösung des Bizepsankers
II	Kranialer Abriss des Labrum-Bizepssehnen-Komplexes vom superioren Glenoid
III	Korbhenkelriss des superioren Labrums, Bizepssehnenanker intakt
IV	Einriss Bizepssehnenanker

Tabelle 3 Klassifikation von SLAP-Läsionen nach Snyder

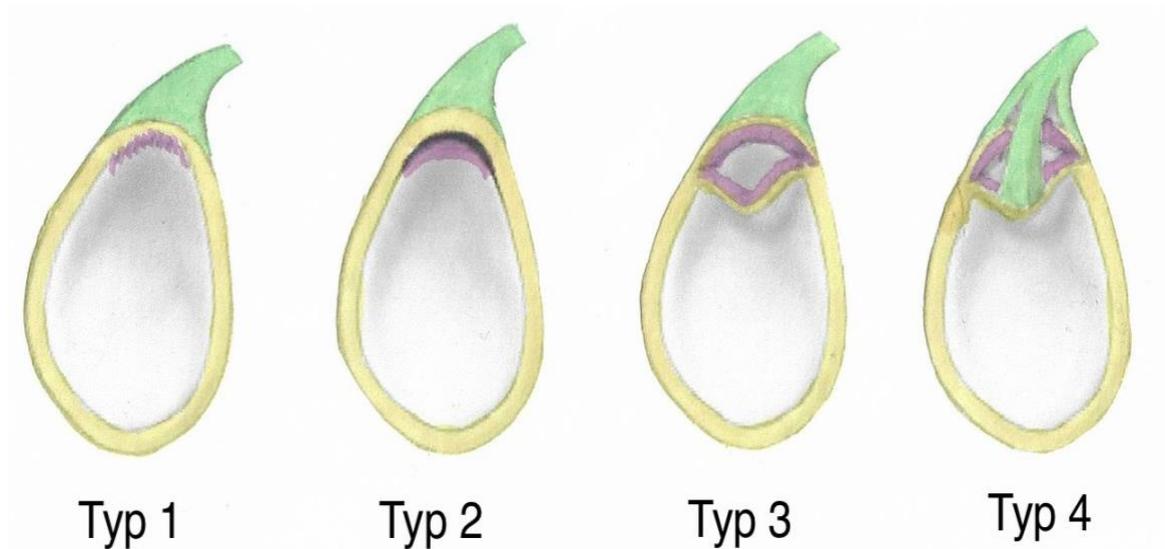


Abbildung 2 Schematische Darstellung der SLAP-Klassifikation nach Snyder et al.

Die Anwendung der in Tabelle 2 dargestellten Klassifikation hat sich im klinischen Alltag etabliert und wurde durch Maffet et al. um drei weitere Typen (V- VII) erweitert [21].

Grad	Beteiligte Strukturen
V	Bankart-Läsion in Kombination mit Übergang in SLAP-II- Läsion
VI	Lappenriss und Instabilität des oberen Labrums
VII	SLAP-II-Läsion mit Beteiligung des mittleren Lig. glenohumerale

Tabelle 4 Erweiterung der SLAP-Klassifikation nach Maffet

Burkhart und Morgan erstellten für die SLAP-II-Läsion noch weitere Unterklassen, welche sich auf den Hauptinsertionsort der LBS fokussieren [22].

Grad	Beteiligte Strukturen
II-A	Insertion überwiegend posterior in das Labrum
II-B	Insertion überwiegend anterior in das Labrum
II-C	Gleichmäßige Verankerung anterior und posterior in das Labrum

Tabelle 5 Erweiterung der SLAP-Klassifikation nach Burkhart und Morgan

Die Pathogenese von SLAP-Läsionen kann mono-oder multifaktoriell bedingt sein. Direkte sowie indirekte Makrotraumata, im Sinne eines Sturzes auf den außenrotierten

und abduzierten Arm oder eine ruckartige Traktion an der LBS (Auffangen eines fallenden Gegenstandes) werden zum Beispiel als Pathomechanismus für die Entstehung einer SLAP-Läsion beschrieben [23, 24]. Zudem zeigten Andrews et al., dass Sportarten mit häufigem Überkopfwerfen zu Mikrotraumata führen können, welche die Ausbildung einer SLAP-Läsion begünstigen [25].

Eine große Anzahl der Patienten mit SLAP-Läsionen stellen sich im klinischen Alltag mit variablen Symptomen vor. Zum einen leiden die Patienten unter Schulterschmerzen, welche ihr Maximum bei Aktivitäten über Kopfhöhe erreichen. Des Weiteren häufig beschriebene Symptome sind: nächtliche Schulterschmerzen insbesondere wenn die Patienten auf der betroffenen Schulter liegen, Instabilitätsgefühle sowie Schultersteife.

Ein Grund für die Variabilität der Symptome bei Läsionen am oberen Labrum-Bizepssehnen-Komplexes stellen die oft mit auftretenden Begleitpathologien dar.

In einer Studie von Synder et al. ließen sich als Begleitpathologie auffallend häufig eine Partial- oder Komplettruptur der Rotatorenmanschette nachweisen. Von 140 Probanden präsentierten sich bei 29% der Probanden Partialrupturen an der Rotatorenmanschette sowie bei 11% der Probanden Komplettrupturen [26].

Eine gemeinsame Kausalität zwischen SLAP-I-Läsionen und Partialrupturen der Supraspinatussehne konnten Kim et al. nachweisen [27].

Kowalczuk et al. stellten zudem fest, dass bei rund der Hälfte aller Rupturen der LBS eine Korrelation mit einer Läsion der Supraspinatussehne besteht [28].

Die oben aufgeführten Aspekte stellen den Zusammenhang zwischen SLAP-Läsionen und der LBS dar und präsentierten die Relevanz der Thematik für diese Arbeit.

1.2.2 Diagnostik

Zu Beginn der klinischen Untersuchung erfolgt eine gezielte Anamneseerhebung mit Hauptaugenmerk auf ein adäquates Traumat in der Vorgeschichte. Zudem gelten anteriosuperiore Schmerzen als Leitsymptom für Läsionen an der langen Bizepssehne. Die Intensität, eine mögliche Persistenz sowie das Auftreten von tages- und aktivitätsabhängigen Schmerzen sollten erfragt werden.

Im Anschluss an die Anamneseerhebung erfolgt die klinische Untersuchung des Patienten mit Inspektion, Palpation und Prüfung der aktiven und passiven Beweglichkeit anhand der Neutral-Null-Methode. Des Weiteren werden klinischen

Tests (s. Kap. 1.2.2.1), bestehend aus dem O'Brien-, dem Palm-Up- und dem Lift-Off-Tests, durchgeführt.

Die, in der klinischen Untersuchung, erhobenen Befunde sollten durch eine bildgebende Diagnostik (Sonographie, Röntgen, MRT) ergänzt und unterstützt werden.

Trotz der hochmodernen Möglichkeiten zur Darstellung des Schulterapparates im MRT ist anhand der Bildgebung nicht immer eine Diagnose nachweisbar, da insbesondere der Unterschied zwischen Normvarianten und tatsächlicher Pathologie schwer ist.

Die Sicherung der Verdachtsdiagnose mit einer Läsion an der langen Bizepssehne kann nur durch eine Arthroskopie der Schulter gewährleistet werden [29]. Dabei wird während der Arthroskopie die Stabilität des Bizepssehnenankers mittels Tasthakenzug untersucht. Zudem erfolgt die Beurteilung der langen Bizepssehne und des Gelenkes. Die Arthroskopie stellt den Goldstandard in der Diagnosefindung von SLAP- und Pulley-Läsionen dar, gleichzeitig handelt es sich um ein invasives Verfahren mit den dazugehörigen Risiken [13, 20].

1.2.2.1 Klinische Tests

Zur Beurteilung von Läsionen an der langen Bizepssehne stehen bei der klinischen Untersuchung eine Vielzahl von klinischen Tests zur Verfügung. Im Folgenden wird eine Auswahl dieser Tests vorgestellt.

Im Jahr 1998 entwickelte O'Brien et. al. mit seinem „active compression test“ einen sowohl sensitiven, als auch spezifischen Test zur Diagnostik einer SLAP- Läsion.[30] Für die Durchführung muss der Patient seinen Arm in 90° Flexion, 10° Adduktion und in Innenrotation führen. Der Untersucher übt einen Druck auf den Arm des Patienten aus, welchem der Patient versucht entgegenzuwirken. Zudem wird der Test in Außenrotationsstellung wiederholt. Kommt es in Innenrotationsstellung zur Entstehung von Schmerzen, welche sich in Außenrotationsstellung verringern, wird der Test als positiv gewertet und gilt als Hinweis auf das Vorliegen einer SLAP-Läsion.

Eine weitere klinische Untersuchung stellt der Palm-Up-Test dar, bei welchem der Arm des Patienten in 90° Abduktion und 30° Horizontalflexion geführt wird. Die Handinnenfläche schaut in dieser Position nach oben. Dann übt der Untersucher einen Druck von oben auf das Handgelenk des Patienten aus, welchem der Patient versucht

entgegenzuwirken. Der Test wird als positiv betrachtet, wenn der Patient, bei dem Versuch gegen den Druck Widerstand zu leisten, Schmerzen beschreibt. Ein positives Zeichen spricht für eine Vielzahl an Pathologien wie zum Beispiel einer Tendinitis, ein subacromiales Impingement oder einer Läsion am Bizepssehnenanker.

Für die Beurteilung des M. subscapularis als Bestandteil des Rotatorenintervalls wird der Lift-Off- Test verwendet. Dabei führt der Patient den betroffenen Arm mit geöffneter Handfläche in den Schürzengriff auf den unteren Rücken und versucht im Anschluss gegen den Widerstand des Untersuchers seine Hand vom Rücken abzuheben.

1.2.3 Therapiekonzepte bei Erkrankungen der langen Bizepssehne

1.2.3.1 Konservative Verfahren

Ein konservatives Therapiekonzept sollte zuerst bei einer isolierten Tendinitis der Bizepssehne oder bei einer SLAP-I-Läsion in Betracht gezogen werden. Dabei liegt das Hauptaugenmerk der Therapie auf der Linderung der Schmerzen. Zu den Bestandteilen der konservativen Therapie zählen: Gelenk-zentrierende und Rotatoren-Manschetten-kräftigende Krankengymnastik, Wärmeanwendungen, Ultraschall- und Elektrotherapie, Verabreichung von Analgetika und Antiphlogistika sowie gegebenenfalls peritendinöse Infiltrationen mit Lokalanästhetika und Kortikosteroiden. Zudem ist insbesondere bei älteren Patienten, welche eine Ruptur der langen Bizepssehne erlitten haben und keine Begleitpathologien aufweisen, eine konservative Vorgehensweise indiziert. Eine operative Versorgung kann bei einer LBS-Ruptur erwogen werden, wenn der Patient persistierende Schmerzen, Muskelspasmen oder einen adäquaten subjektiv empfundenen Kraftverlust des Armes aufweist [31].

Beim Vorliegen von instabilen SLAP-Läsionen erzielten konservative Maßnahmen bei Langzeituntersuchungen schlechtere Ergebnisse im Vergleich zur operativen Versorgung [20].

1.2.3.2 Operative Verfahren

Chronische Tendinitis, Partial- und /Komplettrupturen, persistierende Schmerzen, Patientenwunsch sowie höhergradige Pulley- oder SLAP-Läsionen stellen eine Indikation für eine operative Versorgung dar.

Zur operativen Versorgung stehen mit den Optionen Tenodese oder Tenotomie zwei gängige und etablierte Operationsvarianten zur Verfügung, welche arthroskopisch; offen oder in mini-open-Technik durchgeführt werden können.

Beim Vorliegen von traumatischen Rupturen bei jungen Patienten (<35 Jahre), hat sich eine arthroskopische Refixation des SLAP-Komplexes bewährt. Mittels Fadenankersystem erfolgt die Refixation des gelösten Labrums, wodurch als postoperatives Outcome eine Reduktion des Risikos für die Ausbildung von Folgeschäden erzielt werden soll [32]. In einer Metaanalyse von Slenker et al. aus dem Jahr 2012 konnte bei Einschluss von 433 Tenodese-Patienten sowie 699 Tenotomie-Patienten kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsvarianten in Bezug auf Schmerzreduktion und Funktionserhalt ermittelt werden [33].

Die Metaanalyse von Gurnani et al. und Ge et al. zeigten, dass eine Vielzahl der aktuell vorhandenen Studien einen Vergleich der Ergebnisse nach Durchführung einer Tenodese versus Tenotomie bei begleitender Rotatorenmanschettennaht analysieren [34, 35]. Zum jetzigen Zeitpunkt existieren somit noch keine prospektiv randomisierten Studien, die einen direkten Vergleich zwischen Tenotomie und primär stabiler Tenodese bei isolierten Läsionen der LBS erstellen.

1.2.3.2.1 Tenotomie

Die Tenotomie bezeichnet die Durchtrennung der langen Bizepssehne nahe ihrem Ursprung am Tuberculum supraglenoidale. Aufgrund der Muskelkontraktur rutscht die Sehne, welche im Schultergelenk Schmerzen verursacht, nach distal ab und bleibt im Sulcus hängen. Dort kommt es im Verlauf zur Verwachsung und zur Bildung einer Autotenodese. Da es sich bei der Tenotomie um eine einfachere und weniger invasive Operation mit kürzerer Hospitalisierung und Anschlussheilbehandlung handelt, wird sie bevorzugt bei älteren Patienten angewandt [36, 37].

1.2.3.2.2 Tenodese

Anhand der aktuellen Forschungslage wird die Tenodese meist jüngeren Patienten (<35 Jahre) mit einem hohen Anspruch an Funktionalität und Ästhetik empfohlen [38]. Das Prinzip der Tenodese besteht darin, die LBS an ihrem Ursprung am Glenoid zu durchtrennen und wieder am Caput humeri zu refixieren. Für die Refixation der LBS stehen verschiedene Möglichkeiten und Techniken zur Verfügung. So kann die Sehne ober- oder unterhalb des Sulcus intertubercularis sowie subpektoral unterhalb der Sehne des M. pectoralis major oder suprapektoral im Bereich des Sulcus bicipitalis refixiert werden [39]. Für die Fixation der Sehne am Humerus stehen eine Vielzahl von Varianten zur Option. Als verbreitete Techniken für die Fixierung gelten zum Beispiel die Fadenanker-Tenodese [40], die weichteilige Tenodese [41] oder die Verwendung von resorbierbaren Interferenzschrauben [42]. Bei den Probanden dieser Studie wurde bei der Operationsvariante Tenodese eine vollständige suprapektoralen LBS-Tenodese mit der SwiveLock-Schraube (Arthrex, Karlsfeld, Naples, USA) nach Armierung der LBS mit modifizierter Lasso-Loop-Technik durchgeführt. Die Operation erfolgte in Standard Beach-Chair-Position des Probanden. Nach Etablierung der Standardportale wurde die Sehne intraartikulär mit einer Lasso-Loop-Stitch Armierung gesichert. Hierzu erfolgte ca. 20 mm vor Eingang in den Sulcus intertubercularis die Tenotomie der Sehne mit einem 45° angulierten Punch und Exposition aus dem Gelenk über das anteriore Portal. Anschließend erfolgte die Armierung der Sehne mittels Krackow-Stich mit No.2 Orthocord (DePuy Mitek Raynham, MA, USA). Proximal der Naht wird die LBS durchtrennt. Nun Bohrung eines ossären Kanals am Eingang in den Sulcus intertubercularis in 135° Angulation zur Humerusschaftachse mit einem handbetriebenen 7,0mm Bohrer (Arthrex, Naples, USA). Der LBS-Faden wird mit Hilfe des Ankersetzsystems in die Swive-Lock-Schraube eingefädelt. Einführung der LBS in den gebohrten Kanal. Durch das Eindrehen der Schraube wird die LBS in den Knochenkanal befördert und in ihrer regelrechten Position fixiert. Im Vergleich zu den anderen oben genannten Tenodesetechniken weist die einschenklige intraossäre Sehnenfixation mittels Interferenzschraube in biomechanischen Tests die höchste Primärstabilität und ermöglicht ein fibroblastisches Einheilen der Sehne [39, 42]. Zudem kommt es nach Fixierung durch die Schraube zu einem flachen Austritt der Sehne aus dem Knochenkanal, wodurch ein Impingement vermieden werden kann [39].

1.3 Ziele dieser Arbeit

Das wesentliche Ziel der vorliegenden Studie liegt in dem prospektiv randomisierten Vergleich zwischen den beiden klinisch etablierten Operationsverfahren LBS-Tenodese und -Tenotomie.

Dafür wurden drei Fragestellungen zusammengefasst:

1. Ist die LBS-Tenodese der -Tenotomie im Hinblick auf die etablierten klinischen Scores zur Evaluation von Funktion und Schmerz, im Hinblick auf die Ellenbogenflexionskraft und Unterarmsupinationskraft signifikant überlegen?
2. Kommt es nach LBS-Tenotomie signifikant häufiger zu einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches (Popeye-sign) als nach einer -Tenodese?
3. Kommt es nach LBS-Tenotomie signifikant häufiger zu Krämpfen des Bizepsmuskels als nach -Tenodese?

Zur Beantwortung dieser Fragestellungen erfolgte die Auswertung und der anschließende Vergleich von etablierten klinischen Schulterscores und einem separaten Fragebogen zur subjektiven Funktionalität und Kosmetik vor und im Anschluss an die oben dargestellten Operationsvarianten.

Weiterhin wurden die Bewegungen „Ellenbogenflexion“ und „Unterarmsupination“, welche physiologisch die Beteiligung der langen Bizepssehne benötigen, sowie die Kraftentwicklung in den jeweiligen Positionen zu verschiedenen Zeitpunkten (sowohl prä-, als auch postoperativ) am erkrankten Arm und präoperativ an der Gegenseite als Referenzwerte erhoben. Postoperativ sollte zum einen kein signifikanter Unterschied zwischen dem operierten Arm und der Gegenseite mehr festgestellt werden können. Zum anderen erfolgt die Eruiierung, ob ein signifikanter Unterschied bei den objektiven Messungen zwischen den beiden Operationsvarianten vorlag.

Zur Evaluation, ob bei einer der beiden Operationsvarianten postoperativ häufiger einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches auftrat, erfolgte prä- und postoperativ eine Oberarm-Umfang- Messung.

2 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Auswertung einer klinisch prospektiv randomisierten Studie. Die Probandenakquise und Versuchsdurchführung umfassten einen Zeitraum von 21 Monaten. Der postoperative Nachbehandlungszeitraum betrug 12 Monate. Dabei erfolgten bei den in die Studie eingeschlossenen Probanden präoperativ sowie 6 und 12 Monate postoperativ standardisierte Kraftmessungen inklusive Erhebung klinischer Schulderscores.

2.1 Probandenkollektiv

Für die Erstellung dieser Arbeit wurden die Probanden in zwei verschiedene Gruppen mit unterschiedlichen Operationsverfahren randomisiert. Insgesamt wurden n= 22 Probanden in die Studie eingeschlossen. Ein positives Ethikvotum (Studiennummer: 4647R) für die vorliegende Arbeit liegt vor.

2.1.1 Rekrutierung, Ein-/Ausschlusskriterien

Die Probandenakquise, Aufklärung und Einwilligung zur Studienteilnahme wurde während der Schuldersprechstunde am Universitätsklinikum Düsseldorf durchgeführt. Als Einschlusskriterium in die Studie wurden eine isolierte Bizeps-Pulley Läsion Typ I-IV nach Habermeyer [43] sowie eine SLAP (superior-labrum-anterior-to-posterior)-Läsion Typ II-IV nach Snyder und Maffet festgelegt [21].

Zu den Ausschlusskriterien zählten eine vorhandene Gelenkinfektion, maligne Grunderkrankungen, eine Omarthrose > Grad II nach Samilson und Prieto [44] sowie Schulter-assoziierte Traumata im Zeitraum der Nachuntersuchung.

Die Rücknahme der Einwilligung durch den Probanden, das Auftreten eines der oben genannten Ausschlusskriterien sowie die intraoperative Feststellung einer Diagnose, die nicht den Einschlusskriterien entsprach führten bei einem Probanden zum Abbruch der Studie (Drop-out).

2.1.2 Abgrenzung der Untersuchungsgruppen

Die Randomisierung in die jeweilige Behandlungsgruppe erfolgte intraoperativ anhand von 20 fix verschlossenen und mit identischen Aufklebern versiegelten Umschlägen. Dabei enthielten 10 Umschläge ein Blatt mit der Aufschrift „LBS-TN“ sowie 10 Umschläge ein Blatt mit der Aufschrift „LBS-TD“. Nach Verbrauch dieser Umschläge wurden 20 neue Umschläge präpariert.

Während des prästationärem Ablaufes, der durchgeführten Diagnostik und der Operationsvorbereitung bestanden keine Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen.

Die beiden durchgeführten Operationsverfahren dienen als etablierte operative Behandlungsoptionen und werden routinemäßig von erfahrenen Schulterchirurgen eingesetzt. Die Randomisierung zu einer der beiden Operationstechniken stellt kein erhöhtes Risiko für den Probanden dar.

Nach Öffnung des Umschlages und bei fehlender Kontraindikation wurde die in dem Umschlag beschriebene Technik zur Behandlung der langen Bizepssehne angewendet.

Das intraoperative Vorgehen entsprach bei beiden Operationsvarianten dem klinischen Standard und der klinischen Routine im Hinblick auf den OP-Ablauf. Postoperativ wurden alle Patienten mit demselben standardisierten Nachbehandlungskonzept behandelt.

2.2 Studienprotokoll

Die Erklärung über den Versuchsablauf und die Unterzeichnung der Einwilligungserklärung erfolgten nach Diagnosestellung im Rahmen der Schultersprechstunde. Nach Unterzeichnung der Einwilligung wurden die Patienten als in die Studie eingeschlossen betrachtet. Am Tag vor der Operation oder wahlweise während der Schultersprechstunde wurde die erste Datenerhebung durchgeführt.

Befragungen, Untersuchungen und Kraftmessungen wurden zu allen Zeitpunkten bei den Probanden von derselben Person durchgeführt.

Dadurch konnte gewährleistet werden, dass alle Kraftmessungen und klinische Untersuchungen auf dieselbe Art und Weise bei den Probanden durchgeführt wurde.

Bei den 22 eingeschlossenen Probanden mit isolierter LBS-Läsion wurden präoperativ alle Datenerhebungen durchgeführt. N=1 Proband/in wurde aus der Studie ausgeschlossen, da er/sie nicht zu den Nachuntersuchungen erschien. Die Daten eines weiteren Probanden/ einer weiteren Probandin mussten verworfen werden, da es im postoperativen Verlauf zu einem schulterassoziierten Trauma mit erneuter Operation kam.

