

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf

Die suprapektorale arthroskopische Tenodese der langen Bizepssehne mit
einschenklig intraossärer Sehnenrefixation mit der Swive-Lock-Schraube

-

Ergebnisse basierend auf Kraftmessung und klinischen Scores

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Carina Kersting

2023

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

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Thilo Patzer

Zweitgutachter: PD Dr. med. Julian Kirchner

Meiner Familie

Teile dieser Arbeit wurden vorab veröffentlicht:

Originalarbeit:

Ziskoven C, Kolem C, Stefanovska K, Kircher J, Krauspe R, Patzer T

„Die suprapektorale arthroskopische Tenodese der langen Bizepssehne: Ergebnisse der einschenkigen intraossären Sehnenrefixation mit der Swive-Lock-Schraube basierend auf Kraftmessung und klinischen Scores“

Obere Extrem. März 2014;9(1):24-31.

Hufeland M, Kolem C, Ziskoven C, Kircher J, Krauspe R, Patzer T

“The influence of suprapectoral arthroscopic biceps tenodesis for isolated biceps lesions on elbow flexion force and clinical outcomes”

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1. Oktober 2017;25(10):3220–8.

Zusammenfassung

Hintergrund

Eine Läsion der langen Bizepssehne (=LBS) ist eine häufige Ursache von Schulterschmerzen. Neben einer konservativen Therapie gibt es verschiedene operative Optionen, wie Tenotomie und Tenodese. Bei der Tenodese wird die LBS durchtrennt und entweder am Humerus oder an naheliegenden Weichteilen fixiert. Für diese Operation gibt es verschiedene Zugangswege, anatomische Lokalisationen und Formen der Sehnen-Refixation. Anhand von biomechanischen Studien wurde eine Operationstechnik entwickelt, bei der die LBS suprapektoral durch einen vollständig arthroskopischen Eingriff mit einer bioresorbierbaren Interferenzschraube fixiert wird. In der vorliegenden Arbeit werden die klinischen Ergebnisse dieser Operationsmethode beschrieben und erläutert.

Material und Methoden

Dabei wurden drei verschiedene Aspekte untersucht: Isometrische Kraftmessung, patientenbasierte klinische Scores und das Auftreten der sog. Popeye-Sign-Deformität. Die Kraft wurde in 90° und 10° Ellenbogenflexion und analog zum O'Brien Test in 90° Elevation, Hyperadduktion und Innenrotation der Schulter gemessen. Zur Auswertung der klinischen Scores wurden die Ergebnisse des SST, des ASES, des CMS und eines LBS-Fragebogens erhoben. Für die Bestimmung des Popeye-Signs wurden Messungen des größten Umfangs des Oberarms bei einer Kontraktion des Bizeps und des Abstands dieser Stelle zum Epicondylus lateralis humeri durchgeführt.

Ergebnisse

Von 27 konsekutiv operierten Patienten wurden 17 Patienten in die Studie eingeschlossen. Die Kraftmessungen zeigten, dass präoperativ bei allen drei getesteten Modalitäten ein signifikanter Unterschied zwischen der gesunden und der erkrankten Schulter vorlag. Für die Kraftmessung in 90°-Ellenbogenflexion bestand dieser Unterschied ab dem 6. Monat nicht mehr. In der 10°-Ellenbogenflexion bestand ab der ersten Nachuntersuchung nach 3 Monaten kein signifikanter Unterschied mehr gegenüber der gesunden Gegenseite. Bei der Kraftmessung analog zum O'Brien Test bestand zwischen dem 6. und 12. postoperativen Monat kein signifikanter Unterschied mehr zwischen gesunder und operierter Schulter. Nach 24 Monaten setzte sich dieser Trend nicht fort. Alle klinischen Scores zeigten signifikante Verbesserungen gegenüber dem präoperativen Messzeitpunkt. Bei 3 Patienten trat ein Popeye-Sign auf, was aber nicht mit der subjektiven Einschätzung der Patienten korrelierte. Bei allen 3 Patienten konnte sonographisch eine suffiziente Tenodese nachgewiesen werden.

Diskussion

Die Tenodese der langen Bizepssehne nach der vorgestellten Operationsmethode ist eine sichere Therapieoption mit einem guten bis sehr guten klinischen Outcome. Insbesondere die klinischen Scores sprechen für eine hohe subjektive Patientenzufriedenheit. Die Kraftmessungen ermöglichten aber keinen eindeutigen Schluss. Auch bei suffizienter Tenodese konnte das Entstehen der Popeye-Deformität nicht vermieden werden. Allerdings fehlen weitere Studien, um verbindlich erheben zu können, bei welcher Therapieoption langfristig mit dem besten klinischen Ergebnis zu rechnen ist.

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
act.	<i>active / aktiv</i>
ADL	<i>activities of daily living</i>
AG	Aktiengesellschaft
ANOVA	<i>analysis of variance</i>
ASES	<i>American Shoulder and Elbow Surgeons standardized Shoulder assessment form</i>
bspw.	beispielsweise
CHL	coracohumerales Ligament
cm	Centimeter
CMS	Constant Murley Score
Corp.	<i>Corporation</i>
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
Dist.	Distanz
engl.	englisch
et al.	et alii
FU	<i>follow-up</i>
i. d. R.	in der Regel
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
Kap.	Kapitel
LBS	Lange Bizepssehne
LHB	<i>long head of the biceps</i>

M.	musculus
mm	Millimeter
Mo	Monat
N	Newton
n. s.	nicht signifikant
o. g.	oben genannt
pass.	passiv
Proc.	Processus
ROM	<i>range of movement</i>
s.	siehe
s. o.	siehe oben
SD	<i>standard deviation</i>
SGHL	superiors glenohumerales Ligament
SLAP	<i>Superior Labrum Anterior and Posterior</i>
sog.	sogenannte
SST	<i>Simple Shoulder Test</i>
u. a.	unter anderem
Um.	Umfang
vgl.	vergleiche
VK	Verlaufskontrolle
vs.	versus