Bei den verbliebenen 20 Probanden erfolgte die intraoperative Randomisierung von n= 9 Probanden zu der Operationsvariante 1 -Tenodese- sowie von n= 11 Probanden zu der Operationsvariante 2 -Tenotomie-. In der Abbildung 1 ist der Studienablauf anhand eines Flussdiagramms dargestellt.

Das Durchschnittsalter der Probanden mit Tenodese betrug zum Zeitpunkt der Operation $51,5 \pm 9,5$ Jahre, 77,8% der Probanden waren männlich. Bei 4 von den 9 Probanden war der dominante Arm betroffen.

Das Durchschnittsalter der Probanden mit Tenotomie betrug zum Zeitpunkt der Operation $52,8 \pm 8,0$ Jahre, 36,4% der Probanden waren männlich. Bei 5 von den 11 Probanden war der dominante Arm betroffen.

Die erste postoperative Verlaufskontrolle (follow-up 6 Monate) wurde nach $6,1 \pm 0,5$ Monaten durchgeführt. Die zweite postoperative Verlaufskontrolle (follow-up 12 Monate) wurde nach $13,4 \pm 2,3$ Monate durchgeführt.

**Demographische Daten
Probanden –Tenodese-**

Alter, Mittelwert (Spanne), Jahre	51,51 (37-63)
Geschlecht, männlich: weiblich, Anzahl	7:2
Dominanter Arm betroffen	44,4%

Tabelle 6 Demographische Daten Probanden OP-Variante 1

**Demographische Daten
Probanden –Tenotomie-**

Alter, Mittelwert (Spanne), Jahre	52,83 (36-62)
Geschlecht, männlich: weiblich, Anzahl	4:7
Dominanter Arm betroffen	45,4%

Tabelle 7 Demographische Daten Probanden OP-Variante 2

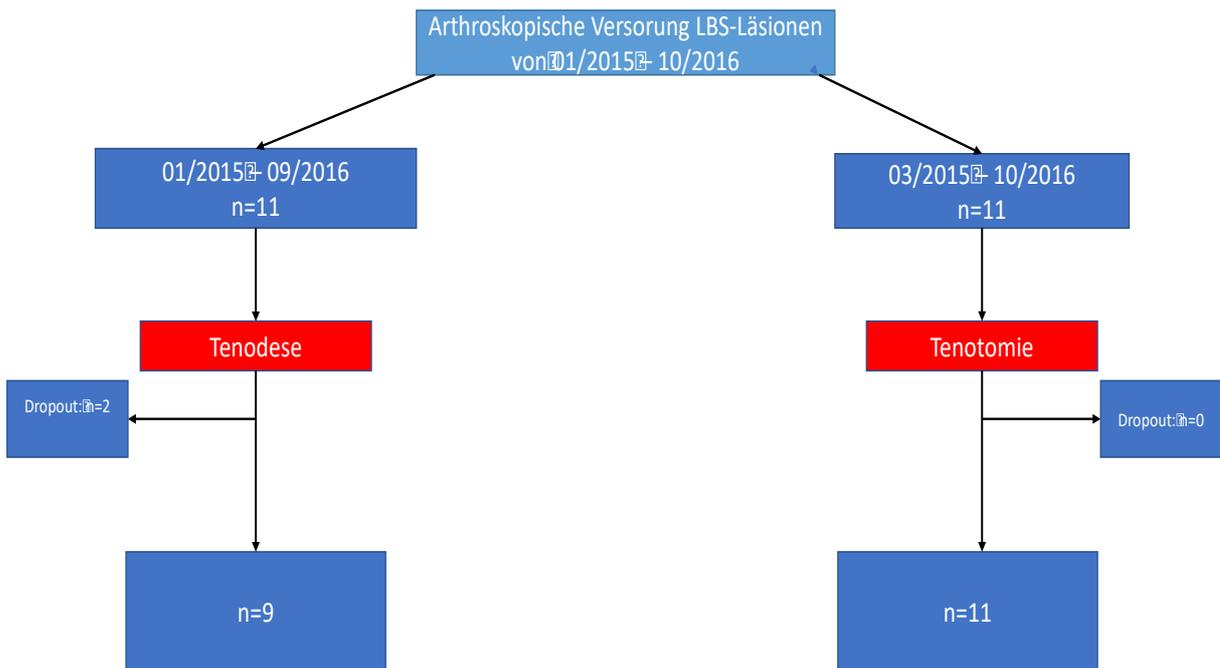


Abbildung 3 Flussdiagramm zum Studienablauf

2.2.1 Inspektion & klinische Untersuchung des Schultergelenks

Die klinische Untersuchung wurde zu jedem Messzeitpunkt in der Ambulanz der Orthopädischen Klinik am Universitätsklinikum Düsseldorf durchgeführt.

Zur Bestimmung der Distalisierung des Muskelbauchs wurde bei der klinischen Untersuchung der Abstand vom maximalen Punkt des Oberarmumfangs zum Epicondylus lateralis humeri in maximaler Anspannung in 90° Ellenbogenflexion und bei supiniertem Handgelenk gemessen (s. Abb.3).

Bei der präoperativen Datenerhebung wurde einmalig sowohl der betroffene Arm, als auch die gesunde Gegenseite untersucht. Bei den Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten wurde nur noch der operierte Arm gemessen.

Als positiver Nachweis zur Entstehung einer „Popeye-sign“-Deformität wurde eine Distalisierung des maximalen Oberarmumfangs um mehr als 20% gegenüber dem präoperativen Befund festgelegt.

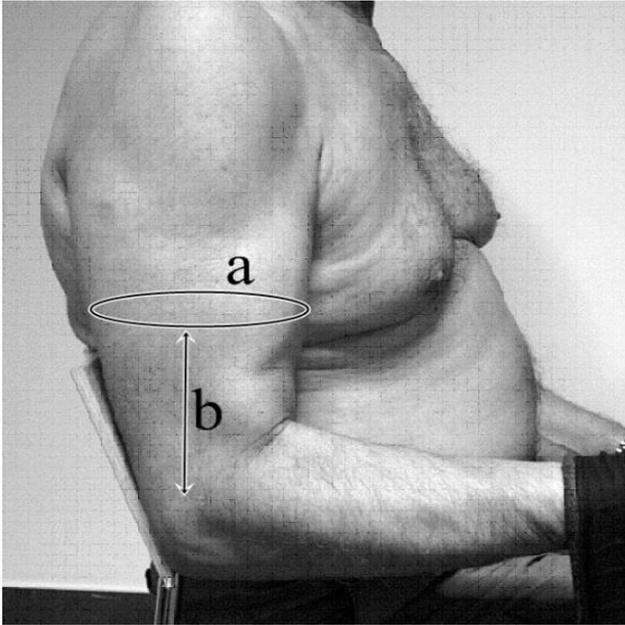


Abbildung 4 Darstellung der Oberarmmessung a) Umfangsmessung b) Distanzmessung Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf

2.2.2 Klinische Schultercores

Zu Evaluierung des postoperativen Verlaufs wurden bei beiden Operationsgruppen validierte Schultercores erhoben. Dabei wurden als standardisierte Scores der American Shoulder and Elbow Surgeons-, der Constant- Murley- und ein modifizierter LBS-Score sowie der Simple Shoulder Test erhoben.

2.2.2.1 Schulterfragebogen (ASES)

Im Jahr 1993 wurde der American Shoulder and Elbow Surgeons Score zur Evaluierung der Schulterfunktion eingeführt und stellt seitdem ein anerkanntes und häufig verwendetes Score-System dar [45, 46].

Unterteilt wird der Fragebogen, welcher größtenteils subjektive Befragungsparameter beinhaltet, in drei Abschnitte, wobei jeder Abschnitt sich mit einem übergeordneten Thema beschäftigt. Der erste Abschnitt befasst sich mit Fragen zum Thema „Schmerz“, der zweite mit Fragen zum Thema „Instabilität“ und der letzte Abschnitt beschäftigt sich mit Fragen zu „Aktivitäten des täglichen Lebens“. Die Antworten auf diese Fragen werden in ein Punktesystem übertragen. Anschließend erfolgt die Auswertung der Gesamtpunktzahl der Befragungsparameter anhand einer Formel:

$$[(10 - VAS) \times 5] + \frac{5}{3} \times ADL = \text{Score Wert}$$

2.2.2.2 Constant-Murley Score

Als Messinstrument und zur Beurteilung der Schulterfunktion wird der 1987, von Christopher Constant und Alan Murley entwickelte, Constant-Murley Score verwendet. Die Score-Erhebung umfasst sowohl subjektive, als auch objektive Parameter in einem Verhältnis von 35:65 Punkten (subjektiv: objektiv) [47]. Somit sind insgesamt maximal 100 Punkte erreichbar, wobei eine Korrelation zwischen einer hohen Gesamtpunktzahl und einer hohen Beweglichkeit der Schulter besteht.

Zu den subjektiven Parametern des Scores zählen die Punkte „Schmerz“ und „Alltagsaktivität“. Bei diesen Parametern steht die subjektive Wahrnehmung des Patienten im Vordergrund. Die Erfassung des Parameters „Schmerz“ (gemeint ist die durchschnittliche Schmerzempfindung innerhalb der letzten 7 Tage) wird anhand einer visuellen Analogskala (0-15 Punkte) erhoben. Bei der Skalierung gelten 15 Punkte als keine Schmerzen in der betroffenen Schulter.

Bei dem Punkt „Alltagsaktivität“ bewertet der Proband/ die Probandin die Auswirkungen seiner Schulterbeschwerden auf Aktivitäten des täglichen Alltages. In dieser Kategorie können maximal 20 Punkte erreicht werden, wobei der Proband/ die Probandin bei maximal erreichter Punktzahl in seinem täglichen Alltag durch seine betroffene Schulter nicht eingeschränkt ist.

Zu den objektiven Parametern des Scores zählen die Punkte „Bewegungsumfang“ und „Kraft“. Es werden die Bewegungsrichtungen: „Flexion“, „Abduktion“ sowie „Außen- und Innenrotation“ durch den Untersucher beurteilt. Bei jeder Bewegungsrichtung können bei uneingeschränkter Bewegung 10 Punkte erreicht werden. Somit sind in dieser Kategorie bei vollem Bewegungsumfang 40 Punkte erreichbar.

Mit Hilfe des mikroprozessorgesteuerten Kraftmessgeräts (IsoForceControl-Gerät, Medicial Device Solutions AG, Oberburg, Schweiz) wurde die Kraft in Jobe-Test-Position (90° Abduktion, 30° Anteversion in der Skapulaebene sowie der Unterarm in Pronationsstellung) gemessen. Anhand einer Formel wird die Kraftmessung in eine Punktzahl umgewandelt (max. 25 Punkte).

Die Summe aus den Werten der einzelnen Kategorien („Schmerz“, „Alltagsaktivität“, „Bewegungsumfang“ und „Kraft“) ergeben die Gesamtpunktzahl des Constant- Murley Scores.

Untersuchungsparameter	Punkte
Schmerz	0-15
Alltagsaktivität	0-20
Beweglichkeit	0-40
Kraft	0-25
Gesamtpunktzahl	Max. 100

Tabelle 8 Punktzahlverteilung der Einzelkategorien des Constant Murley- Scores

2.2.2.3 Simple Shoulder Test

Bei dem Simple Shoulder Test handelt es sich um einen Fragebogen, dessen zwölf dichotomen Fragen sich mit der Funktionalität der Schulter beschäftigen. Jede Frage, die mit „ja“ beantwortet wird ist, gleichzusetzen mit einem Punkt. Die maximal erreichbare Punktzahl bei diesem Test liegt bei 12 Punkte. Vergleichend zum Constant Murley Score beschäftigen sich auch die Fragen des Simple Shoulder Test mit den Bereichen „Schmerz“, „Funktionalität“ und „Bewegungsumfang“.

2.2.2.4 LBS-Score

In der vorliegenden Arbeit wurde ein modifizierter LBS-Score auf Grundlage des LBS-Scores von Scheibel et al. verwendet [48]. Die Score-Erhebung umfasste ausschließlich subjektive Parameter, die die Wahrnehmung des Probanden/ der Probandin auf die Therapieergebnisse abfragen. Dabei wurden zum einen das Auftreten von postoperative Schmerzen, Krämpfen sowie das äußere Erscheinungsbild und die Funktionsfähigkeit des Oberarms abgefragt. Zum anderen wurden Parameter zu täglichen Aktivitäten wie zum Beispiel Beeinträchtigung im beruflichen Alltag abgefragt. Abschließend wurde eine Frage zur Zufriedenheit des Probanden/ der Probandin mit dem Therapieverlauf gestellt. Insgesamt können mit dem LBS-Score 18 Punkte erreicht werden.

2.3 Anforderungen an den Messaufbau

Als entscheidender Faktor für die Datenerhebung galt es einen standardisierten Messaufbau zu generieren, welcher zu jedem Messzeitpunkt auf dieselbe Art und Weise aufgebaut werden konnte. Dabei sollte die Möglichkeit bestehen, die Messungen beliebig häufig zu wiederholen, ohne den vermeintlichen Einfluss von Störfaktoren zu verändern. Dies stellte bei den häufigen Messwiederholungen aus verschiedenen Positionen einen wichtigen Faktor zur Evaluierung der Kraftentwicklung im postoperativen Verlauf dar.

Für die Kraftmessungen der Ellenbogenflexionskraft und der Kraft in der Jobe-Position für den Constant-Murley-Score wurden das mikroprozessorgesteuerte IsoForceControl-Gerät (Medical Device Solutions AG, Oberburg, Schweiz) verwendet. Zur Messung der Supinationskraft wurde ein geeichter elektronischer Drehmomentmesser (V1760, Hebesberger, Neuhofen (AT), T-Griff BDS ¼ Zoll) eingesetzt.

Bei der präoperativen Untersuchung wurden die Messungen einmalig zusätzlich an der kontralateralen Seite durchgeführt.

2.3.1 Messung der Ellenbogenflexions- und Supinationskraft

Zu jedem Untersuchungszeitpunkt erfolgte die standardisierte Kraftmessung mit dem oben genannten IsoForceControl-Gerät.

Dabei wurde die Ellenbogenflexionskraft in 90°- Beugung am sitzenden Probanden sowie bei 10°-Ellenbogenflexion am stehenden Patienten durchgeführt.

Das Messungsintervall betrug 5 Sekunden. Für die statistische Analyse wurde zum einen die maximale Kraft in Newton, zum anderen die durchschnittliche Kraft in Newton ermittelt.

Die Messung der Supinationskraft erfolgte bei 90°-Ellenbogenflexion aus zwei unterschiedlichen Positionen am sitzenden Probanden. Als Ausgangspunkt für die erste Messung diente die Neutralstellung des Unterarmes. Bei der zweiten Messung wurde die Pronationsstellung des Unterarmes gewählt. Die Messung in der jeweiligen Position wurde insgesamt 3 Mal durchgeführt und für die statistische Auswertung wurde der Mittelwert aus diesen Messungen verwendet.

2.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit SPSS in der Version 24.0. Zur Literaturverwaltung wurde bei dieser Arbeit das Literaturverwaltungsprogramm „EndNote X8 in der aktuellsten Version verwendet. Anbei werden die, für diese Arbeit, verwendeten statistischen Verfahren dargestellt. Fortwährend werden Mittelwerte und Standardabweichung mit $M \pm SD$ angegeben. Als statistisches Signifikanzniveau für alle verwendeten Testverfahren wurde $p < 0,05$ angelegt.

	Abkürzung	p-Wert
nicht signifikant	n.s.	$p > 0,05$
signifikant	s*	$p < 0,05$
sehr signifikant	s**	$p < 0,01$

Tabelle 9 Signifikanzniveau und zugehöriger p-Wert

Zu Beginn der statistischen Auswertung erfolgte die Überprüfung auf Normalverteilung aller Stichproben mittels Kolmogorow-Smirnow-Test, durch Betrachtung der Histogramme sowie durch die Bestimmung von Schiefe und Exzess. Dies stellt die Grundlage für die weitere Auswertung der parametrischen Testverfahren dar. Bei einem nicht signifikanten Ergebnis ($p > 0,05$) im Kolmogorow-Smirnow-Test kann von einer normalverteilten Stichprobe ausgegangen werden. Für die Bestimmung von Schiefe und Exzess werden, bei normalverteilten Stichproben, Werte nahe Null erwartet.

Bei nicht-normalverteilten Stichproben wurde der Wilcoxon Matched-Pairs Test gewählt

Es erfolgte eine Überprüfung aller erhobener Kraftmessungen sowie der patientenbezogenen klinischen Schulderscores auf Signifikanz zwischen der betroffenen oberen Extremität und der vermeintlich gesunden Gegenseite.

Als parametrisches Testverfahren zur Analyse von Differenzen zwischen Mittelwerten zweier Stichproben wird der T-Test als Verfahren zum Mittelwertvergleich durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit wurde der T-Test für abhängige Stichproben durchgeführt, welcher jeweils innerhalb einer Probandengruppen (Operationsvariante 1 bzw. Operationsvariante 2) verwendet wurde, um einen Vergleich der Mittelwerte zwischen verschiedenen Zeitpunkten (präoperativ, 6 und 12 Monate postoperativ)

oder zwischen verschiedenen Körperseiten (krank vs. gesund) zu ermitteln. Anhand des T-Testes konnte somit eine Aussage darüber getroffen werden, ob präoperativ ein signifikanter Unterschied bei den Kraftmessungen zwischen der betroffenen oberen Extremität und der Gegenseite vorlag. Des Weiteren wurde mittels T-Test für abhängige Stichproben darauf geachtet, ob bei den postoperativen Verlaufskontrollen weiterhin signifikante Kraftunterschiede zwischen dem operierten Arm und der Gegenseite auffielen. Der Mittelwertvergleich zeigte zudem an, ob im postoperativen Verlauf weiterhin signifikante Unterschiede bei der Erhebung der patientenbezogenen klinischen Schulderscores am operierten Arm auffielen.

Zur quantitativen Analyse der Zusammenhänge zwischen der Operationsvariante und den patientenbezogenen klinischen Schulderscores sowie den ermittelten Kraftmessungen wurde, für die jeweiligen Messpositionen, eine bivariate Regressionsanalyse durchgeführt. Dadurch konnte dargestellt werden, ob ein signifikanter Unterschied bei den erhobenen Mittelwerten der Kraftmessungen im postoperativen Verlauf zwischen den beiden Untersuchungsgruppen vorliegt. Anhand der bivariate Regressionsanalyse kann somit festgestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen unabhängiger Variabel (Operationsvariante) und abhängiger Variabel (Kraftmessung) vorliegt und wie stark dieser Einfluss ist. Voraussetzung für die Anwendung einer einfachen Regressionsanalyse sind intervallskalierte Variablen sowie ein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen.

3 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dargestellt. Dafür wurde das Kapitel in zwei Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt wird die Normalverteilung der erhobenen Daten und die Alters- und Geschlechterverteilung des Probandenkollektivs dargestellt sowie eine Betrachtung der anthropometrischen Messgrößen vorgenommen.

Der zweite Abschnitt des Kapitels befasst sich zum einen mit der Präsentation der Ergebnisse von präoperativ und postoperativ erhobenen klinischen Schulderscores mit Erhebung der subjektiven Eigenbeurteilung der Patientenzufriedenheit sowohl anhand einer visuellen Schmerzskala als auch mittels einer Freitextfrage im oben dargestellten LBS-Score. Zudem erfolgt die Darstellung der Messergebnisse für Ellenbogenflexions- und Supinationskraft jeweils für beide Untersuchungsgruppen. Zum anderen erfolgt eine vergleichende Darstellung der Messergebnisse zwischen den beiden Untersuchungsgruppen.

3.1 Normalverteilung der erhobenen Daten

Sowohl die erhobenen Daten aus den klinischen Schulderscores, als auch die Daten aus den Kraftmessungen wurden zu Beginn der statistischen Analyse auf Normalverteilung hin untersucht. Bereits die Inspektion der Histogramme sowie der Q-Q-Diagramme deuteten auf das Vorliegen einer Normalverteilung hin (Abb.5 und Abb.6).

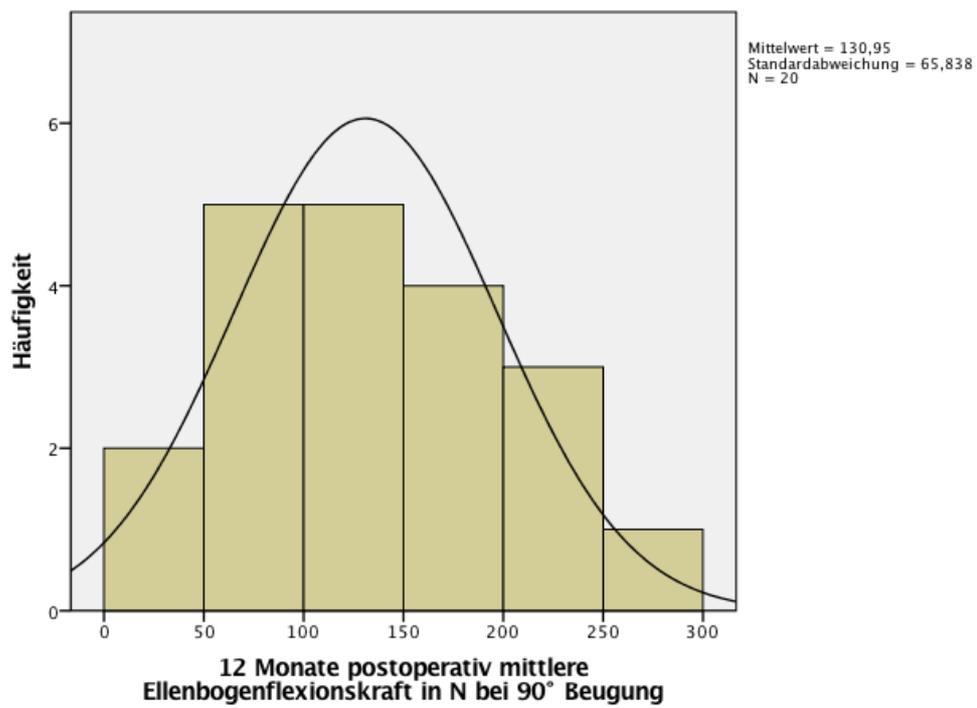
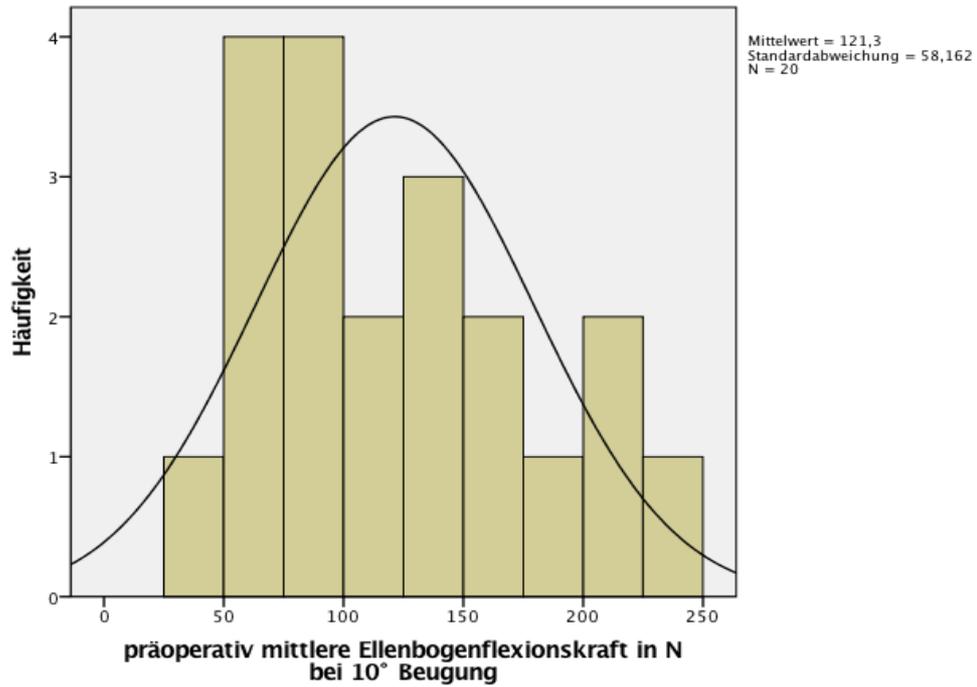
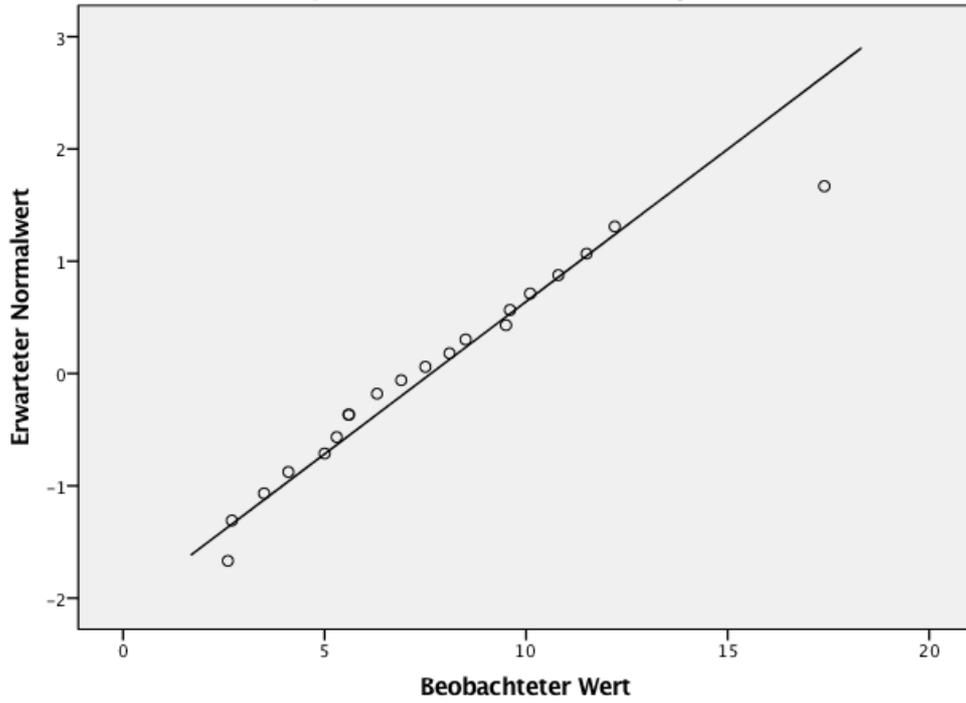


Abbildung 5 Histogramme zum Nachweis einer Normalverteilung

Normalverteiltes Q-Q-Diagramm von 12 Monate postoperative
Supinationskraft Neutralstellung



Q-Q-Diagramm von Constant-Murley Score

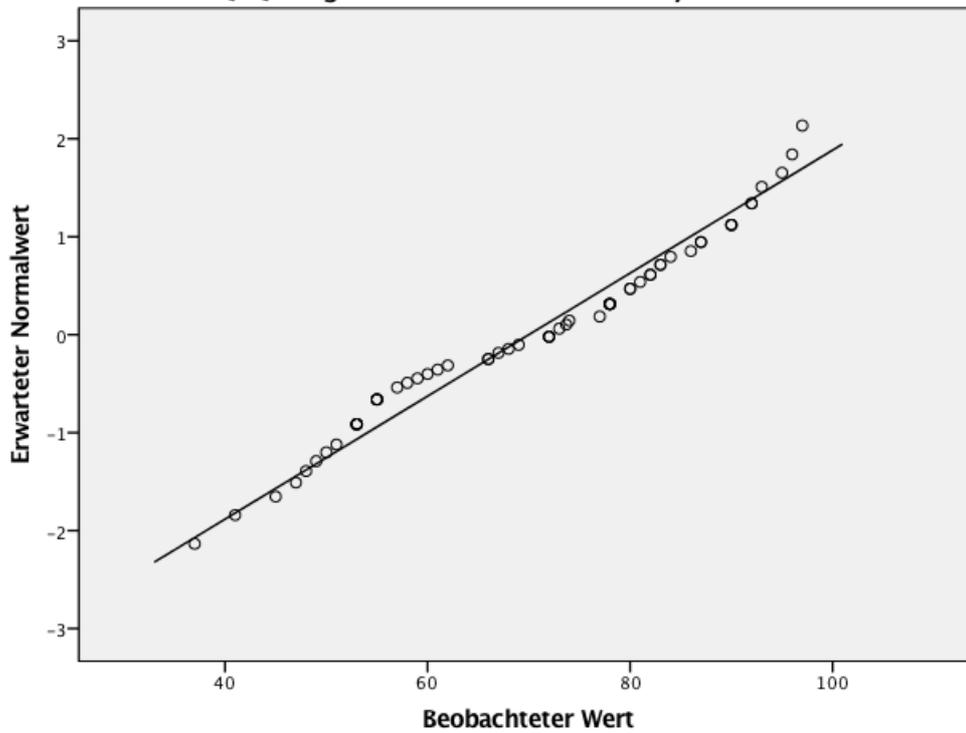


Abbildung 6 Q-Q-Diagramme zum Nachweis einer Normalverteilung

Zur Untermauerung dieser Annahme wurden die Angabe des Kolmogorow-Smirnow-Tests betrachtet, welcher die Annahme bestätigen konnten. Die Tabelle 5 stellt einen Auszug des Kolmogorow-Smirnow-Tests dar.

	STATISTIK	DF	SIGNIFIKANZ
UMFANG PRÄ-OP.	0,180	20	0,089
UMFANG POST-OP.	0,145	20	0,200
CMS	0,110	60	0,068
ASES	0,112	60	0,057

Tabelle 10 Auszug Kolmogorow-Smirnow-Test zum Nachweis einer Normalverteilung der Daten. CMS= Constant-Murley-Score; ASES= American Shoulder and Elbow Surgeons Score

3.2 Alters-/ und Geschlechterverteilung des Probandenkollektivs

Während des Behandlungsintervalls von Januar 2015 bis Oktober 2016 konnten die Daten von 20 Probanden in die Studie einbezogen werden, welche ein Durchschnittsalter von 52,0 Jahren und eine Altersspanne zwischen 36 - 63 Jahren aufwiesen. Das mittlere Alter in der Tenodesese-Gruppe betrug $51,5 \pm 9,5$ Jahre im Vergleich zu $52,8 \pm 9$ Jahre in der Tenotomie-Gruppe.

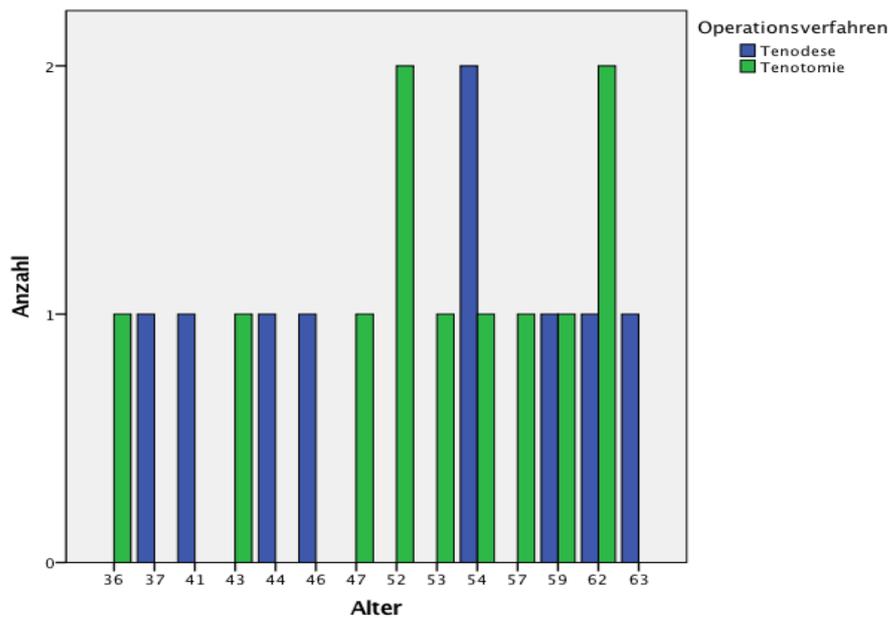


Abbildung 7 Altersübersicht der Probanden

Bei der Geschlechterverteilung lag ein diskretes Ungleichgewicht von 11 Männern zu 9 Frauen vor.

Zu dem Operationsverfahren Tenodese wurden 9 Probanden sowie zu dem Operationsverfahren Tenotomie 11 Probanden randomisiert.

Dabei kam es in der Tenodese-Gruppe zu einem Verhältnis von 7 Männern zu 2 Frauen, was einem prozentualen Männeranteil von 77,8% entspricht.

Im Vergleich dazu lag in der Tenotomie-Gruppe das Geschlechterverhältnis der Probanden auf Seiten der Frauen mit 7 Frauen zu 4 Männern und einem deutlich geringeren prozentualen Männeranteil im Verhältnis zur Tenodese-Gruppe mit 36,4 %.

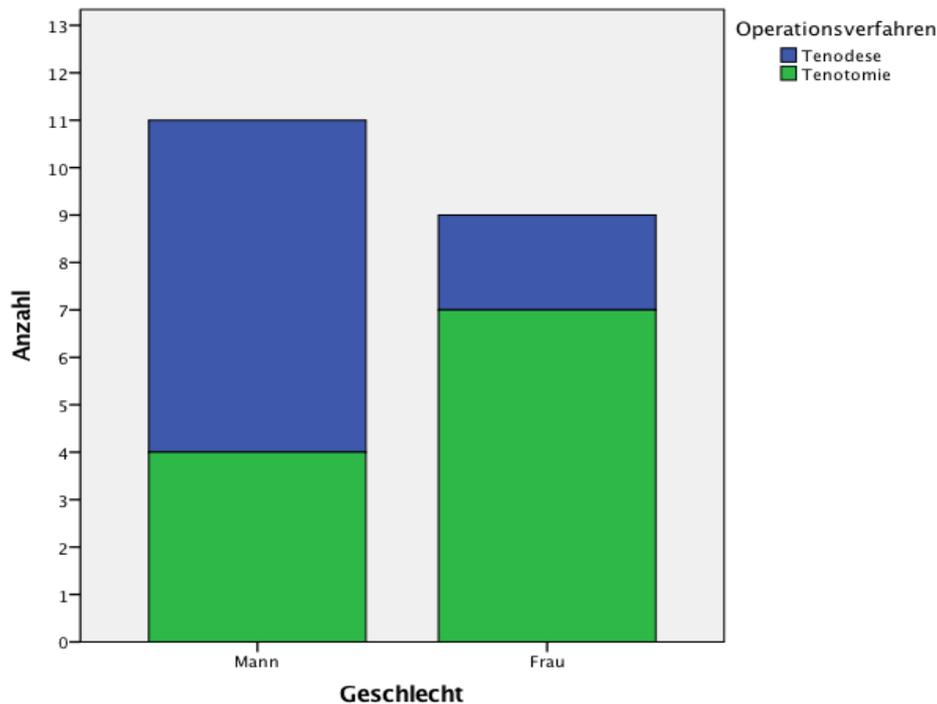


Abbildung 8 Probandenkollektiv nach Geschlecht- und Gruppenzugehörigkeit

3.3 Anthropometrische Messgrößen beider Untersuchungsgruppen

3.3.1 Seitenverhältnis (dominanter/nicht-dominanter Arm)

Bereits während der präoperativen Erstuntersuchung der Probanden erfolgte die Erhebung der behandlungsbedürftigen Armseite mit der Quantifizierung, ob der dominante Arm des Probanden behandelt wird.

Dabei wurde bei 9 von 20 eingeschlossenen Probanden der dominante Arm behandelt, was einen prozentualen Anteil von 45% entspricht.

In den einzelnen Behandlungsgruppen lag der prozentuale Anteil bei der Behandlung der dominanten Armseite bei nahezu identischen Werten. So waren in der Tenodese-Gruppe bei 44,4% und in der Tenotomie-Gruppe bei 45,4% der dominante Arm betroffen (s. Abb. 9).

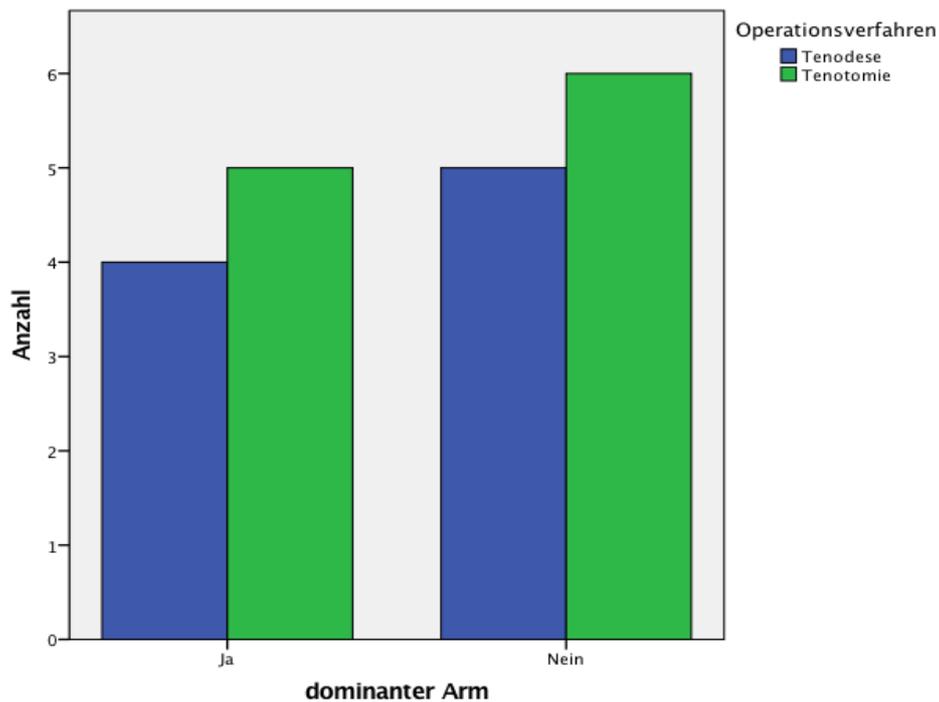


Abbildung 9 numerische Verteilung der "Dominanz" innerhalb der Probandengruppen

Bei der vergleichenden Analyse zwischen den Probandengruppen, bei denen die Operation am dominanten Arm durchgeführt wurde und denen, die am nicht-dominanten Arm operiert wurden, zeigten sich bei den patientenbezogenen klinischen Schulderscores sowie bei den Messungen der Ellenbogenflexionskraft nicht signifikante Unterschiede zwischen den erhobenen Score-Punkten und den Kraftmessungen (s. Abb.9 und Abb.10). Kriterien, die eine statistische Signifikanz nachweisen würden, konnten mittels T-Test für unabhängige Stichproben nicht erfüllt werden.

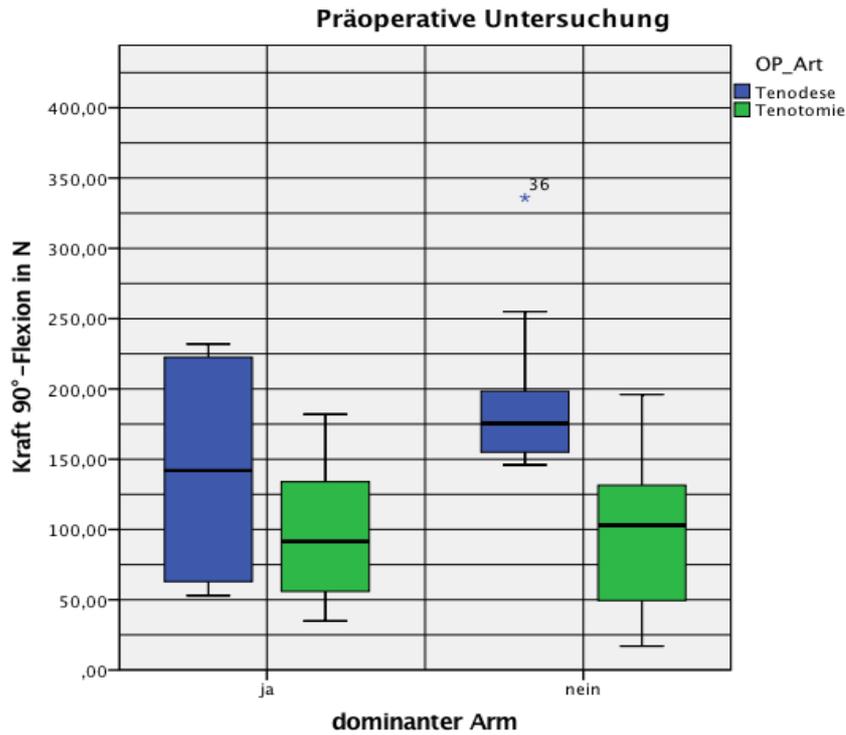


Abbildung 10 Vergleich Kraftmessung in 90°-Flexion zwischen Probandengruppen "dominanter Arm vs. nicht-dominanter Arm"

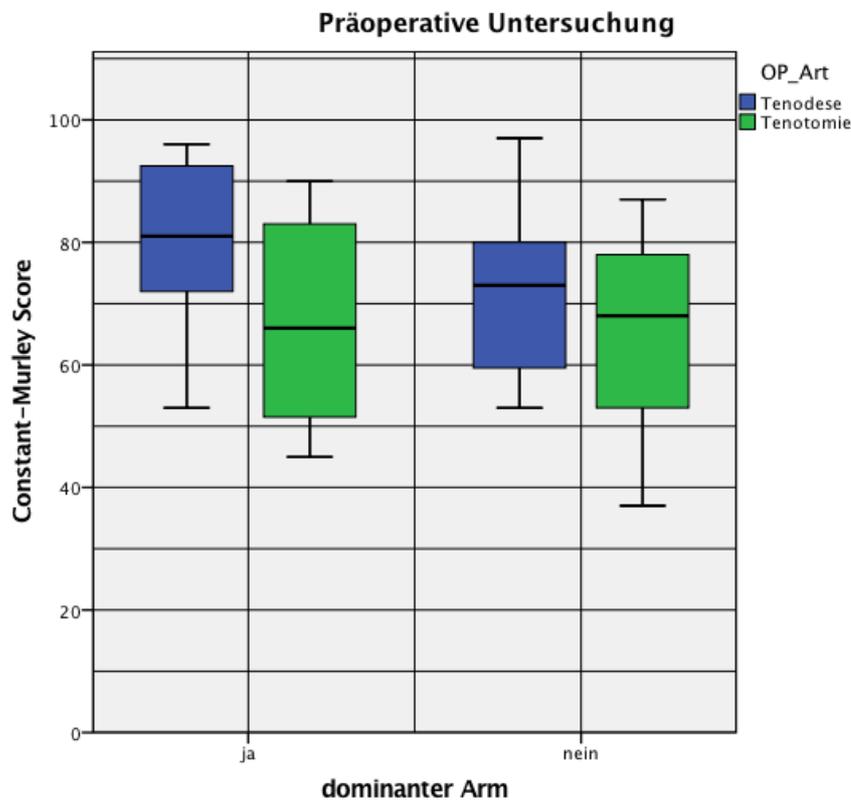


Abbildung 11 Vergleich Gesamtpunktzahl CMS-Score zwischen Probandengruppen "dominanter Arm vs. nicht-dominanter Arm"

3.3.2 Oberarmumfang

Die Messung des Oberarmumfangs auf der operierten Seite bei maximaler Bizepskontraktion betrug zum präoperativen Zeitpunkt im Durchschnitt bei dem Probandenkollektiv mit der Operationsvariante Tenodese $33,1 \pm 2,6$ cm. Die nicht operierte Gegenseite wies einen durchschnittlichen Umfang von $33,7 \pm 3,5$ cm auf. Im postoperativen Verlauf verringerte sich der Oberarmumfang bis auf $32,7 \pm 3,3$ cm.

Bei dem Probandenkollektiv mit der Operationsvariante Tenotomie betrug zum präoperativen Zeitpunkt die Messung des Oberarmumfangs auf der operierten Seite bei maximaler Bizepskontraktion $35,4 \pm 5,8$ cm. Bei der nicht operierten Gegenseite wurde ein durchschnittlicher Oberarmumfang von $35,9 \pm 5,7$ cm dokumentiert. Die postoperative Kontrolle nach 12 Monaten lag mit $35,4 \pm 6,0$ cm genau auf dem Niveau der präoperativen Messung.

Umfang	Präoperativ	Postoperativ	Gesunde Seite
Tenodese	$33,11 \pm 2,61$	$32,79 \pm 3,31$	$33,33 \pm 3,47$
Tenotomie	$35,36 \pm 5,77$	$35,36 \pm 5,97$	$35,91 \pm 5,73$

Tabelle 11 Umfang im postoperativen Verlauf nach Tenodese oder Tenotomie. Alle Angaben in cm.