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie der langen Bizepssehne	1
1.1.1	Ursprung der LBS im Glenohumeralgelenk.....	2
1.1.2	Bizeps-Pulley.....	4
1.1.3	Funktion und Mechanik.....	6
1.2	Läsionen der LBS.....	7
1.2.1	SLAP-Läsionen	7
1.2.1.1	Definition und Klassifikation	7
1.2.1.2	Ätiopathogenese	9
1.2.2	Pulley-Läsionen.....	11
1.2.2.1	Definition und Klassifikation	11
1.2.2.2	Ätiopathogenese	12
1.2.3	Diagnostik	13
1.2.4	Therapie.....	17
1.3	Operationsablauf	19
2	Ziele der Arbeit	23
2.1	Kraftmessung	23
2.2	Klinische Scores.....	23
2.3	LBS-Tenodese und Popeye-Sign-Deformität.....	23
3	Material und Methoden.....	25
3.1	Patientenkollektiv.....	25
3.2	Datenschutz	26
3.3	Klinische Untersuchung	26
3.3.1	Kraftmessung.....	27
3.3.2	Klinische Scores	28
3.3.2.1	Constant Murley Score	28
3.3.2.2	ASES.....	29
3.3.2.3	SST	29
3.3.2.4	LBS-Score.....	29
3.3.3	Oberarmumfang und Popeye Sign	30
3.4	Statistische Methode	31
3.4.1	Überprüfung der Normalverteilung.....	32
3.4.2	Mittelwertvergleich	32

	3.4.3	Varianzanalyse	33
	3.4.4	Korrelation.....	34
4		Ergebnisse	36
	4.1	Kraftmessung	36
	4.1.1	LBS 90°	36
	4.1.2	LBS 10°	39
	4.1.3	O'Brien.....	42
	4.2	Klinische Scores.....	45
	4.2.1	Constant Murley Score.....	45
	4.2.2	ASES	49
	4.2.3	SST	51
	4.2.4	LBS-Score	52
	4.3	LBS und Popeye.....	53
	4.3.1	Umfang.....	53
	4.3.2	Distanzmessung.....	55
	4.3.3	Popeye-Sign-Deformität.....	56
5		Diskussion.....	59
	5.1	Kritische Evaluierung der Ergebnisse	59
	5.1.1	Kraftmessung.....	59
	5.1.2	Klinische Scores	60
	5.1.3	Popeye-Sign.....	61
	5.2	LBS-Tenodese: Die Therapie der Wahl?	62
	5.2.1	Tenotomie vs. Tenodese.....	62
	5.2.2	SLAP-Repair vs. Tenodese	63
	5.2.3	Tenodese.....	63
	5.3	Stärken und Schwächen der Studie	65
6		Schlussfolgerungen und Ausblick.....	67
7		Literatur- und Quellenverzeichnis	69
8		Anhang	83
	8.1	Schulter-Fragebogen (ASES).....	83
	8.2	Simple Shoulder Test	86
	8.3	LBS Score	88
	8.4	Schulterfragebogen zum Constant Score	95

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem klinischen Outcome nach einer einschenkligen suprapektoralen Tenodese zur Behandlung von Läsionen der langen Bizepssehne (LBS). Die anatomischen und mechanischen Gegebenheiten der LBS sind in vielerlei Hinsicht grundlegend für die Pathophysiologie und die arthroskopische Diagnostik.

Vorab sollte darauf hingewiesen werden, dass mit der Bezeichnung "Bizeps" im Folgenden immer der M. biceps brachii und nicht der M. biceps femoris des Beines gemeint ist.

1.1 Anatomie der langen Bizepssehne

Der Ursprung des M. biceps brachii befindet sich an zwei Stellen, worauf auch der Name „zweiköpfiger Muskel des Armes“ verweist. Beide Köpfe entspringen am Schulterblatt (Scapula). Die Sehne des Caput longum entspringt am Tuberculum supraglenoidale (s. Kap 1.1.1) und die Sehne des Caput breve entspringt am Proc. coracoideus. Die Muskelbäuche dieser beiden Köpfe vereinen sich zu einer distalen Sehne, die an der Tuberositas radii ansetzt. Deshalb ist der Bizeps ein zweiköpfiger, aber auch ein zweigelenkiger Muskel, der sowohl auf das Schulter- als auch auf das Ellenbogengelenk wirkt. Der Bizeps formt dabei maßgeblich die Ventralseite des Oberarms (1,2).

Die lange Bizepssehne ist durchschnittlich 102 mm lang, wobei die Länge vom Geschlecht und von der Körpergröße abhängt (3). Ihr Durchmesser liegt bei etwa 5-6 mm, wobei der intraartikuläre Anteil eher flach und breit und der extraartikuläre Anteil eher rund geformt ist (4).

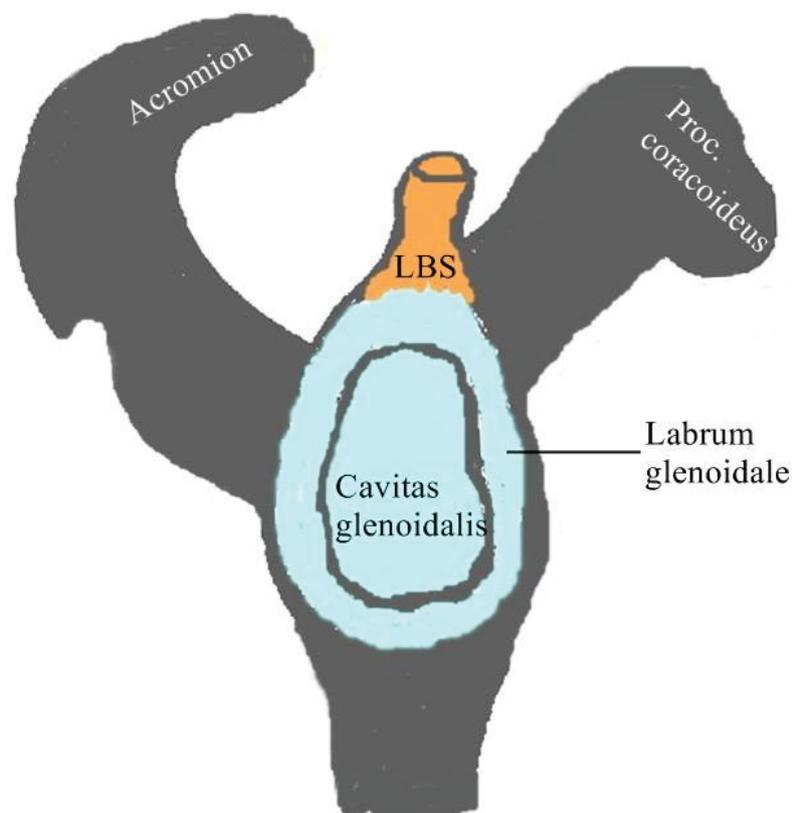
Die Blutversorgung der proximalen LBS erfolgt durch die A. circumflexa humeri, deren Äste in den Sulcus intertubercularis reichen. Die nach außen gerichtete Oberfläche der Sehne weist ein charakteristisches Gefäßmuster auf. Die Oberfläche, die auf dem Humerus aufliegt und bei einer Bewegung über das Caput humeri und den Sulcus intertubercularis gleitet, ist dagegen nicht vaskularisiert (4–6). Das Labrum glenoidale wird von der A. suprascapularis, A. circumflexa scapulae und A. circumflexa humeri posterior versorgt (6).

Die Innervation der LBS erfolgt durch ein Netzwerk sensorischer sympathischer Nervenfasern (7). Diese Nervenfasern enthalten die Neuropeptide Substanz P und CGRP (*Calcitonin Gene Related Peptide*), die neben der Vasodilatation und der Plasmaextravasation auch das Schmerzempfinden vermitteln (8). Außerdem konnte die Ausprägung von α_1 -adrenergen Rezeptoren in der LBS nachgewiesen werden (9). Deshalb könnte eine Schädigung der LBS eine potentielle Ursache für anterosuperiore Schulterschmerzen sein (7–10).

1.1.1 Ursprung der LBS im Glenohumeralgelenk

In diesem Kapitel wird auf den Ursprung der LBS am Tuberculum supraglenoidale und am Labrum glenoidale eingegangen.

Der Ursprung der langen Bizepssehne am Tuberculum supraglenoidale befindet sich intraartikulär, aber extrasynovial im Glenohumeralgelenk, weil die Sehne von einem



*Abb. 1: Ursprung der LBS (= lange Bizepssehne)
Schematische Darstellung der rechten Scapula, Ansicht von lateral.
Zeichnung nach Gray (2)*

eigenen synovialen Blatt umgeben ist (3). Dabei entspringen Fasern am oberen Labrum glenoidale, das rings um die Gelenkpfanne liegt (s. Abb. 1; 11).

Anatomische Studien belegen, dass es mehrere physiologische Varianten des Ursprungs der LBS am Labrum glenoidale gibt (12–14). Vagness et al. beschrieben 4 Typen der Zügelbildung: Beim Typ I entspringen die Fasern vollständig am posterioren Anteil des Labrums, beim Typ II entspringt ein kleiner Teil der Fasern am vorderen Abschnitt des Labrums und der Hauptanteil posterior. Beim Typ III liegt eine gleichmäßige Verteilung vor und beim Typ IV entspringt der Hauptteil der Fasern am anterioren Labrum (12).

Die folgenden Normvarianten sollten bei der Diagnostik in Betracht gezogen werden.

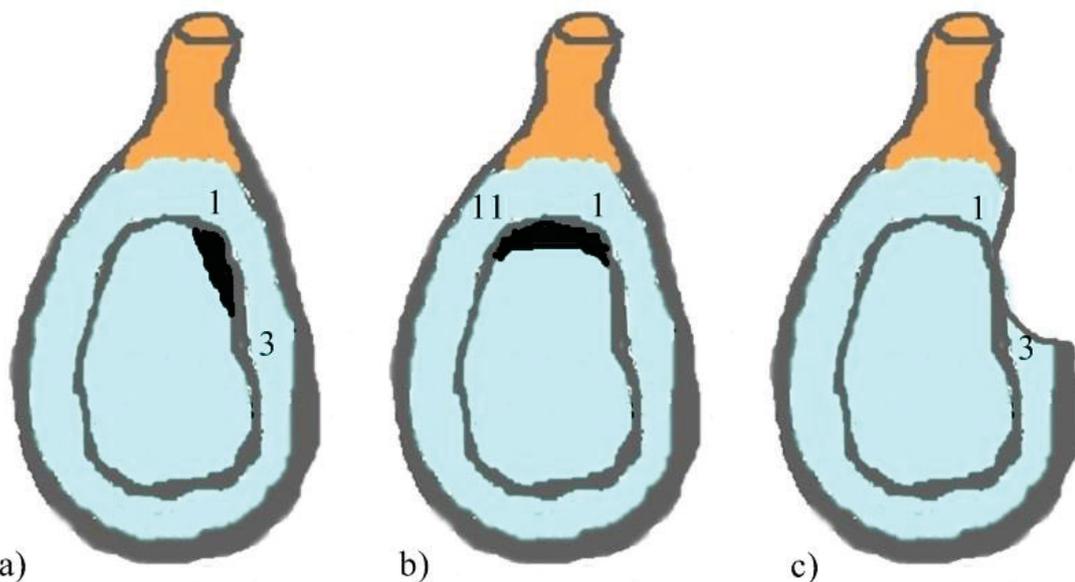


Abb. 2: Schematische Darstellung der anatomischen Normvarianten des Labrumkomplexes: a) Sublabrales Foramen; b) Sublabraler Recessus; c) Buford-Komplex. Zeichnung nach Kanatli (14)

Das sublabrale Foramen tritt in ca. 10 % asymptomatischer Schultern auf, weshalb es sich um eine gängige Normvariante handelt (15). Es befindet sich im anterosuperioren Anteil des Labrums in der Position von 1 Uhr bis 3 Uhr und liegt anterior des Bizepssehnenursprungs (s. Abb. 2; 16). Beim sublabralen Foramen ist keine therapeutische Intervention erforderlich (17).

Eine weitere Normvariante ist der sublabrale Recessus oder Sulcus, bei dem das Labrum glenoidale nicht zwangsläufig vollständig bündig an das Tuberculum supraglenoidale ansetzt. Dabei kann eine anatomisch präformierte Tasche des oberen Labrumkomplexes zwischen der Position von 11 Uhr bis 1 Uhr am Tuberculum supraglenoidale dargestellt

werden, die von einer pathologischen Ablösung zu unterscheiden ist (s. Abb. 2; 18,19). Mihata et al. haben einen Score in Abhängigkeit von der Tiefe dieses physiologischen Recessus entwickelt (19).

Eine weniger häufige Normvariante ist der sog. Buford-Komplex (15,20,14). Beim Vorliegen eines Buford-Komplexes fehlt das anterosuperiore Labrum und das mittlere glenohumerale Band setzt stark ausgeprägt und in schnurähnlicher Konfiguration am Glenoid oder am Bizepssehnenanker an (s. Abb. 2; 15). Wenn dieses Ligament nicht erkannt und während einer Operation am Glenoid fixiert wird, dann können Elevation und Außenrotation nur noch eingeschränkt oder unter Schmerzen möglich sein (21).

Ob und in welchem Ausmaß die genannten Normvarianten das Entstehen einer SLAP-Läsion begünstigen, konnte noch nicht verbindlich geklärt werden (22). Außerdem sollten bei allen o. g. Varianten altersabhängige Veränderungen in Betracht gezogen werden. Pfahler et al. konnten bei asymptomatischen Schultern signifikante Veränderungen in Abhängigkeit vom Lebensalter nachweisen (23).