Mittels T-Test für verbundene Stichproben konnte präoperativ für beide Operationsvarianten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (p-Wert Tenodese = 0,258 / P-Wert Tenotomie = 0,272). Auch bei den Folgemessungen nach 6 und 12 Monaten konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (p-Wert Tenodese = 0,119 / p-Wert Tenotomie = 0,222).

3.3.3 Distalisierung des Muskelbauches

Zur Verifizierung einer möglichen Distalisierung des Muskelbauches wurde präoperativ sowie bei den Folgeuntersuchungen die Distanz zwischen dem Punkt des maximalen Bizepsumfangs und dem Epicondylus lateralis humeri gemessen.

In der Tenodese-Gruppe lag die durchschnittliche Distanz bei $15,1 \pm 3,0$ cm. Bei einem Probanden betrug die Distalisierung des maximalen Oberarmumfangs mehr als 20%. Sowohl bei der Folgemessung nach 6 Monaten, als auch bei der Messung nach 12 Monaten konnten jedoch keine signifikanten Distalisierungen ($p=0,44$) nachgewiesen

werden. 12 Monate postoperativ lagen die Mittelwerte der Distalisierung bei $14,9 \pm 2,7$ cm. Die Differenz der Mittelwerte zwischen präoperativ und 12 Monate postoperativ erhobenen Werte lag bei $0,2 \pm 0,7$ cm.

In der Tenotomie-Gruppe lag die durchschnittliche Distanz bei der präoperativen Messung bei $12,4 \pm 1,2$ cm. Bei drei Probanden konnte, bei den Folgemessungen nach 6 und 12 Monaten, eine Distalisierung um mehr als 20% nachgewiesen werden. Eine signifikante Distalisierung ($p=0,59$) konnte nicht nachgewiesen werden. Die Mittelwerte der Distalisierung, bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten, lagen mit Werten um $12,4 \pm 1,3$ cm nahezu auf dem Niveau der präoperativen Messung. Demzufolge betrug die Differenz der Mittelwerte zwischen präoperativen und 12 Monate postoperativen Messung $0,1 \pm 0,3$ cm.

Distanz prä-vs. postoperativ	Delta MW	MW präoperativ	MW postoperativ	T-Test	Signifikanz
Tenodese	0,19±0,65	15,06±2,98	14,88±2,66	0,814	0,442
Tenotomie	0,05±0,27	12,41±1,20	12,36±1,27	0,599	0,588

Tabelle 62 Distalisierung M. biceps brachii nach Tenodese oder Tenotomie

3.4 Klinische Schulter scores beider Probandengruppen

3.4.1 ASES-Score

Die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese erreichte zum präoperativen Zeitpunkt einen Mittelwert von $48,7 \pm 14,8$ von maximal 100 erreichbaren Punkten. Bereits bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten erzielten die Probanden einen signifikant verbesserten Mittelwert von $85,9 \pm 15,5$ (s^{**}). Eine weitere signifikante Steigerung des Mittelwertes auf $95,2 \pm 10,8$ (s^{**}) konnte bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten dokumentiert werden (s. Tab.12).

Die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenotomie erreichte zum präoperativen Zeitpunkt einen Mittelwert von $45,9 \pm 20,8$ Punkten. Zum Zeitpunkt der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten konnte eine signifikante Verbesserung des Mittelwertes auf $68,6 \pm 22,5$ (s^{**}) notiert werden. Bei der Folgemessung nach 12 Monaten konnte eine weitere signifikante Verbesserung des Scores auf $76,9 \pm 20,3$ (s^{**}) gezeigt werden (s. Tab.12).

ASES	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	48,7±14,8	85,9±15,5	0,000
Tenotomie	45,9±20,8	68,6±22,5	0,009
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	48,7±14,8	95,2±10,8	0,000
Tenotomie	45,9±20,8	76,9±20,3	0,002

Tabelle 13 Deskriptive Statistik des Schulterfragebogens (ASES)

Zur Eruierung, ob im postoperativen Verlauf ein signifikanter Unterschied bei den erhobenen Mittelwerten zwischen den beiden Untersuchungsgruppen vorlag, wurde eine einfache Regressionsanalyse durchgeführt (s. Tab.13).

ASES	Δ TD vs. TN	Δ MW Tenodese	Δ MW Tenotomie	Signifikanz
Post-OP 6 Monate				
	29,2±20,6	37,2±14,4	22,6±23,2	0,054
Post-OP 12 Monate				
	38,0±21,6	46,6±14,9	31,0±24,3	0,066

Tabelle 14 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf den Schulterfragebogen der American Shoulder and Elbow Surgeons Society

Die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese erzielten eine Punktedifferenz von 37,2±14,4 Punkte zwischen dem präoperativen Zeitpunkt und der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten.

Bei der Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenotomie betrug die Punktedifferenz zwischen der präoperativen Score-Erhebung und der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten 22,6±23,2 Punkte.

Die Probanden von beiden Operationsverfahren zusammengefasst erzielten bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten eine Punktedifferenz von 29,2±20,6 Punkten.

Für die vorhandene Diskrepanz zwischen den Punktedifferenzen, bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten, der einzelnen Operationsverfahren konnte mittels der linearen Regression jedoch knapp kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (p= 0,054).

Zwischen der präoperativen Score-Erhebung und der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten konnte bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese eine

Punktedifferenz von $46,6 \pm 14,9$ Punkten dokumentiert werden, wohingegen bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie eine Punktedifferenz von $31,0 \pm 24,3$ Punkten notiert wurde.

Erneut fehlte ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Probandengruppen.

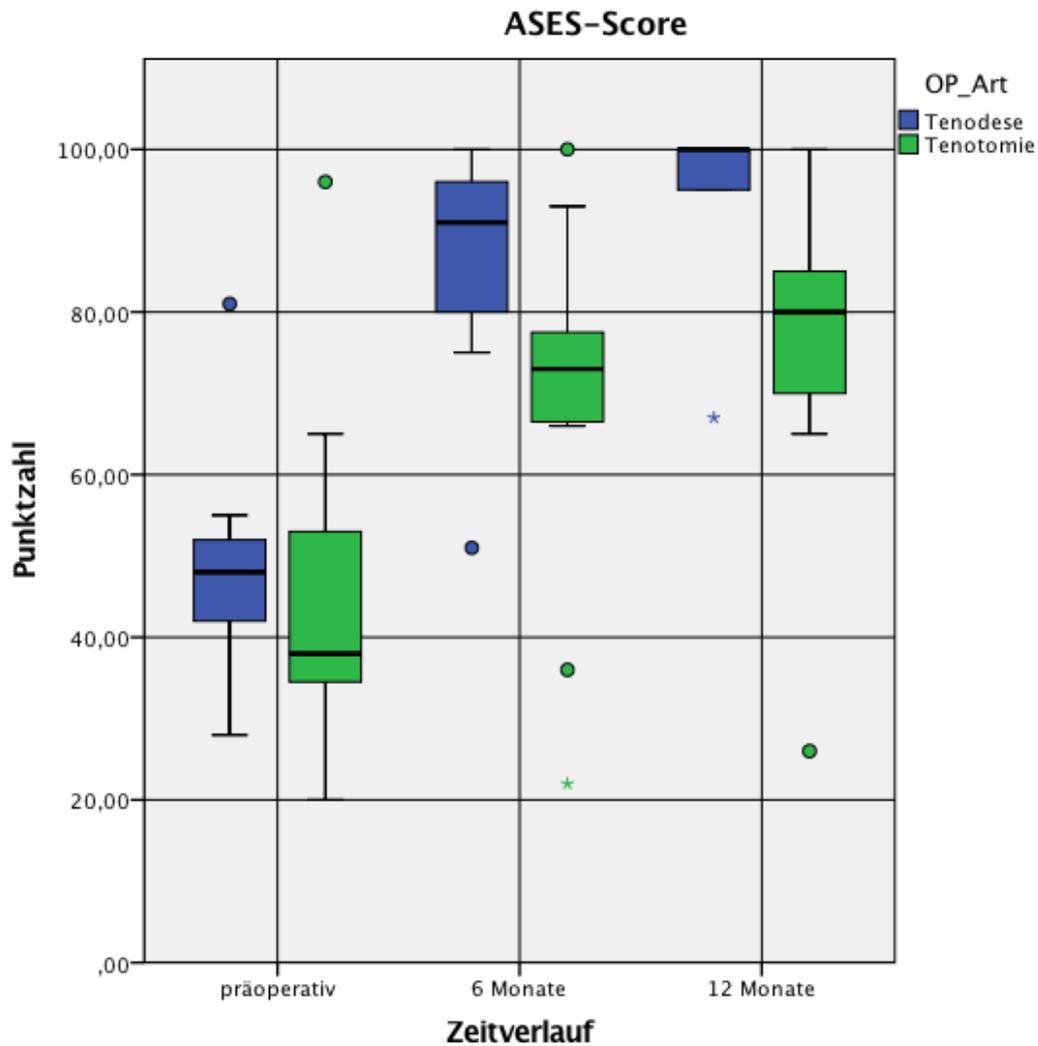


Abbildung 12 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Schulterfragebogen der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

3.4.2 Constant Murley-Score

Im folgenden Unterkapitel erfolgt die Betrachtung der erreichten Gesamtpunktzahlen im Constant Murley-Score sowie die Evaluierung der Score-Punkte in den einzelnen Subkategorien zwischen dem präoperativen Zeitpunkt und den Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten.

In der Subkategorie „Schmerz“ erzielten zum präoperativen Zeitpunkt die Probanden aus der Operationsgruppe Tenodese einen Mittelwert von $8,2 \pm 2,4$ Punkte bei maximal 15 erreichbaren Punkten. Nach 6 Monaten konnte bei den Probanden ein Mittelwert von $12,1 \pm 3,6$ Punkte verzeichnet werden. Somit konnte zwischen der präoperativen und der postoperativen Messung nach 6 Monaten eine Punktedifferenz von $3,9 \pm 4,8$ Punkte notiert werden und mittels T-Test für verbundene Stichproben eine signifikante Verbesserung (s^{**}) nachgewiesen werden. Bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten erreichten die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese in der Subkategorie „Schmerz“ $14,6 \pm 0,9$ Punkte und eine signifikante Verbesserung (s^*) der Mittelwertdifferenz von $6,3 \pm 2,7$ Punkte im Vergleich zur präoperativen Score-Erhebung (s. Tab.10/11).

Von maximal 20 erreichbaren Punkten in der Subkategorie „ADL- Aktivität des täglichen Alltags“ erzielten die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese bei der präoperativen Befragung $10,9 \pm 2,9$ Punkte. Bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten konnte eine sehr signifikante Verbesserung (s^{**}) des Scores auf $16,4 \pm 3,6$ Punkte verzeichnet werden. Dieser Effekt bestätigte und verbesserte sich nochmal signifikant (s^{**}) bei der postoperativen Untersuchung nach 12 Monaten, bei welcher die Probanden durchschnittlich $18,7 \pm 2,0$ Punkte in der Subkategorie „Aktivität des täglichen Alltags“ erzielten. Die durchschnittliche Punktedifferenz zwischen präoperativen und postoperativen Zeitpunkt nach 12 Monaten betrug $7,8 \pm 3,4$ Punkte (s. Tab. 10/11).

Im Abschnitt „Bewegung“ wurden bei der präoperativen Befragung $29,3 \pm 6,7$ Punkte für die Probanden notiert. Nach 6 Monaten verbesserte sich der Score signifikant (s^*) auf $35,8 \pm 3,4$ Punkte und stieg signifikant (s^{**}) bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten auf $39,1 \pm 1,5$ Punkte an. Die Punktedifferenz zwischen den Mittelwerten zum präoperativen Zeitpunkt und den Mittelwerten der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten betrug $9,8 \pm 6,7$ Punkte (s. Tab. 10/11).

Von 25 möglichen Punkten in der Kategorie „Kraft“ lag bei der präoperativen Erhebung der Mittelwert, für die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese, bei $11,7 \pm 4,5$ Punkte. Bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten erfolgte zwar eine Verbesserung in der Kategorie „Kraft“ auf $13,9 \pm 4,9$ Punkte, es konnte jedoch keine Signifikanz nachgewiesen werden. Nach weiteren 6 Monaten konnte allerdings eine signifikante (s^*) Verbesserung in dieser Kategorie mit einem Mittelwert von $15,9 \pm 4,9$ Punkte nachgewiesen werden (s. Tab. 14/15).

Für die Gesamtpunktzahl im Constant Murley-Score wurden zur präoperativen Befragung für die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese $60,1 \pm 8,5$ Punkte von 100 möglichen Punkten dokumentiert. Durch die Verbesserungen in den einzelnen Subkategorien stieg die Gesamtpunktzahl sehr signifikant (s^{**}) nach 6 Monaten auf $77,1 \pm 10,2$ Punkte an, mit einer Mittelwertdifferenz von $17,6 \pm 8,1$ Punkten. Bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten verbesserte sich, weiterhin sehr signifikant (s^{**}), die Gesamtpunktzahl auf $88,1 \pm 11,1$ Punkte (s. Tab. 14/15).

Prä-OP kranke Seite vs. FU 6M.	Δ MW	Prä-OP MW krank	FU 6M. MW krank	Signifikanz
Tenodese				
CMS- Gesamt	$17,6 \pm 8,1$	$60,1 \pm 8,5$	$77,7 \pm 10,2$	0,000
CMS- Schmerz	$3,9 \pm 4,8$	$8,2 \pm 2,4$	$12,1 \pm 3,6$	0,040
CMS- ADL	$5,6 \pm 2,9$	$10,9 \pm 2,9$	$16,4 \pm 3,6$	0,000
CMS- Bewegung	$6,4 \pm 6,5$	$29,3 \pm 6,7$	$35,8 \pm 3,4$	0,017
CMS- Kraft	$2,2 \pm 3,5$	$11,7 \pm 4,5$	$13,9 \pm 4,9$	0,096

Tabelle 15 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv -Tenodese- zur Folgeuntersuchung nach 6 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert

Prä-OP kranke Seite vs. FU 12M.	Δ MW	Prä-OP MW krank	FU 12M. MW krank	Signifikanz
Tenodese				
CMS- Gesamt	$28,0 \pm 8,6$	$60,1 \pm 8,5$	$88,1 \pm 11,1$	0,000
CMS- Schmerz	$6,3 \pm 2,7$	$8,2 \pm 2,4$	$14,6 \pm 0,9$	0,000
CMS- ADL	$7,8 \pm 3,4$	$10,9 \pm 2,9$	$18,7 \pm 2,0$	0,000
CMS- Bewegung	$9,8 \pm 6,7$	$29,3 \pm 6,7$	$39,1 \pm 1,5$	0,002
CMS- Kraft	$4,2 \pm 2,9$	$11,7 \pm 4,5$	$15,9 \pm 4,9$	0,002

Tabelle 16 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv -Tenodese- zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert

In der Subkategorie „Schmerz“ erzielten zum präoperativen Zeitpunkt die Probanden aus der Operationsgruppe Tenotomie einen Mittelwert von $8,5 \pm 3,5$ Punkte bei maximal 15 erreichbaren Punkten. Nach 6 Monaten konnte bei den Probanden ein Mittelwert von $12,1 \pm 3,3$ Punkte verzeichnet werden. Somit konnte zwischen der präoperativen und der postoperativen Messung nach 6 Monaten eine Punktedifferenz von $3,6 \pm 4,0$ Punkte notiert werden und mittels T-Test für verbundene Stichproben eine signifikante Verbesserung (s^*) nachgewiesen werden. Bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten erreichten die Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie in der Subkategorie „Schmerz“ $12,6 \pm 4,2$ Punkte und eine signifikante Verbesserung (s^{**}) der Mittelwertdifferenz von $4,2 \pm 5,3$ Punkte im Vergleich zur präoperativen Score-Erhebung (s. Tab.12/13).

Von maximal 20 erreichbaren Punkten in der Subkategorie „ADL-Aktivität des täglichen Alltags“ erzielten die Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei der präoperativen Befragung $7,9 \pm 3,3$ Punkte. Bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten konnte eine signifikante Verbesserung (s^*) des Scores auf $13,6 \pm 4,3$ Punkte verzeichnet werden. Dieser Effekt bestätigte und verbesserte sich nochmal signifikant (s^{**}) bei der postoperativen Untersuchung nach 12 Monaten, bei welcher die Probanden durchschnittlich $15,9 \pm 3,5$ Punkte in der Subkategorie „Aktivität des täglichen Alltags“ erzielten. Die durchschnittliche Punktedifferenz zwischen dem präoperativen und postoperativen Zeitpunkt nach 12 Monaten betrug $8,0 \pm 4,1$ Punkte (s. Tab. 16/17).

Im Abschnitt „Bewegung“ wurden bei der präoperativen Befragung $26,2 \pm 5,7$ Punkte für die Probanden notiert. Nach 6 Monaten verbesserte sich der Score signifikant (s^*) auf $33,6 \pm 4,8$ Punkte und stieg signifikant (s^{**}) bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten auf $37,8 \pm 3,4$ Punkte an. Die Punktedifferenz zwischen den Mittelwerten zum präoperativen Zeitpunkt und den Mittelwerten der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten betrug $11,6 \pm 8,7$ Punkte (s. Tab. 16/17).

Von 25 möglichen Punkten in der Kategorie „Kraft“ lag bei der präoperativen Erhebung der Mittelwert, für die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenotomie, bei $8,4 \pm 5,8$ Punkte. Bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten erfolgte zwar eine Verbesserung der Kategorie „Kraft“ auf $9,2 \pm 4,5$ Punkte, es konnte jedoch keine Signifikanz nachgewiesen werden. Nach weiteren 6 Monaten konnte allerdings eine signifikante (s^*) Verbesserung in dieser Kategorie mit einem Mittelwert von $11,0 \pm 5,2$ Punkte nachgewiesen werden (s. Tab. 16/17).

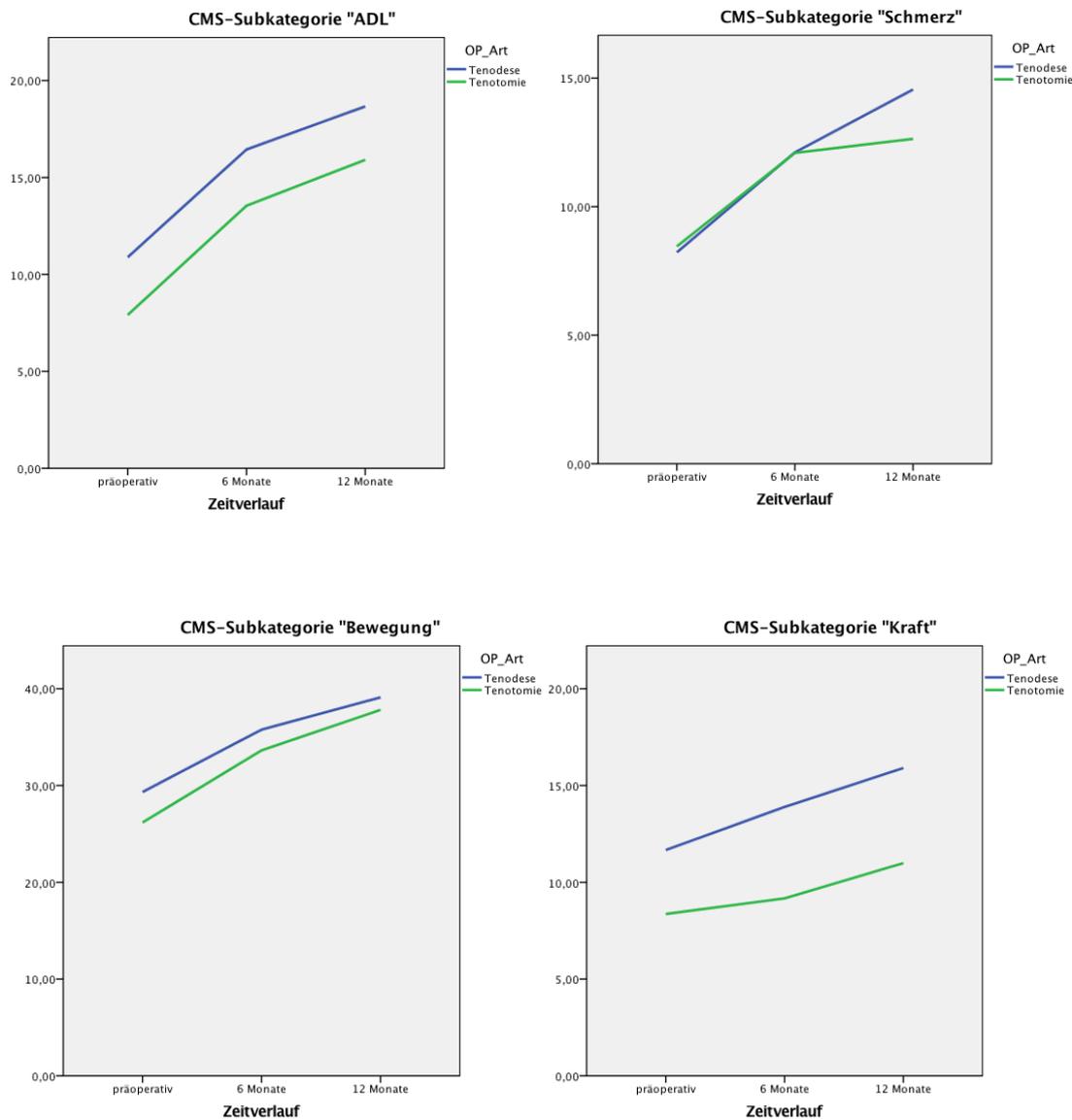


Abbildung 13 Mittelwerte der Subkategorien des Constant Murley-Scores der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Für die Gesamtpunktzahl im Constant Murley-Score wurden zur präoperativen Befragung für die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenotomie $50,9 \pm 8,5$ Punkte von 100 möglichen Punkten dokumentiert. Durch die Verbesserungen in den einzelnen Subkategorien stieg die Gesamtpunktzahl signifikant (s^*) nach 6 Monaten auf $68,6 \pm 14,0$ Punkte an, mit einer Mittelwertdifferenz von $17,6 \pm 12,2$ Punkten. Bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten verbesserte sich, weiterhin signifikant (s^{**}), die Gesamtpunktzahl auf $77,5 \pm 11,8$ Punkte (s. Tab. 12/13).