1.1.2 Bizeps-Pulley

Nach dem Ursprung am Tuberculum supraglenoidale verläuft die LBS schräg durch das Glenohumeralgelenk über das Caput humeri (vgl. Abb. 5; Kap. 1.1.3). Die LBS wird durch anatomische Strukturen im sog. Rotatorenintervall gehalten. Der Begriff Rotatorenintervall bezieht sich dabei auf den dreieckigen Raum im anterosuperioren Anteil des Glenohumeralgelenks, das caudal-ventral durch den anterioren Anteil der Sehne des M. subscapularis und kranial-dorsal von der Sehne des M. supraspinatus begrenzt wird. Medial wird das Rotatorenintervall durch die Basis des Proc. coracoideus begrenzt (24–26).

Eine Weichteilschlinge aus Sehnen und Bändern formt den sog. Bizeps-Pulley-Komplex (*pulley* = engl. für Flaschenzug) (24,25,27). Die Anatomie dieses Pulley-Systems bildet die Grundlage für die sog. Pulley-Läsionen (s. Kap. 1.2.2).

Das Pulley-System besteht aus Fasern des Lig. coracohumerale (= CHL), des Lig. glenohumerale superius (= SGHL) und den Sehnen des M. subscapularis und des M. supraspinatus. Darüber hinaus wird es oberflächlich durch den Fasciculus obliquus verstärkt (s. Abb. 3 und 4; 11,24–27).

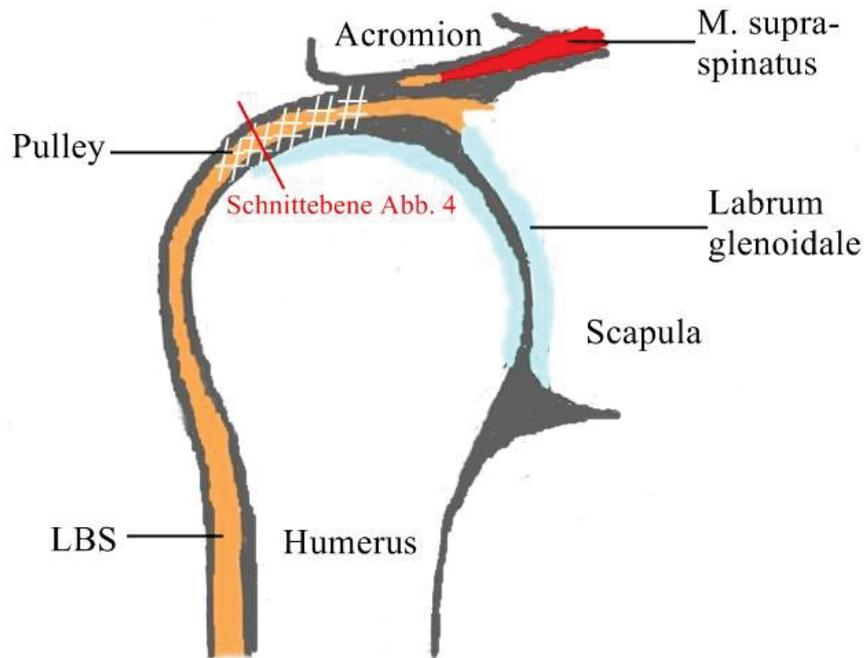
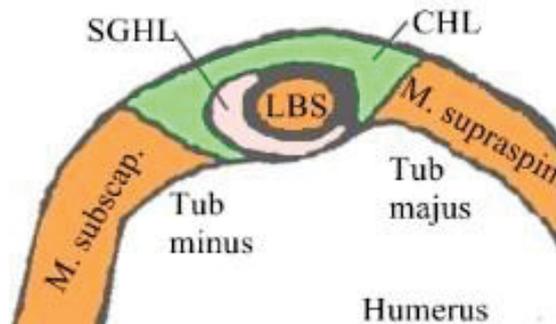


Abb.3: Intra- und extraartikulärer Verlauf der LBS (= lange Bizepssehne)
Schematische Darstellung des rechten Glenohumeralgelenkes, Ansicht von ventral. Die Gelenkflächen werden hellblau und die Lage des Bizeps-Pulley-Komplexes wird schraffiert dargestellt. Zeichnung nach Paulsen (1)



M. = Musculus
subscap. = subscapularis
supraspin. = supraspinatus
Tub = Tuberculum
LBS = lange Bizepssehne
SGHL = Superiores Glenohumerales

Abb.4: Schematische Darstellung des Bizeps-Pulley-Systems
Schnitt durch das Caput des rechten Humerus unmittelbar vor dem Eintritt der LBS in den Sulcus intertubercularis (vgl. Abb. 3). Zeichnung nach Habeymeyer(27)

Der extraartikuläre Anteil der Sehne verläuft über das Caput humeri in den Sulcus intertubercularis des Humerus (4). Im Sulcus intertubercularis wird die LBS vom sog. Lig. transversum des Humerus bedeckt, das kein Band im engeren anatomischen Sinn darstellt, sondern hauptsächlich aus Fasern der Sehnen des M. subscapularis besteht (28). Dieses Band trägt nicht maßgeblich zur Stabilisierung der Sehne im Sulcus bei (28,29).

1.1.3 Funktion und Mechanik

Eine Kontraktion des M. biceps brachii bewirkt eine Flexion im Ellenbogengelenk und eine Supination im Unterarm. Eine Kontraktion des langen Kopfes führt zur Abduktion und eine Kontraktion des kurzen Kopfes führt zur Adduktion im Schultergelenk. Darüber hinaus sind beide Köpfe an der Anteversion und Innenrotation beteiligt (1,4,8,30,31).

Welche Rolle die lange Bizepssehne im Schultergelenk spielt, konnte dagegen bisher nicht eindeutig geklärt werden. Andrews et al. konnten feststellen, dass die LBS den Humeruskopf nach einer elektrischen Stimulation des Bizeps aktiv in die Richtung des Glenoids schiebt (sog. Depressorwirkung) (32). Andere Untersuchungen führten dagegen zum Ergebnis, dass die LBS nicht an der Bewegung im Schultergelenk beteiligt ist. Entweder kommt ihr eine völlig passive Rolle zu oder sie wirkt nur in einer Verbindung mit Flexion oder Supination des Unterarms. Wenn die Bewegung im Ellenbogen durch eine Schiene verhindert wird, dann kann keine signifikante elektromyographische Aktivität der LBS bei einer aktiven Bewegung der Schulter nachgewiesen werden (33,34). Weitere Forschungsergebnisse unterstützen die Annahme, dass die LBS nur einen minimalen Einfluss auf die Kinematik des Glenohumeralgelenks hat (35).