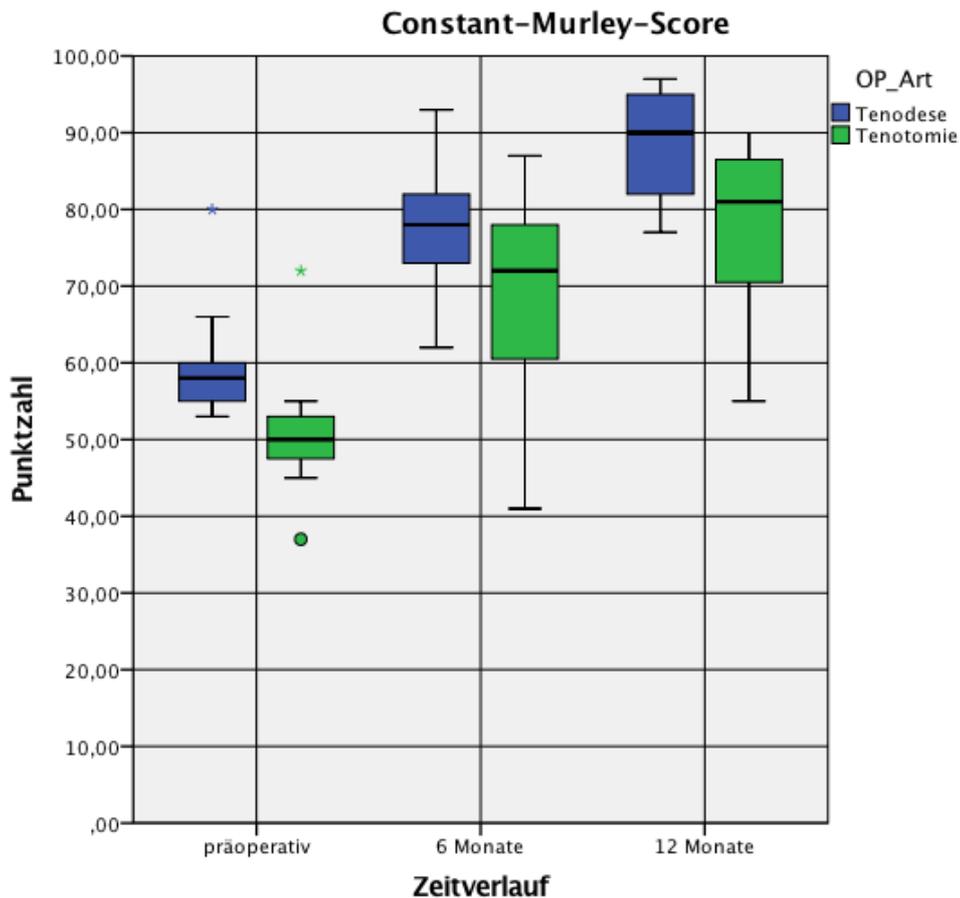


Abbildung 14 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Constant Murley-Score der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Prä-OP kranke Seite vs. FU 6M.	Δ MW	Prä-OP MW krank	FU 6M. MW krank	Signifikanz
Tenotomie				
CMS- Gesamt	17,6 \pm 12,2	50,9 \pm 8,5	68,6 \pm 14,0	0,001
CMS- Schmerz	3,6 \pm 4,0	8,5 \pm 3,5	12,1 \pm 3,3	0,013
CMS- ADL	5,6 \pm 4,7	7,9 \pm 3,2	13,6 \pm 4,3	0,003
CMS- Bewegung	7,5 \pm 7,4	26,2 \pm 5,7	33,6 \pm 4,8	0,007
CMS- Kraft	0,8 \pm 2,5	8,4 \pm 5,8	9,2 \pm 4,5	0,313

Tabelle 17 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv -Tenotomie- zur Folgeuntersuchung nach 6 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert

Prä-OP kranke Seite vs. FU 12M.	Δ MW	Prä-OP MW krank	FU 12M. MW krank	Signifikanz
Tenotomie				
CMS- Gesamt	26,6±11,3	50,9±8,5	77,5±11,8	0,000
CMS- Schmerz	4,2±5,3	8,5±3,5	12,6±4,2	0,027
CMS- ADL	8,0±4,1	7,9±3,2	15,9±3,5	0,000
CMS- Bewegung	11,6±6,7	26,2±5,7	37,8±3,4	0,000
CMS- Kraft	2,6±2,8	8,4±5,8	11,0±5,2	0,012

Tabelle 18 Deskriptive Statistik Constant Murley-Score (CMS) Patientenkollektiv -Tenotomie- zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten; ADL= activity of daily life; FU= Folgeuntersuchung; MW= Mittelwert

3.4.3 Simple Shoulder Test

Bei dem dichotomen Fragebogen des Simple Shoulder Tests beantworteten die Probanden mit der Tenodese zum präoperativen Zeitpunkt im Durchschnitt 6,1±2,6 Fragen mit „Ja“. Bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten kam es zu einer signifikanten (s**) Erhöhung des Mittelwertes auf 10,3±2,1 Punkten. Eine weitere signifikante (s**) Verbesserung zeigte die Untersuchung nach 12 Monaten mit einem Mittelwert von 11,4±1,0 Punkte (s. Tab. 14). Die Probanden mit der Tenotomie erzielten präoperativ einem Mittelwert von 5,0±2,7 Punkten. Im Vergleich zu dem oben dargestellten Verlauf, kam es bei den Probanden mit Tenotomie zu einem konträren Verlauf. Während 6 Monate postoperativ eine signifikante (s**) Verbesserung des Mittelwertes auf 11,6±3,3 dokumentiert werden konnte, verringerte sich der Mittelwert bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten auf 10,2±2,2 Punkte (s. Tab.14).

SST	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	6,1±2,6	10,3±2,1	0,000
Tenotomie	5,0±2,7	11,6±3,3	0,000
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	6,1±2,6	11,4±1,0	0,000
Tenotomie	5,0±2,7	10,2±2,2	0,001

Tabelle 19 Deskriptive Statistik des Simple Shoulder Test

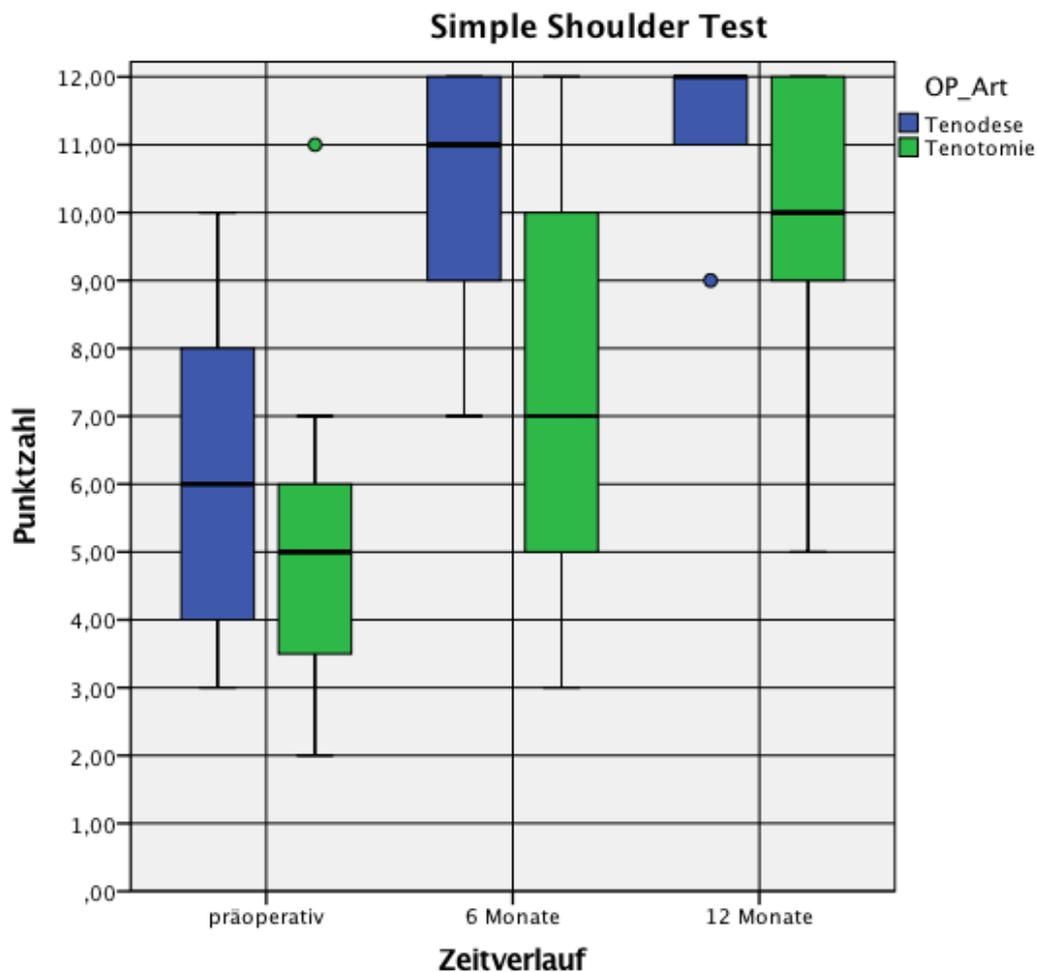


Abbildung 15 Boxplot zum Vergleich der Gesamtpunktzahl im Simple Shoulder Test der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

3.4.4 LBS-Score

Im Gegensatz zu den oben dargestellten Erhebungen der patientenbezogenen klinischen Schulderscores, fand die erste Datenerhebung mittels LBS-Score bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten statt.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodesese konnte bei der ersten postoperativen Nachuntersuchung ein Mittelwert von $16,6 \pm 1,7$ Punkte von 18 möglichen Punkten erhoben werden. Nach weiteren 6 Monaten erzielten die Probanden im Durchschnitt $17,3 \pm 1,1$ Punkte.

Die Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie erreichten zum Zeitpunkt der ersten Folgeuntersuchung einen Mittelwert von $15,3 \pm 2,2$ Punkte. Bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten erhöhte sich der Mittelwert auf $17,2 \pm 0,6$ Punkte.

Einen besonderen Stellenwert im LBS-Score wird der subjektiven Patientenzufriedenheit zuteil, welche anhand von zwei Aspekten von den Probanden bewertet wurden.

Zum einen wurden die Probanden befragt, ob sie die Operation auch an der Gegenseite, bei vorhandener Indikation, durchführen lassen würden. Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese beantworteten bei den Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten N=8 Probanden die Frage mit „Ja“. Im Vergleich dazu beantworteten N=7 Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie die Frage mit „Ja“.

Zum anderen erfolgte die Befragung, ob die Probanden die Operation einem Freund/ Bekannten empfehlen würden. Sowohl bei der Folgeuntersuchung nach 6, als auch nach 12 Monaten würden N=8 Probanden mit der Operationsvariante Tenodese sowie N=8 Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie ihren Freunden/ Bekannten die Operation empfehlen.

3.5 Kraftmessungen beider Probandengruppen

3.5.1 Ellenbogenflexionskraft 90°

Zum präoperativen Messzeitpunkt lag bei der Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese die durchschnittliche mittlere Kraft des erkrankten Armes mit 90°-Beugung bei $152,3 \pm 59,9$ Newton. Die Gegenseite wies in derselben Position präoperativ einen Mittelwert von $180,9 \pm 82,8$ Newton auf. Die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Armen betrug $28,6 \pm 49,2$ Newton. Eine Signifikanz bei der Mittelwertdifferenz konnte bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese nicht nachgewiesen werden. Auch bei den Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Messwerten des operierten Armes und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes feststellen.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zur präoperativen Messung am erkrankten Arm eine durchschnittliche mittlere Kraft von $80,8 \pm 43,9$ Newton dokumentiert werden. Die Krafterhebung an dem anderen Arm ergab zum gleichen Messzeitpunkt ein Mittelwert von $113,2 \pm 43,9$ Newton. Die vorhandene Mittelwertdifferenz von $32,4 \pm 29,4$ Newton wies einen signifikanten Unterschied

zwischen den beiden Armen auf. Dieser Effekt konnte auch bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten reproduziert werden. Somit wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der postoperativen Messung nach 6 Monaten und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes dokumentiert. Nach 12 Monaten konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Kraft beider Arme nachgewiesen werden.

LBS 90°- gesunder Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	180,9±82,8	166,8±63,1	0,515
Tenotomie	113,2±43,9	91,1±52,2	0,037
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	180,9±82,8	172,0±60,5	0,645
Tenotomie	80,8±43,9	97,4±50,6	0,132

Tabelle 20 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 90°- Ellenbogenflexionskraft in 90°-Beugung in Newton; FU-Folgeuntersuchung

6 Monate nach der Operation wiesen die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese bei der Kraftmessung des operierten Armes einen Mittelwert von 166,8±63,1 Newton auf. Zwischen dem präoperativen Messergebnis des erkrankten Armes und der Kontrolle nach 6 Monaten ließ sich eine signifikante (s*) Verbesserung nachweisen (p=0,017). Die postoperative Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab für die Probanden einen Mittelwert von 152,3±59,9 Newton. Erneut konnte eine signifikante Verbesserung (s*) dokumentiert werden.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zu dem postoperativen Zeitpunkt nach 6 Monaten durch die Kraftmessung ein Mittelwert von 91,1±52,2 Newton ermittelt werden. Eine signifikante Verbesserung konnte zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachgewiesen werden (p=0,068). Im Vergleich dazu lag der Mittelwert der Probanden bei der Kontrolle nach 12 Monaten bei 97,4±50,6 Newton und wies im Gegensatz zur ersten Kontrolle nach 6 Monaten eine signifikante (s*) Verbesserung auf

LBS 90°- kranker Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	152,3±59,9	166,8±63,1	0,017
Tenotomie	80,8±43,9	91,1±52,2	0,068
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	152,3±59,9	172,0±60,5	0,048
Tenotomie	80,8±43,9	97,4±50,6	0,049

Tabelle 21 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung des operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 90°- Ellenbogenflexionskraft in 90°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung

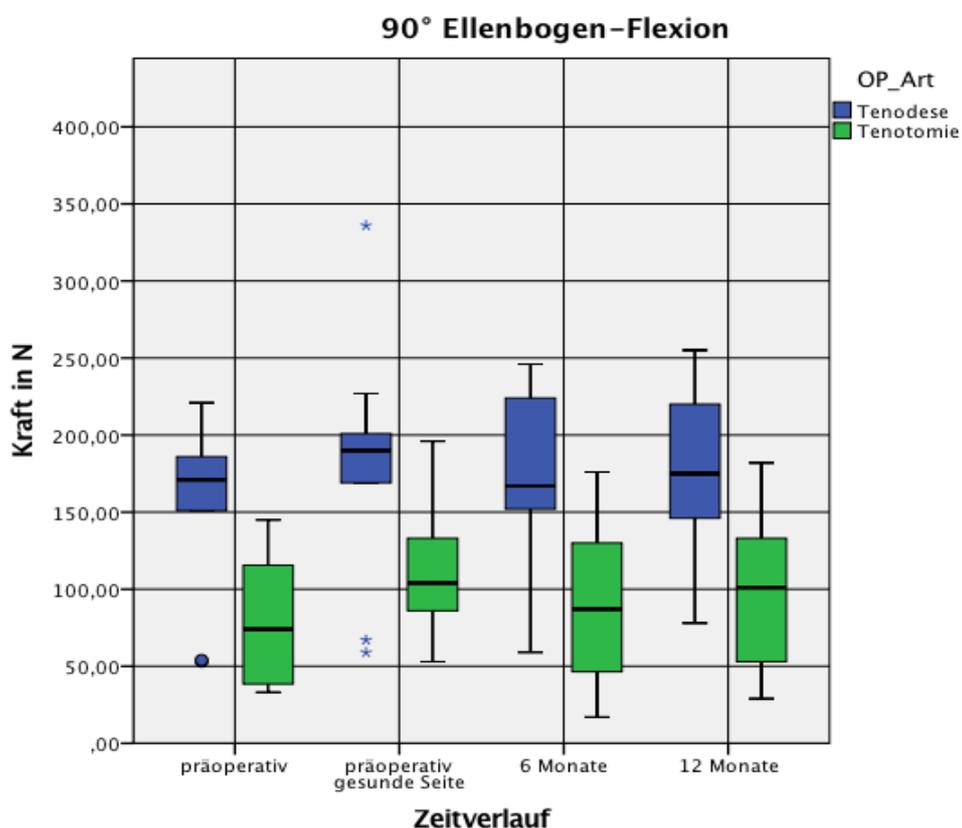


Abbildung 16 Boxplot zum Vergleich der Ellenbogen-Flexionskraft in 90° der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Zur Ermittlung, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsverfahren in Bezug auf die Verbesserung der Kraftmittelwerte vorliegt, wurde eine einfache lineare Regression durchgeführt.

Bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten lag bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese die Differenz zwischen der prä- und der

postoperativen Kraftmessung des operierten Armes durchschnittlich bei $14,4 \pm 24,6$ Newton. Im Vergleich dazu lag die Differenz der Kraftmessung bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei einem Mittelwert von $10,3 \pm 16,7$ Newton.

Anhand der linearen Regression konnte kein signifikanter Nachweis ($p= 0,336$) für einen Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kraftmessungen beider Probandengruppen bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten dargestellt werden.

Die Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab zum einen für die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese eine Mittelwertdifferenz von $19,7 \pm 27,6$ Newton sowie zum anderen eine durchschnittliche Differenz von $16,6 \pm 24,4$ Newton bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den verbesserten Kraftmessungen beider Probandengruppen hergestellt werden ($p= 0,438$).

LBS 90°	Δ TD vs. TN	Δ MW Tenodese	Δ MW Tenotomie	Signifikanz
Post-OP 6 Monate				
	$12,2 \pm 20,2$	$14,4 \pm 24,6$	$10,3 \pm 16,7$	0,336
Post-OP 12 Monate				
	$18,0 \pm 25,3$	$19,7 \pm 27,6$	$16,6 \pm 24,4$	0,438

Tabelle 22 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Ellenbogenflexionskraft in 90° Beugung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ = Differenz; MW= Mittelwert

3.5.2 Ellenbogenflexionskraft 10°

Zum präoperativen Messzeitpunkt lag bei der Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese die durchschnittliche mittlere Kraft des erkrankten Armes mit 10°-Beugung bei $154,3 \pm 63,1$ Newton. Die Gegenseite wies in derselben Stellung präoperativ einen Mittelwert von $173,7 \pm 68,6$ Newton auf. Die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Armen betrug $19,3 \pm 26,4$ Newton. Eine Signifikanz bei der Mittelwertdifferenz konnte bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese nicht nachgewiesen werden. Auch bei den Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Messwerten des operierten Armes und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes feststellen.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zur präoperativen Messung am erkrankten Arm eine durchschnittliche mittlere Kraft von $94,3 \pm 38,2$ Newton

notiert werden. Die Krafterhebung an dem anderen Arm ergab zum gleichen Messzeitpunkt ein Mittelwert von $126,5 \pm 49,4$ Newton. Die vorhandene Mittelwertdifferenz von $32,2 \pm 24,0$ Newton wies einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Armen auf. Dieser Effekt konnte auch bei der ersten Folgeuntersuchung nach 6 Monaten reproduziert werden. Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der postoperativen Messung nach 6 Monaten und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes dokumentiert. Nach weiteren 6 Monaten konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Kraft beider Arme nachgewiesen werden.

LBS 10°- gesunder Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	173,7±68,6	199,3±63,3	0,175
Tenotomie	126,5±49,4	103,3±52,2	0,016
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	173,7±68,6	213,3±54,0	0,086
Tenotomie	126,5±49,4	117,3±52,2	0,378

Tabelle 23 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 10°- Ellenbogenflexionskraft in 10°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung

6 Monate nach der Operation wiesen die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese bei der Kraftmessung des operierten Armes einen Mittelwert von $199,3 \pm 63,3$ Newton auf. Zwischen dem präoperativen Messergebnis des erkrankten Armes und der Kontrolle nach 6 Monaten ließ sich eine signifikante (s^*) Verbesserung nachweisen ($p=0,043$). Die postoperative Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab für die Probanden einen Mittelwert von $213,3 \pm 54,0$ Newton. Erneut konnte eine signifikante Verbesserung (s^*) dokumentiert werden.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zu dem postoperativen Zeitpunkt nach 6 Monaten durch die Kraftmessung ein Mittelwert von $103,3 \pm 52,2$ Newton ermittelt werden. Eine signifikante Verbesserung konnte zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachgewiesen werden ($p=0,248$). Im Vergleich dazu lag der Mittelwert der Probanden bei der Kontrolle nach 12 Monaten bei $117,3 \pm 52,2$ Newton und wies im Gegensatz zur ersten Kontrolle nach 6 Monaten eine signifikante (s^*) Verbesserung auf.

LBS 10°- kranker Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	154,3±63,1	199,3±63,3	0,043
Tenotomie	94,3±38,2	103,3±52,2	0,248
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	154,3±63,1	213,3±54,0	0,032
Tenotomie	94,3±38,2	117,3±52,2	0,015

Tabelle 24 Deskriptive Statistik der Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung des operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; LBS 10°- Ellenbogenflexionskraft in 10°-Beugung in Newton; FU- Folgeuntersuchung

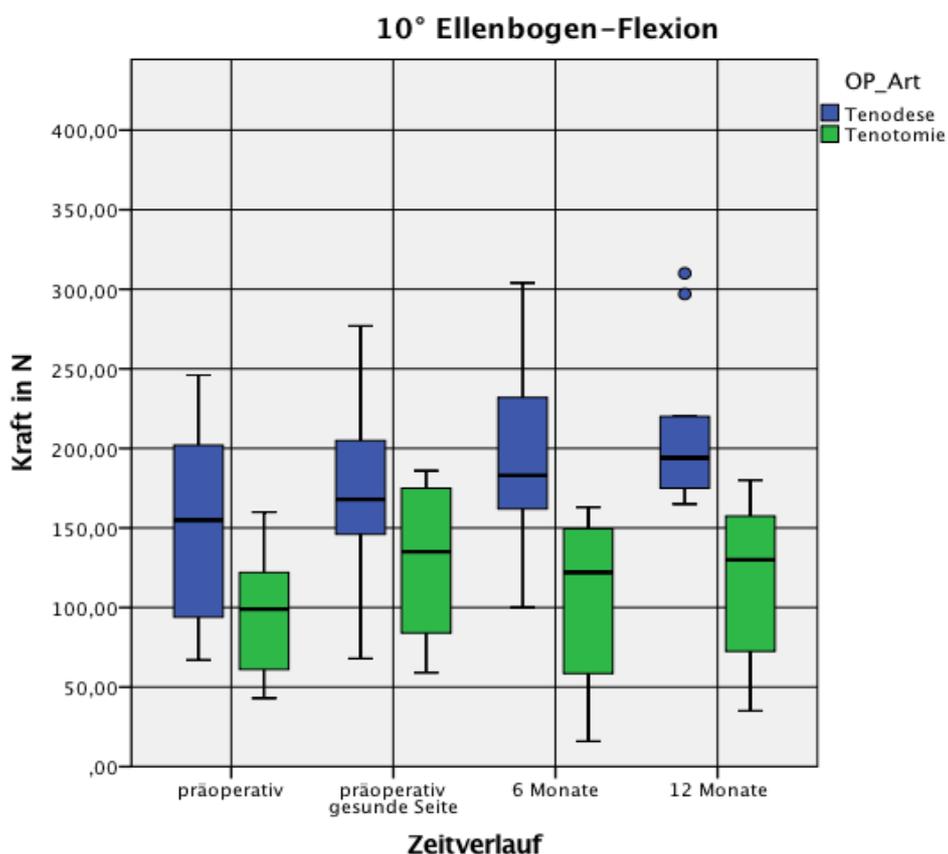


Abbildung 17 Boxplot zum Vergleich der Ellenbogen-Flexionskraft in 10° der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten lag bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese die Differenz zwischen der prä- und der postoperativen Kraftmessung des operierten Armes durchschnittlich bei 45,0±56,1 Newton. Im Vergleich dazu, lag die Differenz der Kraftmessung bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei einem Mittelwert von 9,0±24,3 Newton.

Mittels der linearen Regression konnte kein signifikanter Nachweis ($p=0,127$) für einen Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kraftmessungen beider Probandengruppen bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten dargestellt werden. Die Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab zum einen für die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese eine Mittelwertdifferenz von $59,0\pm 68,4$ Newton sowie zum anderen eine durchschnittliche Differenz von $23,0\pm 26,2$ Newton bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den verbesserten Kraftmessungen beider Probandengruppen hergestellt werden ($p=0,099$).

LBS 10°	Δ TD vs. TN	Δ MW Tenodese	Δ MW Tenotomie	Signifikanz
Post-OP 6 Monate				
	25,2 \pm 44,4	45,0 \pm 56,1	9,0 \pm 24,3	0,127
Post-OP 12 Monate				
	39,2 \pm 51,7	59,0 \pm 68,4	23,0 \pm 26,2	0,099

Tabelle 25 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Ellenbogenflexionskraft in 10° Beugung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ = Differenz; MW= Mittelwert

3.5.3 Supinationskraft in Neutralstellung

Die durchschnittliche mittlere Supinationskraft des erkrankten Armes in Neutralstellung lag zum präoperativen Messzeitpunkt bei der Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese bei $8,4\pm 4,4$ Newton. Die nicht operierte Gegenseite wies in derselben Stellung präoperativ einen Mittelwert von $9,2\pm 4,6$ Newton auf. Die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Armen betrug $0,8\pm 1,3$ Newton. Eine Signifikanz bei der Mittelwertdifferenz konnte bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese nicht nachgewiesen werden. Zudem ergaben die Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messwerten des operierten Armes und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zum präoperativen Messzeitpunkt am erkrankten Arm eine durchschnittliche mittlere Supinationskraft von $4,9 \pm 2,7$ Newton dokumentiert werden. Die Supinationskraft am nicht operierten Arm ergab zum gleichen Zeitpunkt einen Mittelwert von $6,3\pm 2,6$ Newton. Die vorhandene Mittelwertdifferenz von $1,4\pm 1,6$ Newton stellte einen signifikanten Unterschied

zwischen den beiden Armen dar. Bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der postoperativen Messung und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes ermittelt werden. Zudem wurde auch bei der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten kein signifikanter Unterschied zwischen der Supinationskraft der beiden Arme nachgewiesen.

Supination Neutralstellung- gesunder Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	9,2±4,6	9,2±3,7	0,951
Tenotomie	6,3±2,6	5,3±2,7	0,133
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	9,2±4,6	9,8±3,6	0,430
Tenotomie	6,3±2,6	5,9±2,8	0,420

Tabelle 26 Deskriptive Statistik der Supinationskraft in Neutralstellung des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton

6 Monate nach der Operation wiesen die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese bei der Messung der Supinationskraft in Neutralstellung am operierten Arm einen Mittelwert von 9,2±3,7 Newton auf. Zwischen dem präoperativen Messergebnis des erkrankten Armes und der Kontrolle nach 6 Monaten ließ sich kein signifikanter Unterschied nachweisen ($p=0,236$). Die postoperative Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab für die Probanden einen Mittelwert von 9,8±3,6 Newton. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied dokumentiert werden.

Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zu dem postoperativen Zeitpunkt nach 6 Monaten durch die Kraftmessung ein Mittelwert von 5,3±2,7 Newton ermittelt werden. Ein signifikanter Unterschied konnte zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachgewiesen werden ($p= 0,478$). Im Vergleich dazu lag der Mittelwert der Probanden bei der Kontrolle nach 12 Monaten bei 5,9±2,8 Newton und wies im Gegensatz zur ersten Kontrolle nach 6 Monaten eine signifikante (s^*) Verbesserung auf.

Supination Neutralstellung- kranker Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	8,4±4,4	9,2±3,7	0,236
Tenotomie	4,9±2,7	5,3±2,7	0,478
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	8,4±4,4	9,8±3,6	0,055
Tenotomie	4,9±2,7	5,9±2,8	0,035

Tabelle 27 Deskriptive Statistik der Supinationskraft in Neutralstellung des kranken/ operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton

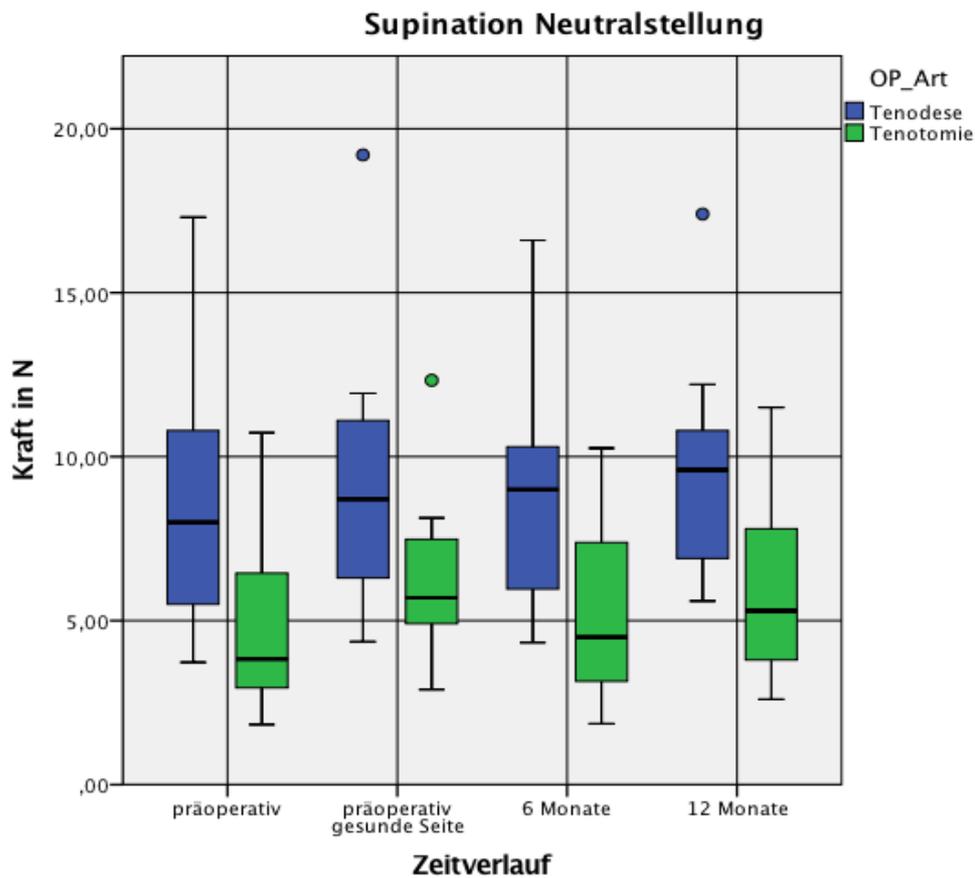


Abbildung 18 Boxplot zum Vergleich der Supinationskraft in Neutralstellung der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Mittels einfacher linearer Regression wurde eruiert, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsverfahren in Bezug auf die Verbesserung der Mittelwerte der Supinationskraft in Neutralstellung vorliegt.

Bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten lag bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese die Differenz zwischen der prä- und der postoperativen Kraftmessung des operierten Armes durchschnittlich bei $0,8 \pm 1,9$ Newton. Im Vergleich dazu, lag die Differenz der Kraftmessung bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei einem Mittelwert von $0,4 \pm 1,7$ Newton.

Anhand der linearen Regression konnte kein signifikanter Nachweis ($p = 0,246$) für einen Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kraftmessungen beider Probandengruppen bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten dargestellt werden.

Die Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt zum einen für die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese eine Mittelwertdifferenz von $1,5 \pm 1,9$ Newton sowie zum anderen eine durchschnittliche Differenz von $1,0 \pm 1,3$ Newton bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den erhobenen Supinationskraftmessungen beider Probandengruppen hergestellt werden ($p = 0,328$).

Supination	Δ TD vs. TN	Δ MW Tenodese	Δ MW Tenotomie	Signifikanz
Neutralstellung				
Post-OP 6 Monate				
	$0,6 \pm 1,6$	$0,8 \pm 1,9$	$0,4 \pm 1,7$	0,246
Post-OP 12 Monate				
	$1,1 \pm 1,6$	$1,5 \pm 1,9$	$1,0 \pm 1,3$	0,328

Tabelle 28 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Supinationskraft in Neutralstellung; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ = Differenz; MW= Mittelwert

3.5.4 Supinationskraft in Pronationsstellung

Die durchschnittliche mittlere Supinationskraft des erkrankten Armes mit pronierter Hand lag zum präoperativen Messzeitpunkt bei der Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese bei $9,6 \pm 4,6$ Newton. Die nicht-operierte Gegenseite wies in derselben Stellung präoperativ einen Mittelwert von $10,8 \pm 4,7$ Newton auf. Die Mittelwertdifferenz zwischen den beiden Armen betrug $1,2 \pm 2,2$ Newton. Ein signifikanter Unterschied in der Mittelwertdifferenz konnte bei den Probanden mit der

Operationsvariante Tenodese nicht nachgewiesen werden. Die Folgeuntersuchungen nach 6 und 12 Monaten wiesen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Messwerten des operierten Armes und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes auf. Bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie konnte zum präoperativen Messzeitpunkt am erkrankten Arm eine durchschnittliche mittlere Supinationskraft von $5,3 \pm 2,4$ Newton ermittelt werden. Die Supinationskraft am nicht-operierten Arm ergab zum gleichen Zeitpunkt einen Mittelwert von $6,1 \pm 2,1$ Newton. Die vorhandene Mittelwertdifferenz von $0,8 \pm 1,2$ Newton stellte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Armen dar. Bei der Folgeuntersuchung nach 6 und 12 Monaten konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der postoperativen Messung und der präoperativen Messung des gesunden/ nicht-operierten Armes ermittelt werden.

Supination prionierte Hand- gesunder Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	10,8±4,7	10,1±4,1	0,420
Tenotomie	6,1±2,1	5,9±2,6	0,644
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	10,8±4,7	10,7±4,2	0,945
Tenotomie	6,1±2,1	6,4±2,7	0,619

Tabelle 29 Deskriptive Statistik der Supinationskraft mit prionierter Hand des gesunden/ nicht-operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton

Bei der postoperativen Kontrolle nach 6 Monate wiesen die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese bei der Messung der Supinationskraft mit prionierter Hand am operierten Arm einen Mittelwert von $10,1 \pm 4,1$ Newton auf. Zwischen dem präoperativen Messergebnis des erkrankten Armes und der Kontrolle nach 6 Monaten ließ sich kein signifikanter Unterschied nachweisen ($p=0,384$). Die postoperative Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab für die Probanden einen Mittelwert von $10,7 \pm 4,2$ Newton. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied dokumentiert werden. Zum postoperativen Zeitpunkt nach 6 Monaten konnte bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei der Kraftmessung ein Mittelwert von $5,9 \pm 2,6$ Newton ermittelt werden. Ein signifikanter Unterschied konnte zu diesem Zeitpunkt noch nicht nachgewiesen werden ($p= 0,193$). Im Vergleich dazu lag der Mittelwert der

Probanden bei der Kontrolle nach 12 Monaten bei $6,4 \pm 2,7$ Newton und wies im Gegensatz zur ersten Kontrolle nach 6 Monaten einen signifikanten (s^*) Unterschied auf.

Supination prionierte Hand- kranker Arm vs. FU	Score prä-OP	Score post-OP	Signifikanz
Post-OP 6 Monate			
Tenodese	$9,6 \pm 4,6$	$10,1 \pm 4,1$	0,384
Tenotomie	$5,3 \pm 2,4$	$5,9 \pm 2,6$	0,193
Post-OP 12 Monate			
Tenodese	$9,6 \pm 4,6$	$10,7 \pm 4,2$	0,142
Tenotomie	$5,3 \pm 2,4$	$6,4 \pm 2,7$	0,019

Tabelle 30 Deskriptive Statistik der Supinationskraft mit prionierter Hand des kranken/ operierten Armes im postoperativen Verlauf für beide Operationsverfahren; FU- Folgeuntersuchung; Angaben in Newton

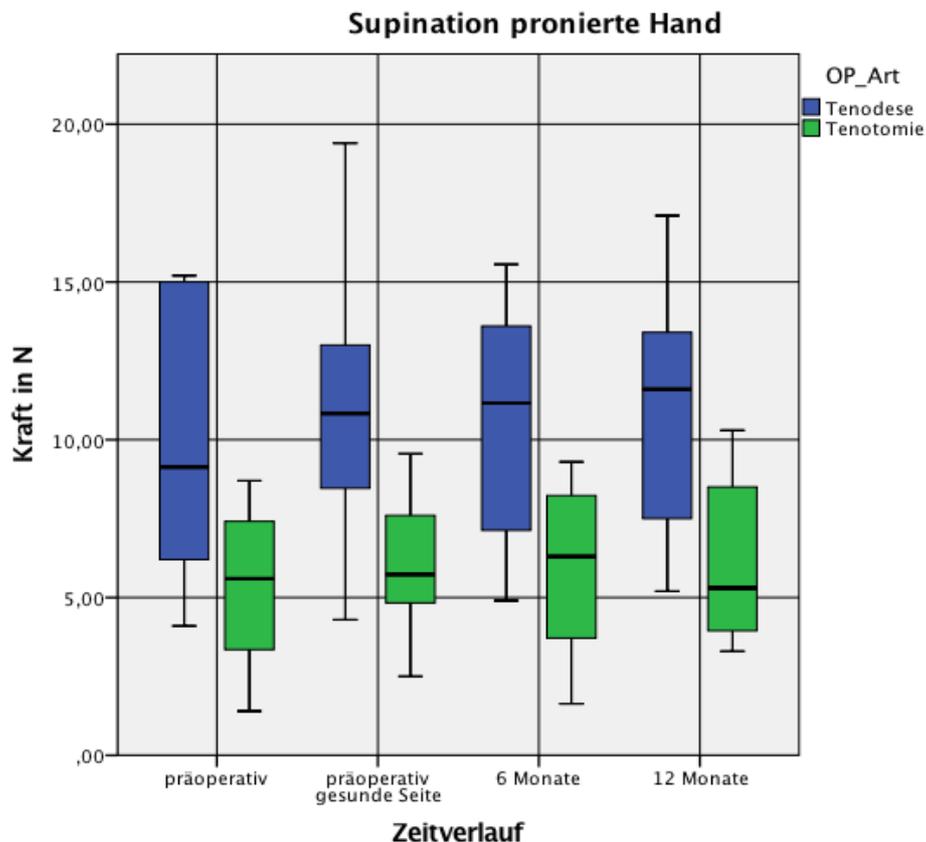


Abbildung 19 Boxplot zum Vergleich der Supinationskraft mit prionierter Hand der beiden Probandengruppen im postoperativen Verlauf

Die Auswertung, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsverfahren in Bezug auf die Verbesserung der Mittelwerte der Supinationskraft mit pronierter Hand vorliegt, erfolgte mittels einfacher linearer Regression.

Bei der postoperativen Folgeuntersuchung nach 6 Monaten lag bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenodese die Differenz zwischen der prä- und der postoperativen Kraftmessung des operierten Armes durchschnittlich bei $0,6 \pm 1,8$ Newton. Im Vergleich dazu, lag die Differenz der Kraftmessung bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie bei einem Mittelwert von $0,6 \pm 1,6$ Newton.

Anhand der linearen Regression konnte kein signifikanter Nachweis ($p = 0,422$) für einen Unterschied zwischen den Ergebnissen der Kraftmessungen beider Probandengruppen bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten dargestellt werden.

Die Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ergab im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt zum einen für die Probanden mit der Operationsvariante Tenodese eine Mittelwertdifferenz von $1,2 \pm 2,2$ Newton sowie zum anderen eine durchschnittliche Differenz von $1,1 \pm 1,3$ Newton bei den Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie. Erneut konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den erhobenen Supinationskraftmessungen beider Probandengruppen hergestellt werden ($p = 0,704$).

Supination pronierte Hand	Δ TD vs. TN	Δ MW Tenodese	Δ MW Tenotomie	Signifikanz
Post-OP 6 Monate				
	$0,6 \pm 1,6$	$0,6 \pm 1,8$	$0,6 \pm 1,6$	0,422
Post-OP 12 Monate				
	$1,1 \pm 1,7$	$1,2 \pm 2,2$	$1,1 \pm 1,3$	0,704

Tabelle 31 deskriptive Statistik der einfachen linearen Regression zwischen den beiden Probandengruppen in Bezug auf die Supinationskraft mit pronierter Hand; Kraftangaben in N; TD= Tenodese; TN= Tenotomie; Δ = Differenz; MW= Mittelwert

4 Diskussion

4.1 Probandenkollektiv & Abgrenzung der Untersuchungsgruppen

Das Probandenkollektiv der klinisch prospektiv randomisierten Studie bestand aus n= 20 Probanden. Durch die zufällige Einteilung der Probanden in die jeweilige Subgruppe (1- Tenodesepatienten / 2- Tenotomiepatienten) entstand ein diskretes Ungleichgewicht von 11 zu 9 Probanden. Ein beeinflussender Faktor auf die erhobenen Daten stellte das Ungleichgewicht der Geschlechter innerhalb der beiden Gruppen dar. So ließen sich bei der Tenodese-Gruppe, aufgrund des erhöhten Männeranteils, sowohl in der maximalen Kraft, als auch in der durchschnittlichen Kraft bei Weitem höhere Werte verzeichnen im Vergleich zur Tenotomie-Gruppe.

So wird das Geschlecht als signifikant beeinflussender Faktor für die erreichbare Maximalkraft bereits in einer Vielzahl von anderen Studien detektiert [49, 50].

Damit diese Diskrepanz keinen Einfluss auf die Auswertung nahm, erfolgte ein Vergleich der durchschnittlichen Verbesserung der Mittelwerte der Kraft/Bewegung und dem subjektiven Wohlbefinden beider Gruppen im zeitlichen Verlauf.

Bezüglich der Altersstruktur der teilnehmenden Probanden konnte eine Altersspanne von 35-65 Jahre und ein ausgeglichenes Altersverhältnis zwischen beiden Gruppen erzielt werden. Dadurch war es möglich, für beide Gruppen altersadaptierte Referenzwerte zu erheben.

In vergleichbaren Studien zur Ellenbogenflexionskraft erfolgte in der Regel keine Erhebung der durchschnittlichen Körpergröße und des Körpergewichtes, wodurch der Entschluss gefasst wurde, diese Werte in der Datenerhebung nicht zu berücksichtigen [51].

4.2 Klinische Untersuchung, Ein-/Ausschlusskriterien

Aufgrund der restriktiven Einschlusskriterien kam es zu einer verhältnismäßig geringen Probandenanzahl, wodurch Limitierungen in der Aussagekraft der Ergebnisse vorliegen können.

Des Weiteren lagen bei allen Probanden radiologische Voruntersuchungen (Röntgen/MRT) zur Beurteilung des Schultergelenkes vor. Auf eine zusätzliche postoperative radiologische Bildgebung wurde verzichtet.

Die klinische Untersuchung mit Erhebung des Bewegungsausmaßes der operierten Schulter im Seitenvergleich erfolgte bei allen Studienteilnehmern nach einem standardisierten Schema und durch eine Untersucherin. Somit konnten personenbezogene Einflussfaktoren vermindert werden.

4.3 Kraftmessungen beider Untersuchungsgruppen

Bereits seit vielen Jahren wird in der Literatur ein Kraftverlust der Ellenbogenflexionskraft von 5-20% nach proximaler LBS-Ruptur beschrieben [52]. Bei der Supinationskraft werden Kraftverluste von 11-21% beschrieben [53]. Zudem führen, die durch Läsionen der langen Bizepssehne verursachten, glenohumeralen Schmerzen zu einer Einschränkung der Funktionalität des Muskels.

Bei der Messung der maximalen sowie der durchschnittlichen Kraft in 10° und in 90° Ellenbogenflexion zeigte sich in der vorliegenden Studie nach 12 Monaten sowohl nach Tenodese als auch nach Tenotomie eine signifikante Steigerung der Kraft der operierten Seite im Vergleich zu präoperativ, ohne signifikanten Unterschied zur gesunden Gegenseite. In einer vergleichbaren Arbeit von Shank et al konnte auch kein signifikanter Kraftverlust, sowohl für die Ellenbogenflexion sowie für die Supination nach Tenodese und Tenotomie, detektiert werden [54]. Für die Operationsvariante Tenotomie konnte ein Vergleich zu der Arbeit von Duff et al gezogen werden, in welcher bei 103 Probanden nach Tenotomie Kraftmessungen durchgeführt worden sind. In dieser Arbeit konnte ebenfalls kein signifikanter Kraftverlust festgestellt werden [55].

In der vorliegenden Arbeit fiel jedoch bei der Auswertung auf, dass die Flexionskraft in 10° und 90° nach Tenotomie 6 Monate postoperativ zunächst keinen signifikanten Unterschied zu den präoperativ erhobenen Werten der betroffenen Seite aufwies,

sondern erst nach 12 Monaten eine signifikante Verbesserung auftrat. Dies lässt vermuten, dass eine längere Rekonvaleszenzzeit nach der Operationsvariante Tenotomie benötigt wird.

In einer Studie von Zhang et al aus dem Jahr 2015 erfolgte die randomisierte Behandlung der langen Bizepssehne bei 151 Patienten. In dieser Arbeit konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied bei der Ellenbogenflexions- sowie der Supinationskraft dargestellt werden [56].