Als gesichert gilt die Erkenntnis, dass die LBS zur Stabilisierung des Glenohumeralgelenks beiträgt. Über welche Mechanismen und in welchem Ausmaß diese Stabilisierung wirksam ist, konnte bisher aber nicht eindeutig geklärt werden (36–43). Bei biomechanischen Untersuchungen zeigte sich, dass die LBS zur anterioren Schulterstabilität beiträgt und die Schulter insbesondere in der außenrotierten und abduzierten Position stabilisiert, da in dieser Position hohe Rotationskräfte wirksam sind (37). Außerdem bewirkt die LBS eine Zentrierung des Humeruskopfes in der Abduktion (36). Bei Schultern mit anteriorer Instabilität hat die LBS eine erhöhte elektromyographische Aktivität, was ebenfalls für ihre Beteiligung an der anterioren Stabilisierung spricht (4). Diese verschiedenen Untersuchungen stützen die Annahme, dass die LBS nicht aktiv an der Stabilisierung des Glenohumeralgelenks beteiligt ist, aber passiv als eine Art Sperre den Humeruskopf vor einer zu großer Translation nach anterior schützt (8).

Bei einer Bewegung der Schulter gleitet die LBS in und aus dem Glenohumeralgelenk und verändert ihre Lage in Abhängigkeit von der Position (s. Abb. 5; 44,45). Braun et al. beschrieben dabei eine Gleitamplitude von bis zu 17,8 mm (46). Bei Neutralstellung und

Innenrotation verläuft die LBS schräg durch das Glenohumeralgelenk. Bei Außenrotation gleitet die Sehne über den Humeruskopf. Die Sehne ist dabei vor allem Scherkräften in Richtung anteromedial ausgesetzt, die vom Pulley-System abgefangen werden (25,46).

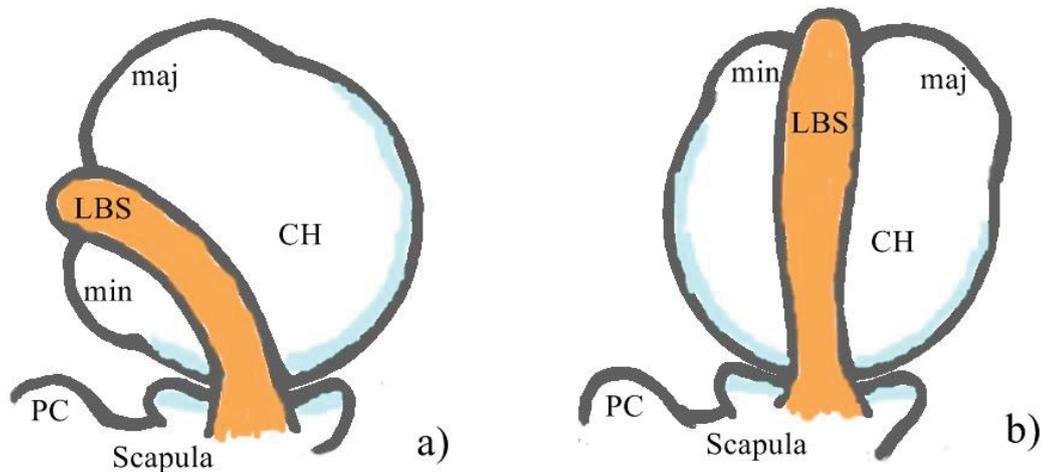


Abb. 5: Mechanik der LBS, rechtes Glenohumeralgelenk von axial
a) In Innenrotation zieht die lange Bizepssehne (LBS) schräg über das Caput humeri (CH) in den Sulcus intertubercularis zwischen Tuberculum minus (min) und Tuberculum majus (maj).
b) In Außenrotation zieht die LBS gerade über den Apex des Caput humeri. PC = Processus coracoideus. Zeichnung nach Sethi (45)

1.2 Läsionen der LBS

Läsionen der langen Bizepssehne wurden in der Literatur mehrfach als Ursache von anterosuperioren Schulterschmerzen beschrieben (4,7,8,11,44,47,48). Meistens treten diese Läsionen aber nicht isoliert auf, sondern sind mit weiteren Pathologien der Schulter verbunden, wie Rupturen der Rotatorenmanschette (21,49). Die Inzidenz für SLAP-Läsionen liegt zwischen ca. 4 % und 26 % (50,51). Im Folgenden werden die Läsionen vorgestellt, die in die Einschlusskriterien der vorliegenden Studie einbezogen wurden. Da sich Diagnostik und Therapie bei SLAP- und Pulley-Läsionen deutlich überschneiden, werden diese Aspekte für beide Läsionen gemeinsam dargestellt.

1.2.1 SLAP-Läsionen

1.2.1.1 Definition und Klassifikation

Unter dem Titel „Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps“ wurden 1985 erstmals Läsionen des Labrum glenoidale bei Wurfspielern beschrieben (32). 1990

wurde von Snyder et al. der Begriff SLAP-Läsionen eingeführt, wobei das Akronym SLAP für *Superior Labrum Anterior and Posterior* steht (50). Auf diese Arbeitsgruppe geht auch die heute gängige Klassifikation der SLAP-Läsionen der Typen I-IV zurück. SLAP-Läsionen befinden sich zwischen der 9 Uhr und 3 Uhr der Position des Labrums (s. Abb. 6). Diese Einteilung wurde später von Maffet et al. durch die Typen V-VII ergänzt (52). Außerdem wird heutzutage in der Klinik eine Unterteilung der SLAP-II-Läsionen nach ihrer Lokalisation in drei Subtypen nach Morgan et al. verwendet (53). In der Tabelle 1 wird die Klassifikation der Läsionen dargestellt.

I	Auffaserung des superioren Labrums und des Bizepssehnenankers Keine Ablösung vom Glenoid
II	Ablösung des Labrum-Bizepssehnen-Komplexes vom Glenoid
A	Ventrale Position
B	Dorsale Position
C	Kombiniert ventral und dorsal
III	Korbhenkelriss des superioren Labrums Bizepssehnenanker intakt, am Tuberculum supraglenoidale fixiert
IV	Einriss des Bizepssehnenankers
V	Kombination aus Bankart-Läsion mit einem Übergang zur SLAP-II-Läsion
VI	Lappenriss mit einer Instabilität im oberen Labrum
VII	SLAP-II-Läsion mit einem Übergang in das mittlere glenohumerale Ligament

Tabelle 1: Klassifikation der SLAP-Läsionen nach Snyder, Maffet und Morgan

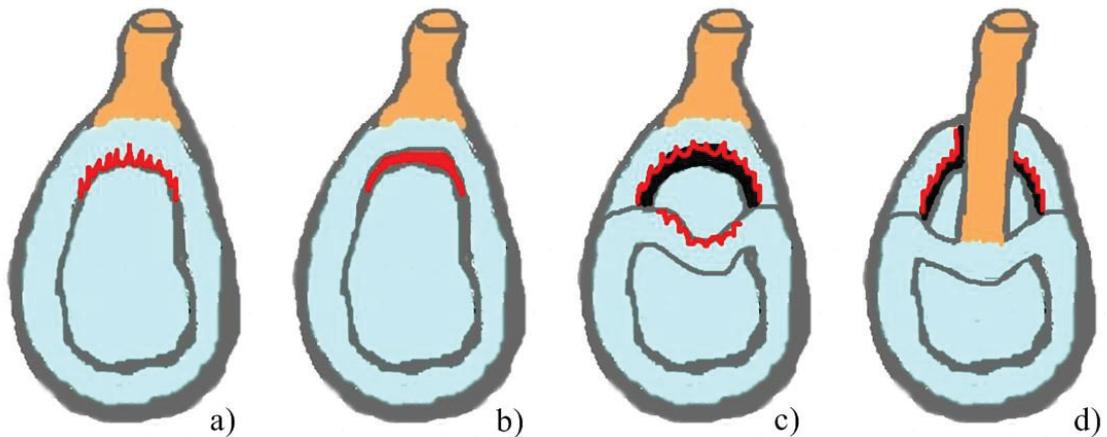


Abb. 6: Schematische Darstellung der SLAP-Klassifikation nach Snyder
 a) SLAP I; b) SLAP II; c) SLAP III, d) SLAP IV
 SLAP = Superior Labrum Anterior and Posterior. Zeichnung nach Snyder (50)

1.2.1.2 Ätiopathogenese

Für die Entstehung von Läsionen der LBS kommen im Wesentlichen drei Pathomechanismen in Frage: Makrotraumata, Mikrotraumata und Läsionen durch Instabilität (22).

Makrotrauma

Ein möglicher Pathomechanismus zur Entstehung von SLAP-Läsionen ist ein direktes Trauma. Durch eine Kompression oder eine verstärkte Translation des Humeruskopfes nach superior oder inferior kann es zu einer Abscherung des SLAP-Komplexes kommen. Mögliche Traumata sind ein Sturz auf den außenrotierten und abduzierten Arm (54) oder flektierten Ellenbogen (22), eine ruckartige Traktion der langen Bizepssehne etwa beim Auffangen eines fallenden Gegenstandes (55) oder ein axialer Zug an der LBS bei einem plötzlichen passiven Zug am gestreckten Arm mit reflektiver Anspannung (11,56).

Mikrotrauma

In den 1980er Jahren wurden erste SLAP-Läsionen, die damals nach ihrem Erstbeschreiber als Andrews-Läsion bezeichnet wurden, in erster Linie bei Überkopfsportlern und insbesondere bei Werfern beobachtet (32), da es bei repetitiven Bewegungen beim Ablauf des Wurfes zu Mikrotraumen kommt. Dabei besteht aber Uneinigkeit über den genauen Mechanismus. In frühen Studien wurde vermutet, dass der Bizeps durch eine maximale Kontraktion eine Hyperextension des Ellenbogens in der

Durchzugsphase des Wurfvorgangs verhindern würde. Durch diese Kontraktion käme es zu einem wiederholten Zug auf die LBS und dadurch zu Schäden der LBS an ihrem Ursprung im Glenohumeralgelenk (32). Weitere Studien schrieben den vulnerablen Zeitpunkt des Wurfes der späten Ausholphase zu. In der sog. *late-cocking phase* befindet sich der Arm in einer stark abduzierten und außenrotierten Position, wodurch es zu einer Torsion und damit zu einer Kompression der LBS in ihrem Ursprung kommen kann (57,58). Andere biomechanische Untersuchungen konnten dagegen zeigen, dass die meisten SLAP-Läsionen durch das Abbremsen in der Endphase des Wurfes entstehen. Der vermutete Pathomechanismus bezieht sich dabei darauf, dass der Arm sich in Innenrotation befindet und die LBS nicht zur Stabilisierung des Gelenks beiträgt (vgl. Kap. 1.1.3), wodurch es zu einer verstärkten Translationsbewegung nach posterosuperior kommt. Durch den dadurch entstehenden Kontakt zwischen Humerus und Glenoid kommt es zu verstärkten Scherkräften auf den Bizepssehnenanker, die langfristig zu SLAP-Läsionen führen können (59).

Instabilität

In einer großen Studie mit insgesamt 712 Patienten wurde u. a. nach möglichen Pathomechanismen gesucht. Bei 43 % der Patienten mit SLAP-Läsionen lag eine glenohumerale Instabilität vor. Kim et al. stellten fest, dass insbesondere bei höhergradigen SLAP-Läsionen (s. Kap. 1.2.1) gehäuft sog. Bankart-Läsionen auftraten. Als Bankart-Läsion wird eine Ablösung des Labrum glenoidale vom Glenoid durch eine traumatische anteriore Instabilität bezeichnet. Wenn diese Ablösung nach superior fortschreitet, dann kann es zu Läsionen des superioren Labrums kommen (51).

1.2.2 Pulley-Läsionen

1.2.2.1 Definition und Klassifikation

Als Pulley-Läsionen werden pathologische Veränderungen des Pulley-Komplexes des Rotatorenintervalls bezeichnet. Dazu gehören Schädigungen der Sehne des M. subscapularis, der Sehne des M. supraspinatus, des coracohumeralen Ligaments und des superiores glenohumeralen Ligaments (60). Die klinisch gängige Klassifikation der Pulley-Läsionen stammt von Habermeyer et al. und wird im Folgenden vorgestellt (s. Abb. 7; 27).