Im Unterschied zu der vorliegenden Arbeit erfolgte jedoch bei den Probanden von Zhang et al teilweise eine gleichzeitige Naht der Rotatorenmanschette.

Dies wurde in der vorliegenden Arbeit als Ausschlusskriterium definiert, um eine Verfälschung der Ergebnisse zu verhindern.

Trotz der restriktiv gefassten Einschlusskriterien konnte bei der Auswertung der erhobenen Daten kein signifikanter Unterschied für die Kraftmessungen nachgewiesen werden.

In einer retrospektiven Arbeit von Kerschbaum et al, welche aus präselektionierten Probanden, welche gemäß den von Hsu dargestellten Kriterien ausgewählt wurden [57] bestand, wurde eine signifikant höhere Kraftentwicklung bei Probanden nach Tenodese im Vergleich zu Probanden nach Tenotomie beschrieben [58]. Als Limitierung der Ergebnisse kann jedoch der fehlende Vergleich zu präoperativ erhobenen Daten angemerkt werden.

Bei den vorliegenden Ergebnissen zeigte sich nach Tenodese insbesondere in 10° Ellenbogenflexion, wenn auch nicht signifikant, eine stärkere Kraftzunahme im Vergleich zur Tenotomie. Eine mögliche Erklärung für den wahrgenommenen Effekt könnte eine verbesserte Vorspannung des Bizepsmuskels nach Tenodese sein.

Aus einer Studie von O'Sullivan et al. konnte verzeichnet werden, dass die maximal gemessene Supinationskraft durch eine zunehmende Ellenbogenflexion sowie Pronation des Unterarmes entsteht. Die maximale Beteiligung des Musculus biceps brachii an der Supination erfolgt bei einem Flexionswinkel von 90° im Ellenbogengelenk sowie bei Neutral-oder Supinationsstellung des Unterarmes [59].

Winters et al. beschrieben in ihrer Arbeit eine stetige Zunahme der Supinationskraft bei zunehmender Pronationsstellung der Hand [60].

Daher erfolge in der vorliegenden Arbeit die Kraftmessung für die Supination sowohl in Neutralstellung sowie mit pronierter Hand. Die Supinationskraft zeigte jedoch nach

6 und 12 Monaten postoperativ bei beiden Probandengruppen und in beiden Stellungen keine signifikante Zunahme .

Zu einem vergleichbaren Ergebnis kamen auch Philips et al., welche einen Vergleich zwischen operierten Probanden und konservativ behandelten Probanden nach Ruptur der langen Bizepssehne durchführten. Dabei fanden sich keine signifikanten Kraftunterschiede für Ellenbogenflexion sowie Unterarmsupination zwischen den beiden Probandengruppen [61].

Wittstein et al. wiesen eine signifikante Verringerung der Supinationskraft im Vergleich zur Gegenseite und zur Tenodese nach. Dies konnte jedoch nicht für die Ellenbogenflexionskraft gezeigt werden [62].

In einem Patientenkollektiv von The et al. konnte nach einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 7 Jahren nach Tenotomie einen signifikanten Kraftverlust für die Flexion und die Supination im Vergleich zur Gegenseite nachweisen [63].

Hinweise auf eine vermehrte Degeneration oder fettige Infiltration des Muskels zeigten sich nicht [64].

4.4 Operationstechniken

Über die korrekte Behandlung von Verletzungen an der langen Bizepssehne besteht in der Fachliteratur keine Einigkeit, weshalb sich eine Vielzahl von klinischen Studien mit dem Outcome nach Tenodese oder -Tenotomie der langen Bizepssehne befassen. Mit dem Schwerpunkt auf der subjektiven Patientenzufriedenheit wurde im Jahr 2015 durch Gurnani et al. eine umfassende Metaanalyse durchgeführt. Dabei ließen sich keine signifikanten Unterschiede in der Patientenzufriedenheit verifizieren [34]. Ein Schwachpunkt in der oben genannten Metaanalyse bestand jedoch in den nicht präzise formulierten Einschlusskriterien, so dass eine Vielzahl der teilnehmenden Probanden als Hauptdiagnose eine Verletzung der Rotatorenmanschette und als Begleitpathologie noch einer Verletzung der langen Bizepssehne aufwiesen. Dies wiederum kann ein beeinflussender Faktor auf die subjektive Patientenzufriedenheit darstellen.

Als wesentliches Ziel dieser Arbeit wurde der prospektiv randomisierte Vergleich zwischen den beiden klinisch etablierten Operationsverfahren Tenodese und Tenotomie festgelegt.

Beim Vergleich des postoperativen Outcomes im Hinblick auf die klinisch etablierten Patienten-Scores ließen sich bei ASES-Score sowohl nach LBS-Tenodese, als auch nach Tenotomie bei den Kontrollterminen nach 6 und 12 Monaten signifikant bessere Werte erheben. Jedoch fiel bei der Datenerhebung auf, dass die Probanden, welche eine Tenotomie erhielten, eine deutlich niedrigere Gesamtpunktzahl im ASES-Fragebogen erzielten. Mittels Regressionsanalyse der Punktedifferenz zwischen den beiden Probandengruppen konnte jedoch knapp kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Dennoch kann man vermerken, dass die subjektive Patientenzufriedenheit nach der Tenodese besser ausfiel.

Bei dem Vergleich der Ergebnisse des Simple-Shoulder-Tests zwischen den beiden Probandengruppen zeigte sich bei den Patienten nach Tenodese eine stetige signifikante Verbesserung der Werte. Bei den Patienten nach Tenotomie kam es zu einem konträren Verlauf. Postoperativ bei der Folgeuntersuchung nach 6 Monaten gaben die Patienten eine signifikante Verbesserung an, wohingegen 12 Monate postoperativ die Zufriedenheit im Vergleich zur Voruntersuchung wieder abnahm.

Beim Vergleich der Ergebnisse des Constant-Murley-Scores verbesserten sich die Werte beider Probandengruppen stetig. Es konnte gezeigt werden, dass die Gesamtpunktzahl in der Tenodese-Gruppe deutlich höher ausfiel. Ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsgruppen konnte jedoch nicht detektiert werden.

Die dargestellten Ergebnisse können jedoch so ausgelegt werden, dass die Zufriedenheit insbesondere bei Patienten mit einem hohen funktionellen Anspruch tendenziell nach einer Tenodese größer ist.

In der Literatur wird bei der proximalen LBS-Ruptur ein Kraftverlust für die Ellenbogenflexionskraft von 5-20% beschrieben [52].

Im Hinblick auf die Ellenbogenflexionskraft ließ sich bei der Datenauswertung kein signifikanter Nachweis erbringen, dass die Kraftmessungen der Tenodese-Gruppe signifikant besser waren im Vergleich zur Tenotomie-Gruppe.

Dieses Fazit konnte auch durch eine Fall-Kontroll-Studie aus dem Jahr 2011 von Shank et al. untermauert werden, in welcher kein Unterschied bei der Ellenbogenflexionskraft bei Patienten nach LBS-Tenodese oder LBS-Tenotomie im

Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe ermittelt werden konnten [54]. Im Vergleich zur vorliegenden Arbeit hatten die Probanden von Shank et al. allerdings keine isolierten LBS-Läsionen.

Jedoch fiel bei der Datenauswertung auf, dass die Patienten, welche eine Tenodese erhielten, postoperativ deutlich schneller kein Kraftdefizit im Vergleich zum nicht operierten Arm aufwiesen. Tenotomie-Patienten hingegen brauchten dafür in der Regel deutlich länger. So wies die Flexionskraft bei den Tenotomie-Patienten 6 Monate postoperativ zunächst keinen signifikanten Unterschied zu den präoperativ erhobenen Werten der betroffenen Seite auf, sondern zeigte erst nach 12 Monaten eine signifikante Verbesserung. Diese Befunde lassen sich ggf. dadurch erklären, dass der Bizeps-Muskel durch die LBS-Tenodese seine Vorspannung erhält. Nach einer Tenotomie fällt durch die Retraktion bzw. Distalisierung der LBS die Vorspannung auf den Bizeps-Muskel zunächst ab, baut sich dann im Laufe der Zeit verspätet wieder auf.

Für die Unterarmsupinationskraft nach LBS-Ruptur wird in der Literatur ein Kraftdefizit von circa 21% beschrieben [65]. Dies konnte bei der präoperativ durchgeführten Unterarmsupinationskraftmessung des erkrankten Armes im Vergleich zum gesunden Arm in Neutralstellung und mit pronierter Hand nicht signifikant nachgewiesen werden. Kerschbaum et al. zeigten dafür an gesunden Probanden, dass signifikante Unterschiede für die Ellenbogenflexions- und Unterarmspinationskraft zwischen dem dominanten und dem nicht-dominanten Arm bestehen würden [66].

Abschließend kann festgehalten werden, dass eine Durchtrennung der LBS mit oder ohne Refixation (Tenodese/ Tenotomie) nicht zu einem Kraftverlust im Hinblick auf die Unterarmsupinationskraft führt.

Die Entwicklung einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches nach LBS-Tenotomie wurde in anderen Studien mit rund 3%[36]- 70%[67] angegeben.

Mazocca et al. beschrieb in seiner klinischen Studie lediglich bei 2% (1 Proband von 49) die postoperative Entwicklung einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches nach intraossärer subpectoralen Sehnenfixation mittels Interferenzschraube [68].

Somit bestand auch in der vorliegenden Arbeit die Hypothese, dass die Tenodese der Tenotomie im Hinblick auf die Ausbildung einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches deutlich überlegen ist.

In einem Review von Frost et al. (AJSM 2009) wurde dargestellt, dass die Rate an Distalisierungen des Bizepsmuskelbauches nach Tenotomie häufiger auftritt. Dieser Effekt ließ sich auch in der vorliegenden Arbeit aufzeigen. Lediglich ein Patient (11%) nach Tenodese im Vergleich zu drei Patienten (27%) nach Tenotomie wiesen postoperativ in den bereits beschriebenen Umfangsmessungen eine Distalisierung des Bizepsmuskelbauches auf. Im LBS Score gaben derselbe Patient nach Tenodese und dieselben 3 Patienten nach Tenotomie einen sichtbaren Unterschied in der Oberarmkontur entsprechend einer Distalisierung an.

In einer Studie von Kerschbaum et al. entwickelten hingegen 6% der Tenodese-Patienten eine subjektive sowie 69% eine objektive Distalisierung des Bizepsmuskelbauches [42, 69]. Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt stellt die geringere Stabilität der epioassären Tenodese im Vergleich zur, in dieser Arbeit verwendeten, intraossären Tenodese dar [42, 69].

Die Rate an subjektiver und objektiver Distalisierung des Bizepsmuskelbauches nach Tenotomie in der durchgeführten Studie war vergleichbar mit anderen Arbeiten [55, 70, 71].

Die in dieser Studie angewendete Definition für die Ausbildung der Entstehung einer Distalisierungen des Bizepsmuskelbauches sollte in weiteren Studien überprüft werden. Da bei den Patienten mit objektiv gemessenem Distalisierung des Bizepsmuskelbauches jedoch auch subjektiv eine Veränderung beobachtet wurde, lässt vermuten, dass die angewendete Definition zur Detektierung einer Distalisierung sich als erfolgreich erwies. Eine Korrelation zwischen dem Vorliegen einer Distalisierungen des Bizepsmuskelbauches und den Kraftmessungen sowie den Ergebnissen der klinischen Scores konnte nicht nachgewiesen werden. Weder für die postoperative Kraftentwicklung noch für die Erhebung der klinischen Scores ergab sich ein signifikantes Ergebnis. Dies erlaubt trotz eingeschränkter Patientenzahl die Schlussfolgerung, dass die Ausbildung einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches lediglich eine kosmetische Einschränkung für die Probanden bedeutet.

Abschließend lässt sich festhalten, dass in der oben genannten Studie die Probandengruppe mit der Operationsvariante Tenodese im Hinblick auf die Ausbildung einer Distalisierung des Bizepsmuskelbauches im Vergleich zu Probanden mit der Operationsvariante Tenotomie seltener betroffen sind, womit man zumindest

im Hinblick auf den kosmetischen Effekt eine Empfehlung zur Tenodese aussprechen kann.

Im Hinblick auf eine schnellere Operationsvariante mit tendenziell kürzerer Rehabilitationszeit kann hingegen auch die Empfehlung zu einer Tenotomie gestellt werden. Dies scheint insbesondere bei älteren Patienten mit einem geringeren Anspruch bezüglich des kosmetischen Ergebnisses in Kraft zu treten. Dies taten auch Frost et al. unter Berücksichtigung einer ausgedehnten Literaturrecherche [72].

Im LBS Score gaben 2 Patienten aus der Tenotomie-Gruppe Krämpfe im Bizepsmuskels bei der ersten Nachuntersuchung nach 6 Monaten an. In der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten gab kein Patient mehr Krämpfe im Bizeps an, so dass langfristig keine Beschwerden mehr bestanden. Im Gegensatz dazu klagte kein Patient aus der Tenodese-Gruppe postoperativ über Bizeps-Krämpfe. Aufgrund der geringen Fallzahl dieser Studie wurde hierbei kein Signifikanz-Niveau erreicht. Dennoch können die erhobenen Daten als Trend gewertet werden und nachfolgenden Patienten im Hinblick auf eine Therapiewahl unterstützen.

Das erhobene Ergebnis zu den eben dargestellten drei Fragestellungen sind vergleichbar mit dem Studienergebnis von Osbahr et al., welche auch keinen signifikanten Unterschied zwischen LBS-Tenodese und -Tenotomie im Hinblick auf Schulterschmerzen, Muskelkrämpfen sowie des kosmetischen Effektes erheben konnten [73].

5 Schlussfolgerung

Im direkten Vergleich der klinischen Scores sowie der Messungen der Ellenbogen-Flexion- und Unterarm-Supinations-Kraft nach LBS-Tenodese oder Tenotomie konnte in der vorliegenden Arbeit kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Zudem zeigte sich, dass es nach keiner der beiden etablierten Operationsvarianten 12 Monate postoperativ ein signifikanter Kraftverlust gegenüber der Gegenseite nachgewiesen werden konnte.

Ein limitierender Faktor für die erhobenen Ergebnisse stellte die geringe Probandenanzahl dar. Diese lässt sich anhand der restriktiven Einschlusskriterien erklären, wodurch eine Verfälschung der Ergebnisse, aufgrund von bestehenden Begleitpathologien verhindert werden sollte.

Nach ausführlicher Analyse der erhobenen Daten kann zur Reduktion der Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Distalisierung des Bizepsmuskels bei vorliegender Operationsindikation dem Patienten zu einer LBS-Tenodese geraten werden, wenn auch daraus kein funktioneller sondern lediglich ein kosmetischer Vorteil resultiert.

Die Hauptstärke der vorliegenden Studie liegt in dem erstmal durchgeführten prospektiv-randomisierten Studiendesign bei isolierten Läsionen der langen Bizepssehne. Zum zweiten ist das Patientenkollektiv jung und bildet damit sehr körperlich aktive Patienten wider, was für die Analyse der Bizeps-Funktion bei aktiven Patienten sehr wichtig ist.

Als Schwäche der Studie kann gewertet werden, dass nicht zusätzlich noch ein Vergleich der beiden Probandengruppen (LBS-Tenodese/ LBS-Tenotomie) mit einer gesunden Kontrollgruppe erfolgte.

Die umfangreiche Auswahl von sowohl subjektiven Patienten-Scores als auch objektiven Testverfahren stellt eine Stärke der Studie hinsichtlich der erhobenen Messparameter dar. Durch die standardisierte Kraftmessung durch eine Untersucherin wird die Möglichkeit der Vergleichbarkeit gewährleistet.

Eine weitere Stärke präsentiert sich in der Verwendung von nur ausreichend validierten und international norminierten klinischen Testverfahren.

Des Weiteren wurde für die Evaluation des Vorliegens einer Popeye-sign-Deformität als Distalisierung der stärksten Stelle des Bizepsmuskels um mehr als 20% fest definiert und nicht nur als Blickdiagnose des Untersuchers gewertet.

6 Literatur

1. Halder, A., *Anatomie und Kinematik des Schultergelenkes*. 2010: p. 11-27.
2. Blasler, R.B., R.E. Guldberg, and E.D. Rothman, *Anterior shoulder stability: Contributions of rotator cuff forces and the capsular ligaments in a cadaver model*. J Shoulder Elbow Surg, 1992. **1**(3): p. 140-50.
3. Kapandji, I.A., *The shoulder*. Clin Rheum Dis, 1982. **8**(3): p. 595-616.
4. Howell, S.M., et al., *Normal and abnormal mechanics of the glenohumeral joint in the horizontal plane*. J Bone Joint Surg Am, 1988. **70**(2): p. 227-32.
5. Inman, V.T., J.B. Saunders, and L.C. Abbott, *Observations of the function of the shoulder joint. 1944*. Clin Orthop Relat Res, 1996(330): p. 3-12.
6. Harryman, D.T., 2nd, et al., *Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff*. J Bone Joint Surg Am, 1991. **73**(7): p. 982-9.
7. Vangsness, C.T., Jr., et al., *The origin of the long head of the biceps from the scapula and glenoid labrum. An anatomical study of 100 shoulders*. J Bone Joint Surg Br, 1994. **76**(6): p. 951-4.
8. Neer, C.S., 2nd, E.V. Craig, and H. Fukuda, *Cuff-tear arthropathy*. J Bone Joint Surg Am, 1983. **65**(9): p. 1232-44.
9. Jost, B., P.P. Koch, and C. Gerber, *Anatomy and functional aspects of the rotator interval*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. **9**(4): p. 336-41.
10. Habermeyer, P., et al., *Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study*. J Shoulder Elbow Surg, 2004. **13**(1): p. 5-12.
11. Patzer T, H.P., Hurschler C, Bobrowitsch E, Wellmann M, Kircher J, u. a., *The influence of superior labrum anterior to posterior (SLAP) repair on restoring baseline glenohumeral translation and increased biceps loading after simulated SLAP tear and the effectiveness of SLAP repair after long head of biceps tenotomy.>*. J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al. November 2012;**21**(11):1580–7.
12. Alpantaki, K., et al., *Sympathetic and sensory neural elements in the tendon of the long head of the biceps*. J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(7): p. 1580-3.
13. Khazzam, M., et al., *Disorders of the long head of biceps tendon*. J Shoulder Elbow Surg, 2012. **21**(1): p. 136-45.
14. Murthi, A.M., C.L. Vosburgh, and T.J. Neviaser, *The incidence of pathologic changes of the long head of the biceps tendon*. J Shoulder Elbow Surg, 2000. **9**(5): p. 382-5.
15. Lafosse, L., et al., *Anterior and posterior instability of the long head of the biceps tendon in rotator cuff tears: a new classification based on arthroscopic observations*. Arthroscopy, 2007. **23**(1): p. 73-80.
16. Habermeyer, P., *[Tendon ruptures of the shoulder]*. Orthopade, 1989. **18**(4): p. 257-66; discussion 266-7.
17. Gerber, C. and A. Sebesta, *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, 2000. **9**(6): p. 483-90.
18. Walch, G., H. Dejour, and A.G. Trillat, *[Recurrent anterior luxation of the shoulder occurring after the age of 40]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1987. **73**(8): p. 609-16.
19. Castagna, A., et al., *Chondral print on humeral head: an indirect sign of long head biceps tendon instability*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2007. **15**(5): p. 645-8.

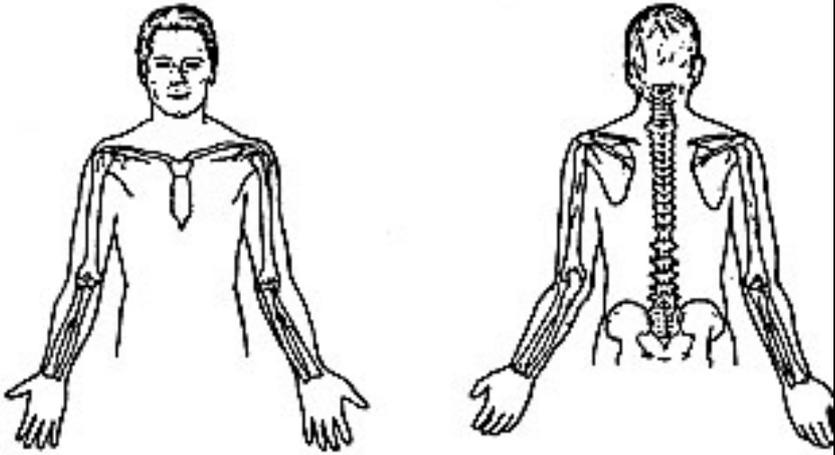
20. Snyder, S.J., et al., *SLAP lesions of the shoulder*. *Arthroscopy*, 1990. **6**(4): p. 274-9.
21. Maffet, M.W., G.M. Gartsman, and B. Moseley, *Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder*. *Am J Sports Med*, 1995. **23**(1): p. 93-8.
22. Burkhart, S.S. and C. Morgan, *SLAP lesions in the overhead athlete*. *Orthop Clin North Am*, 2001. **32**(3): p. 431-41, viii.
23. Patzer, T., et al., *Is there an association between SLAP lesions and biceps pulley lesions?* *Arthroscopy*, 2011. **27**(5): p. 611-8.
24. Bey, M.J., et al., *The mechanism of creation of superior labrum, anterior, and posterior lesions in a dynamic biomechanical model of the shoulder: the role of inferior subluxation*. *J Shoulder Elbow Surg*, 1998. **7**(4): p. 397-401.
25. Andrews, J.R., W.G. Carson, Jr., and W.D. McLeod, *Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps*. *Am J Sports Med*, 1985. **13**(5): p. 337-41.
26. Snyder, S.J., M.P. Banas, and R.P. Karzel, *An analysis of 140 injuries to the superior glenoid labrum*. *J Shoulder Elbow Surg*, 1995. **4**(4): p. 243-8.
27. Kim, T.K., et al., *Clinical features of the different types of SLAP lesions: an analysis of one hundred and thirty-nine cases*. *J Bone Joint Surg Am*, 2003. **85**(1): p. 66-71.
28. Kowalczyk, M., et al., *Proximal Long Head Biceps Rupture: A Predictor of Rotator Cuff Pathology*. *Arthroscopy*, 2018. **34**(4): p. 1166-1170.
29. Lichtenberg, S., P. Magosch, and P. Habermeyer, *[Superior labrum-biceps anchor complex]*. *Orthopade*, 2003. **32**(7): p. 616-26.
30. O'Brien, S.J., et al., *The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality*. *Am J Sports Med*, 1998. **26**(5): p. 610-3.
31. Warren, R.F., *Lesions of the long head of the biceps tendon*. *Instr Course Lect*, 1985. **34**: p. 204-9.
32. Denard, P.J., et al., *Arthroscopic biceps tenodesis compared with repair of isolated type II SLAP lesions in patients older than 35 years*. *Orthopedics*, 2014. **37**(3): p. e292-7.
33. Slenker, N.R., et al., *Biceps tenotomy versus tenodesis: clinical outcomes*. *Arthroscopy*, 2012. **28**(4): p. 576-82.
34. Gurnani, N., et al., *Tenotomy or tenodesis for pathology of the long head of the biceps brachii: a systematic review and meta-analysis*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016. **24**(12): p. 3765-3771.
35. Ge, H., et al., *Tenotomy or tenodesis for the long head of biceps lesions in shoulders: a systematic review and meta-analysis*. *PLoS One*, 2015. **10**(3): p. e0121286.
36. Gill, T.J., et al., *Results of biceps tenotomy for treatment of pathology of the long head of the biceps brachii*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2001. **10**(3): p. 247-9.
37. Ahrens, P.M. and P. Boileau, *The long head of biceps and associated tendinopathy*. *J Bone Joint Surg Br*, 2007. **89**(8): p. 1001-9.
38. Provencher, M.T., et al., *A prospective analysis of 179 type 2 superior labrum anterior and posterior repairs: outcomes and factors associated with success and failure*. *Am J Sports Med*, 2013. **41**(4): p. 880-6.
39. Patzer, T., et al., *Suprapectoral or subpectoral position for biceps tenodesis: biomechanical comparison of four different techniques in both positions*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2012. **21**(1): p. 116-25.
40. Gartsman, G.M. and S.M. Hammerman, *Arthroscopic biceps tenodesis: operative technique*. *Arthroscopy*, 2000. **16**(5): p. 550-2.