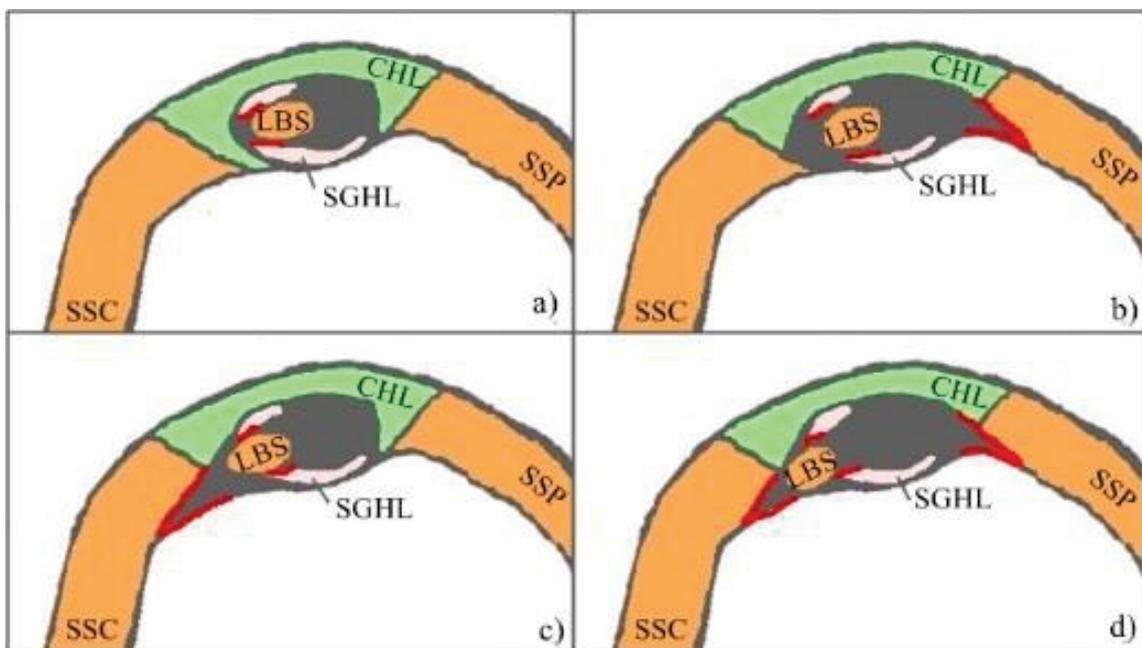


Abb. 7: Schematische Darstellung der Pulley-Läsionen nach Habermeyer

a) Typ I; b) Typ II; c) Typ III; d) Typ IV

CHL = Coracohumerales Ligament, SGHL = Superiores glenohumerales Ligament, SSC = M. subscapularis, SSP = M. supraspinatus. Zeichnung nach Habermeyer (27)

Typ I	Isolierte Läsion des SGHL
Typ II	Läsion des SGHL + Ruptur des artikularen SSPs
Typ III	Läsion des SGHL + Ruptur des artikularen SSCs
Typ IV	Kombinierte Läsion des SGHL + Ruptur des SSPs + Ruptur des SSCs

Tabelle 2: Klassifikation der Pulley-Läsionen nach Habermeyer

1.2.2.2 Ätiopathogenese

Pathomechanismen, die zu Pulley-Läsionen führen, werden in der Literatur häufig in extrinsische und intrinsische Faktoren klassifiziert. Zu den extrinsischen Faktoren gehören vor allem Makrotraumata und repetitive Mikrotraumata. Intrinsische Faktoren gehen von der LBS selbst aus, wie eine Verdickung der Sehne oder Läsionen durch Scherkräfte der LBS, die zu einer Degeneration führen können (11).

Makrotrauma

Ein Sturz auf den ausgestreckten Arm in maximaler Innen- oder Außenrotation ist eine der Entstehungsarten für Pulley-Läsionen (54,61). Auch ein Sturz auf den nach hinten gestreckten Arm oder Ellenbogen kann direkt zu einer Pulley-Läsion führen, da in dieser Position das coracohumerale Ligament als Teil des Pulley-Systems vorgespannt ist und deshalb reißen kann (25,46,61). Auch eine plötzlich abgestoppte Beschleunigung in Flexion und Innenrotation bei einer aktiven Kontraktion der LBS kann direkt zu einer Pulley-Läsion führen, etwa beim Tennis oder bei Wurfsporarten (27,62).

Impingement

Mechanische Degeneration durch Impingement kann im Wesentlichen durch zwei Mechanismen zu Läsionen des Bizeps-Pulley-Systems führen. In flektierter und innenrotierter Position der Schulter kann es einerseits zum anterosuperioren Impingement von Anteilen des M. subscapularis, der LBS und des Bizeps-Pulleys mit dem anterosuperioren Abschnitt des Labrums kommen, was dann mit einer mechanischen Schädigung des Pulley-Systems verbunden sein kann (27,62,63). Andererseits kann in derselben Position ein subcoracoidales Impingement zwischen dem Proc. coracoideus und dem Tuberculum minus des Humerus auftreten, das ebenfalls mechanische Irritationen des Pulley-Komplexes begünstigt (64).

Läsionen durch Scherkräfte der LBS

Das Pulley-System fungiert als Umlenkrolle zwischen dem nahezu horizontalen Verlauf der LBS zwischen ihrem Ursprung am Glenoid und ihrem nahezu vertikalen Verlauf im Sulcus intertubercularis des Humerus (65). In Abhängigkeit von der Position des Glenohumeralgelenks variiert dieser Umlenkwinkel für das Pulley-System zwischen 30-40 % (27). Der Bizeps-Pulley-Komplex ist vor allem in Positionen vor dem Körper oder schräg über die Körpermitte starkem Stress ausgesetzt, weil es dabei zu stärkeren

Scherkräfte vor allem bei Flexion und Innenrotation und bei Flexion und Neutralrotation kommt (46,66). Wenn die Schlinge des Bizeps-Pulleys diesen Kräften nicht standhält, dann kann es auch ohne Trauma oder Impingement zu Einrissen der beteiligten Strukturen kommen (60).

Hourglass Biceps

Durch degenerative Prozesse infolge von Rotatorenmanschettenrupturen kann es zu einer Hypertrophie des intraartikulären Anteils der LBS kommen. Diese als *hourglass biceps* bezeichnete Deformität kann vor allem bei einer Flexion des Armes zu einer Aufweitung und im weiteren Verlauf zu einer Schädigung des Bizeps-Pulleys führen, da die LBS durch die Verdickung nicht ausreichend in und aus dem Glenohumeralgelenk gleiten kann (67).

1.2.3 Diagnostik

Um eine Diagnose von SLAP- und Pulley-Läsionen erstellen zu können, gibt es eine Reihe klinischer und apparativer Untersuchungen. Allerdings gibt es keinen eindeutigen Test für diese Verletzungen. Letztlich können Veränderungen der LBS nur durch eine Arthroskopie bestätigt oder ausgeschlossen werden (22,68). Dennoch können verschiedene diagnostische Mittel deutliche Hinweise auf eine Läsion der LBS liefern.