41. Ahmed, M., et al., *Biomechanical comparison of long head of biceps tenodesis with interference screw and biceps sling soft tissue techniques*. *Arthroscopy*, 2013. **29**(7): p. 1157-63.
42. Patzer, T., et al., *Biomechanical comparison of arthroscopically performable techniques for suprapectoral biceps tenodesis*. *Arthroscopy*, 2011. **27**(8): p. 1036-47.
43. Habermeyer, P., et al., *A new arthroscopic classification of articular-sided supraspinatus footprint lesions: a prospective comparison with Snyder's and Ellman's classification*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2008. **17**(6): p. 909-13.
44. Samilson, R.L. and V. Prieto, *Dislocation arthropathy of the shoulder*. *J Bone Joint Surg Am*, 1983. **65**(4): p. 456-60.
45. Richards, R.R., et al., *A standardized method for the assessment of shoulder function*. *J Shoulder Elbow Surg*, 1994. **3**(6): p. 347-52.
46. Kocher, M.S., et al., *Reliability, validity, and responsiveness of the American Shoulder and Elbow Surgeons subjective shoulder scale in patients with shoulder instability, rotator cuff disease, and glenohumeral arthritis*. *J Bone Joint Surg Am*, 2005. **87**(9): p. 2006-11.
47. Constant, C.R., et al., *A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2008. **17**(2): p. 355-61.
48. Scheibel, M., et al., *Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon*. *Am J Sports Med*, 2011. **39**(5): p. 1046-52.
49. Matsuoka, J., et al., *An analysis of symmetry of torque strength of the forearm under resisted forearm rotation in normal subjects*. *J Hand Surg Am*, 2006. **31**(5): p. 801-5.
50. Gordon, K.D., et al., *Electromyographic activity and strength during maximum isometric pronation and supination efforts in healthy adults*. *J Orthop Res*, 2004. **22**(1): p. 208-13.
51. Gunther, C.M., et al., *Grip strength in healthy caucasian adults: reference values*. *J Hand Surg Am*, 2008. **33**(4): p. 558-65.
52. Klonz, A., D. Loitz, and H. Reilmann, *[Proximal and distal ruptures of the biceps brachii tendon]*. *Unfallchirurg*, 2003. **106**(9): p. 755-63.
53. Sturzenegger, M., et al., *Muscular strength after rupture of the long head of the biceps*. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1986. **105**(1): p. 18-23.
54. Shank, J.R., et al., *A comparison of forearm supination and elbow flexion strength in patients with long head of the biceps tenotomy or tenodesis*. *Arthroscopy*, 2011. **27**(1): p. 9-16.
55. Duff, S.J. and P.T. Campbell, *Patient acceptance of long head of biceps brachii tenotomy*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2012. **21**(1): p. 61-5.
56. Zhang, Q., et al., *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. **23**(2): p. 464-9.
57. Hsu, A.R., et al., *Biceps tenotomy versus tenodesis: a review of clinical outcomes and biomechanical results*. *J Shoulder Elbow Surg*, 2011. **20**(2): p. 326-32.
58. Kerschbaum, M., et al., *[Arthroscopic tenodesis or tenotomy of the long head of the biceps tendon in preselected patients : Does it make a difference?]*. *Orthopade*, 2017. **46**(3): p. 215-221.
59. O'Sullivan, L.W. and T.J. Gallwey, *Upper-limb surface electro-myography at maximum supination and pronation torques: the effect of elbow and forearm angle*. *J Electromyogr Kinesiol*, 2002. **12**(4): p. 275-85.

60. Winters, J.M. and D.G. Kleweno, *Effect of initial upper-limb alignment on muscle contributions to isometric strength curves*. J Biomech, 1993. **26**(2): p. 143-53.
61. Phillips, B.B., et al., *Ruptures of the proximal biceps tendon in middle-aged patients*. Orthop Rev, 1993. **22**(3): p. 349-53.
62. Wittstein, J.R., et al., *Isokinetic strength, endurance, and subjective outcomes after biceps tenotomy versus tenodesis: a postoperative study*. Am J Sports Med, 2011. **39**(4): p. 857-65.
63. The, B., et al., *Long-term functional results and isokinetic strength evaluation after arthroscopic tenotomy of the long head of biceps tendon*. Int J Shoulder Surg, 2014. **8**(3): p. 76-80.
64. The, B., et al., *Biceps muscle fatty infiltration and atrophy. A midterm review after arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps*. Arthroscopy, 2015. **31**(3): p. 477-81.
65. Mariani, E.M., et al., *Rupture of the tendon of the long head of the biceps brachii. Surgical versus nonsurgical treatment*. Clin Orthop Relat Res, 1988(228): p. 233-9.
66. Kerschbaum, M., et al., *Elbow flexion and forearm supination strength in a healthy population*. J Shoulder Elbow Surg, 2017. **26**(9): p. 1616-1619.
67. Kelly, A.M., et al., *Arthroscopic release of the long head of the biceps tendon: functional outcome and clinical results*. Am J Sports Med, 2005. **33**(2): p. 208-13.
68. Mazzocca, A.D., et al., *Clinical outcomes after subpectoral biceps tenodesis with an interference screw*. Am J Sports Med, 2008. **36**(10): p. 1922-9.
69. Kerschbaum, M., et al., *Arthroscopic knotless suprapectoral tenodesis of the long head of biceps: clinical and structural results*. Arch Orthop Trauma Surg, 2016. **136**(8): p. 1135-42.
70. Koh, K.H., et al., *Treatment of biceps tendon lesions in the setting of rotator cuff tears: prospective cohort study of tenotomy versus tenodesis*. Am J Sports Med, 2010. **38**(8): p. 1584-90.
71. Lim, T.K., et al., *Patient-related factors and complications after arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps tendon*. Am J Sports Med, 2011. **39**(4): p. 783-9.
72. Frost, A., M.S. Zafar, and N. Maffulli, *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. **37**(4): p. 828-33.
73. Osbahr, D.C., A.B. Diamond, and K.P. Speer, *The cosmetic appearance of the biceps muscle after long-head tenotomy versus tenodesis*. Arthroscopy, 2002. **18**(5): p. 483-7.

7 Anhang

Schulter Fragebogen (ASES)

Selbstbeurteilung Ihrer Schulterbeschwerden (Zutreffendes bitte einkreisen)		
Haben Sie Schmerzen in der Schulter	ja	nein
Zeichnen Sie hier ein, wo die Schmerzen sind:		
		
Haben Sie nachts Schmerzen in der Schulter?	ja	nein
Nehmen Sie Schmerzmittel ein (Aspirin, Paracetamol, etc.)?	ja	nein
Nehmen Sie starke Schmerzmittel ein?	ja	nein
Wie viele Tabletten nehmen Sie jeden Tag ein (durchschnittlich)?	____Tabletten	

Wie stark sind Ihre Schmerzen			
heute? <u>VAS</u>			
keine Schmerzen 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---10 sehr starke Schmerzen			
Fühlt sich Ihre Schulter instabil an (als ob sie herausspringen wird)?		ja	nein
Wie instabil fühlt sich Ihre Schulter an?			
sehr stabil 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---10 sehr instabil			
Kreisen Sie bitte die Nummer ein, die am besten Ihre Fähigkeiten beschreibt, die folgenden Aktivitäten auszuführen: 0=unfähig; 1=fällt schwer; 2=etwas schwierig; 3=nicht schwierig			
Aktivität des täglichen Lebens	Betroffen e Schulter		
<u>ADL</u>			
1. eine Jacke anziehen	0	1	2 3
2. auf der schmerzhaften oder betroffenen Seite schlafen	0	1	2 3
3. den Rücken waschen / den BH am Rücken schließen	0	1	2 3
4. Intimhygiene	0	1	2 3
5. Haare kämmen	0	1	2 3
6. ein hohes Regal erreichen	0	1	2 3
7. 4,5 kg über Schulterniveau heben	0	1	2 3

8. einen Ball werfen (überhand)	0	1	2	3
9. gewohnte Arbeiten erledigen – welche:	0	1	2	3
10. gewohnten Sport ausüben – welchen:	0	1	2	3

Auswertung:

$$(10 - \text{VAS}) \times 5 + 5/3 \times \text{ADL} = \text{Score-Wert}$$

Simple Shoulder Test

	Ja	Nein
1. Sind sie bezüglich Ihrer betroffenen Schulter in Ruhe beschwerdefrei?		
2. Erlaubt Ihnen die betroffene Schulter einen komfortablen Schlaf?		
3. Können Sie zum Hemd in die Hose hineinstecken Ihren unteren Rücken mit dem betroffenen Arm erreichen?		
4. Können Sie Ihren unteren Rücken mit dem Handrücken erreichen und dabei den Ellenbogen zur Seite abspreizen?		
5. Können sie eine Münze auf einen Schrank in Höhe des Schultergelenks legen, ohne den Ellenbogen dabei zu beugen?		
6. Können sie 1/2 kg (1/2 2 l Milch) auf Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
7. Können Sie vier kg auf Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
8. Können Sie mit der betroffenen Schulter 10 kg tragen?		
9. Können Sie einen Softball 20 m mit einem Unterhandwurf mit der betroffenen Seite werfen?		
10. Können Sie einen Softball 20 m mit einem Überhandwurf mit der betroffenen Seite werfen?		
11. Können Sie den Rücken der anderen Schulter mit der betroffenen Hand waschen?		

12. Erlaubt Ihnen die betroffene Schulter vollzeit in Ihrem Beruf zu arbeiten?

LBS Score

Universitätsklinikum Düsseldorf Orthopädische Klinik

Dir.: Univ.-Prof. Dr. R. Krauspe

Fragebogen zur Evaluierung der Therapie der LBS-Läsion

© THP 2008

Lieber Patient!

Auf den folgenden Seiten finden Sie Fragen zur Funktion Ihrer operierten Schulter und der Gegenseite. Wir möchten Sie bitten, möglichst genaue Angaben zu machen. Bitte kreuzen Sie Zutreffendes an.

Wir danken Ihnen herzlich für Ihre Mitarbeit!

Aktuelles Datum: _____

Operierte Schulter: Rechts

Links sind Sie Rechtshänder oder Linkshänder

! Schmerz

Belastungsschmerz

Treten Schmerzen auf?

nein **(2 P)** bei Belastung **(1 P)** in Ruhe **(0 P)**

Wenn ja, bei welcher Belastung treten die Schmerzen auf (freier Text)?

Krämpfe

Sind nach der OP Krämpfe oder muskelkaterartige Beschwerden im Bizeps aufgetreten?

nein **(4 P)** ja

Wenn ja, wie lange nach der Operation bestanden die Krämpfe?

- Tage **(3 P)** Wochen **(2 P)** Monate **(1 P)** immer noch **(0 P)**

Wenn ja, wie oft treten diese auf:

- immer mehrmals täglich täglich
- gelegentlich bei Belastung nachts

II Kraft

Finden Sie, dass die Beugekraft im Ellenbogengelenk im Seitenvergleich

- gleich ist **(2 P)**
- etwas geringer **(1 P)**
- deutlich geringer **(0 P)**



Testen Sie die Beugekraft z.B. mit einer Einkaufstasche und halten das Gewicht über 5 Sekunden

I Äußeres Erscheinen

Finden Sie, dass der Bizepsbauch im Vergleich zur Gegenseite gleich ist?

der Oberarm ist seitengleich **(2 P)**

der Bizepsbauch ist im Seitenvergleich tiefer **(1 P)**

beim Anspannen des Bizeps zeigt sich eine deutliche Vorwölbung **(0 P)**



Das Beispielbild zeigt einen nach „unten gerutschten“

Bizepsbauch, der Pfeil markiert den Bizeps.

II Beweglichkeit

Strecken und Beugen des Ellenbogens

Vergleichen Sie mit der Gegenseite, ob Sie den operierten Arm frei bewegen können

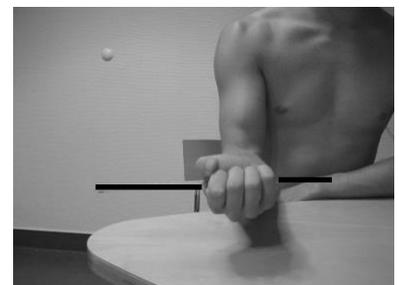
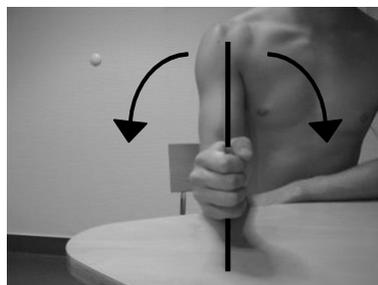
Sind Streckung und Beugung im Seitenvergleich eingeschränkt oder frei beweglich?



	Streckung	Beugung
Ellenbogen:	<input type="checkbox"/> frei (1 P) <input type="checkbox"/> eingeschränkt (0 P)	<input type="checkbox"/> frei (1 P) <input type="checkbox"/> eingeschränkt (0 P)

Umwenden der Hand

Ist die Umwendung der Hand nach innen bzw. nach außen im Seitenvergleich eingeschränkt (der Ellenbogen ist um 90° gebeugt)?



Drehung nach innen abgeschwächt?

Drehung nach außen eingeschränkt?

Nein (2 P)

Nein (2 P)

etwas (1 P)

etwas (1 P)

sehr (0 P)

sehr (0 P)

V) Funktion der Schulter im Beruf

Welchen Beruf üben Sie aus? _____

Arbeiten Sie hierbei körperlich? ja nein

VI) Zufriedenheit

Würden Sie die Operation auch für die andere Schulter durchführen lassen, wenn diese ebenso erkranken würde?

ja (1 P) nein (0 P)

Würden Sie Bekannten oder Freunden empfehlen, sich im Falle einer gleichen Erkrankung ebenso operieren zu lassen?

ja (1 P) nein (0 P)

Sportfähigkeit

Wenn Sie Sport treiben, füllen Sie bitte den beiliegenden Sportfragebogen aus.

VII) Anmerkungen von Ihnen:

Gesamtpunktzahl LBS Score / 18 Punkte

Liebe Patienten!

Auf den folgenden Seiten finden Sie Fragen zu gesundheitlichen Einschränkungen. Wir möchten Sie bitten, für **die erkrankte und gesunde Schulter** möglichst genaue Angaben zu machen. Bitte kreuzen sie die entsprechenden Antworten an!

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit!

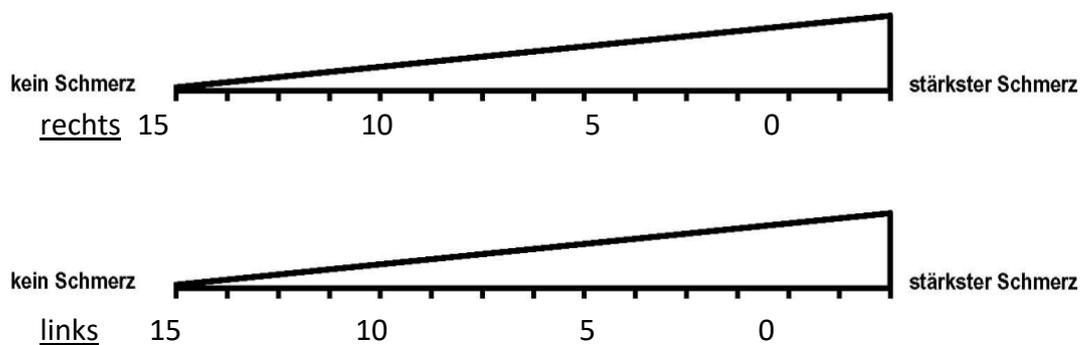
Bitte zutreffendes ankreuzen:

Beeinträchtigte Schulter: **rechts** **links**

Sind Sie **Rechtshänder** oder **Linkshänder** ?

I. Schmerz (15 Punkte)

Bitte kreuzen Sie die durchschnittliche Stärke Ihrer Schmerzen während der letzten Woche an:

**II. Aktivität des täglichen Lebens (ADL, 20 Punkte)**

Beruf Bitte kreuzen Sie an, ob Sie durch deren Einsetzbarkeit bzw. Schmerzen bei den Tätigkeiten in Ihrem **Beruf** durch die zu operierende Schulter eingeschränkt sind. (Sollten Sie nicht berufstätig sein, dann treffen Sie bitte die Angaben entsprechend der Haupttätigkeiten Ihres Alltags)

	links	rechts
a. nicht eingeschränkt	4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. weniger als zur Hälfte eingeschränkt	3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. zur Hälfte eingeschränkt	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. mehr als zur Hälfte eingeschränkt	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. vollständig eingeschränkt	0 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. Freizeit und Sport Bitte kreuzen Sie für **beide Schultern** an, ob Sie durch deren Einsetzbarkeit bzw. Schmerzen bei den Aktivitäten in Ihrer **Freizeit** (Hobby, Sport, Garten etc.) eingeschränkt sind.

a. nicht eingeschränkt	4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. weniger als zur Hälfte eingeschränkt	3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. zur Hälfte eingeschränkt	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. mehr als zur Hälfte eingeschränkt	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. vollständig eingeschränkt	0 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Schlaf Kreuzen Sie bitte an, ob Sie in Ihrem **Schlaf** durch Schmerzen in der Schulter gestört sind.

a. nicht gestört	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. gelegentliches Aufwachen	1 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. regelmäßiges Aufwachen	0 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Arbeitshöhe Kreuzen Sie bitte an, bis zu welcher **Höhe** Sie Tätigkeiten verrichten können, ohne eingeschränkt zu sein oder Schmerzen zu empfinden. Tätigkeiten (wie z.B. Wäsche auf die Leine zu hängen) sind möglich bis...

a. über den Kopf	10 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Scheitelhöhe	8 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Nackenhöhe	6 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Brusthöhe	4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Gürtelhöhe	2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gesamtpunkte ADL: ||

DIESE SEITEN WERDEN VON IHREM ARZT AUSGEFÜLLT

III. Bewegungsumfang (40 Punkte)

Flexion (10 Punkte) **rechts**
links

- | | |
|-------------|-----------|
| a. 151-180° | 10 |
| b. 121-150° | 8 |
| c. 91-120° | 6 |
| d. 61-90° | 4 |
| e. 31-60° | 2 |

Abduktion (10 Punkte)

- | | |
|-------------|-----------|
| a. 151-180° | 10 |
| b. 121-150° | 8 |
| c. 91-120° | 6 |
| d. 61-90° | 4 |
| e. 31-60° | 2 |

Aussenrotation (10 Punkte)

- | | |
|--------------------------|----------|
| Hand hinter Kopf | |
| - mit Ellenbogen vorne | 2 |
| - mit Ellenbogen hinten | 2 |
| Hand auf dem Kopf | |
| - mit Ellenbogen vorne | 2 |
| - mit Ellenbogen hinten | 2 |
| Volle Elevation vom Kopf | 2 |

Innenrotation (10 Punkte)

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| Handrücken Schulterblatt | 10 <input type="checkbox"/> |
| Handrücken BWK 12 | 8 <input type="checkbox"/> |
| Handrücken LWK 1 | 6 <input type="checkbox"/> |
| Handrücken LWK 3 | 4 <input type="checkbox"/> |
| Handrücken Gesäß | 2 <input type="checkbox"/> |
| Handrücken Oberschenkel | 0 <input type="checkbox"/> |

Gesamtpunkte Bewegungsumfang: _____||_____

IV. Kraft (25 Punkte)

Arm in 90° Abduktion und voller Innenrotation in der Skapulaebene (Jobe-Test)

Messdauer 5 Sek., ½ kg = 1 Punkt, Max. 12,5 kg = 25 Punkte

rechts Gewicht (kg): _____ Punkte (Gewicht x 2): _____

links Gewicht (kg): _____ Punkte (Gewicht x 2): _____

rechts Gesamt-Punkte: _____

links Gesamt-Punkte: _____

8 Danksagung

Mein aufrichtiger Dank für die freundliche Bereitstellung des Themas sowie die konstruktive und engagierte Betreuung gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Thilo Patzer.

Mit seinem fundierten Wissen hat Herr Priv.-Doz. Dr. med. Patzer mir stets bei der Verwirklichung dieser Arbeit geholfen. Bei Fragen war er stets ansprechbar und leistete Hilfestellungen im Rahmen dieser Arbeit.

Mein Dank gilt dem Direktor der Orthopädisch- unfallchirurgischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf, Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf, für die Möglichkeit diese Studie in seiner Klinik als Doktorandin durchzuführen.

Mein herzlicher Dank gebührt Herrn OA Dr. med. Martin Hufeland für die sehr gute Unterstützung, wertvollen Ratschlägen und Hilfestellungen sowie die unersetzliche Hilfe des Korrekturlesens.

Abschließend gilt besonderer Dank meiner Familie, meinem Freund und Freunden sowie insbesondere meinem Onkel, welcher mich auf dem langen Weg zur Promotion stets unterstützt und ermutigt hat.