Anamnese

Anterosuperiore Schulterschmerzen sind häufig das Leitsymptom bei Läsionen der LBS. Bei der Anamnese sollten die Patienten daher danach gefragt werden, wann die Schmerzen aufgetreten sind, ob und welches Trauma vorgelegen hat, ob die Schmerzen anhaltend sind und im zeitlichen Verlauf zugenommen haben, ob sie Überkopfsportarten oder -arbeiten durchführen und ob es Aktivitäten gibt, die den Schmerz verstärken oder verringern. Auch nach bereits durchgeführten Therapien sollte gefragt werden (8). Ein vom Patienten spür- oder fühlbares Schnappen kann auf eine LBS-Instabilität hinweisen, die ursächlich für Pulley-Läsionen sein kann (47,69).

Klinische Untersuchung

Nach der Anamneseerhebung wird in der Regel eine klinische Untersuchung durchgeführt, die aus Inspektion, Palpation und einer Prüfung der aktiven und passiven

Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode besteht (69). Für Läsionen der LBS gibt es unterschiedliche klinische Tests, die im Folgenden vorgestellt werden.

Active-Compression-Test nach O'Brien (70)

Der Patient hält den Arm in 90° Flexion und 10° Adduktion und Innenrotation, sodass der Daumen in Richtung des Bodens zeigt. Der Untersucher übt dann von oben einen leichten Druck auf den Arm aus, dem der Patient mit einer Kraftausübung nach oben entgegenzuwirken versucht. Danach dreht der Patient den Arm in die Außenrotation, sodass die Handfläche nach oben zeigt. Dann versucht er erneut, den Arm gegen den Widerstand in der 90° Flexion zu halten. Wenn bei der Innenrotation Schmerzen im Schultergelenk auftreten, die in der Supination nicht oder deutlich geringer ausfallen, dann gilt der Test als positiv. Ein positives Ergebnis gilt als Hinweis auf eine SLAP-Läsion. Bei Pulley-Läsionen und auch bei Schmerzen im Acromioclaviculargelenk fällt er ebenfalls häufig positiv aus. Deshalb sollte nach der genauen Schmerzlokalisierung gefragt werden.

Supine-Flexion-Resistance-Test nach Ebinger (71)

Der Patient bringt dabei den Arm in der Rückenlage in die maximale Elevation, sodass er neben dem Kopf zu liegen kommt. Der Untersucher legt dann die Hand auf den Unterarm des Patienten und der Patient versucht gegen den Widerstand, den der Untersucher ausübt, mit dem Arm eine Bewegung in der Richtung der Anteflexion auszuführen. Wenn in dieser Position Schmerzen im Schultergelenk auftreten, dann gilt der Test als positiv und als Hinweis auf eine Schädigung des SLAP-Komplexes.

Biceps-Load-Test II nach Kim (72)

Der Patient hält dabei den Arm in der Rückenlage in 120° Abduktion und maximaler Außenrotation. Der Untersucher fixiert den Ellenbogen dann in 90° Flexion und Supination. Nun versucht der Patient, den Ellenbogen gegen den Widerstand des Untersuchers zu beugen. Wenn die Anspannung gegen den Widerstand als schmerzhaft beschrieben wird, dann liegt ein positives Testergebnis vor, das für das Vorliegen einer SLAP-Läsion spricht.

Kompressions-Rotations-Test (50)

In "SLAP-Lesions of the Shoulder" beschrieben Snyder et al. einen Provokationstest, bei dem der Patient in der Rückenlage die Schulter in 90° Abduktion und den Ellenbogen in

90° Flexion hält. Der Untersucher übt eine Kompressionskraft auf den Humerus aus und rotiert ihn dann in der Schulter. Beim Vorliegen einer SLAP-Läsion sollte es dabei zu einem Einklemmen verletzter Labrumanteile im Glenohumeralgelenk kommen, was vom Patienten als Schnappen oder Schmerz empfunden wird.

Palm-Up Test (73)

Beim Palm-Up Test hält der Patient den Arm in 90° Abduktion und 30° Horizontalflexion. Der Arm befindet sich in Supination, sodass die Handfläche (= *palm*) nach oben zeigt. Der Untersucher übt dann am Handgelenk des Patienten einen Druck nach unten aus, dem der Patient entgegenwirken soll. Der Test gilt als positiv, wenn der Patient den Arm nicht oder nur unter Schmerzen gegen den Widerstand halten kann. Ein positives Ergebnis spricht für das Vorliegen einer Pathologie des Bizepssehnenankers. Auch beim subacromialen Impingement, bei einer Subluxation und einer Tendinitis der LBS kann der Test positiv ausfallen.

Lift-Off Test nach Gerber (74)

Der Lift-Off Test dient der Überprüfung des M. subscapularis, dessen Sehne ein Teil des Bizeps-Pulley-Komplexes ist. Der Patient legt dabei im Stehen den Handrücken auf Gürtelhöhe auf den Rücken, sodass die Schulter in Innenrotation steht. Dann wird der Patient aufgefordert, die Hand vom Rücken wegzubewegen. Dies erfolgt zunächst frei und danach gegen den Widerstand des Untersuchers. Wenn diese Bewegung nicht möglich ist, dann liefert dies einen Hinweis auf eine Läsion der Innenrotatoren.

Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer klinischer Tests (73,75–77). In aktuellen Studien wurden die genannten Testverfahren sowohl miteinander als auch mit der arthroskopisch belegten Diagnose verglichen. Auch wenn für einige Testverfahren hohe Sensitivitäten und Spezifitäten angegeben wurden, zeigte sich, dass weder ein einzelner Test noch die Kombination mehrerer Tests eine definitive Diagnose einer SLAP- oder Pulley-Läsion ermöglichen können. Die o. g. klinischen Testverfahren können also nur Hinweise auf eine vorliegende Pathologie der LBS liefern (69,76,78–80). Insbesondere bei den Pulley-Läsionen können die Muskelfunktionstests am ehesten Hinweise auf das Vorliegen einer Rotatorenmanschettenläsion ermöglichen, weshalb sie nur begrenzt aussagekräftig sind (81).

Bildgebung

Für die apparative Diagnostik von Läsionen der LBS stehen im Wesentlichen zwei Verfahren zur Verfügung: Sonographie und Magnetresonanztomographie (82). Das konventionelle Röntgenbild erlaubt lediglich eine Beurteilung der knöchernen Gelenksanteile, die bei SLAP- oder Pulley-Läsionen nicht pathologisch verändert sind (4). Die Aufgaben der Computertomographie und CT-Arthrographie werden seit einigen Jahren von der Magnetresonanztomographie übernommen (83).

Die Sonographie wird regelmäßig als erstes bildgebendes Verfahren bei einem Verdacht auf Läsionen der LBS durchgeführt. Sie bietet den Vorteil, dass sie kosteneffektiv und schnell durchgeführt werden kann und eine dynamische Darstellung der Strukturen ermöglicht (84,85). In den standardisierten Schnittebenen können die lange Bizepssehne und die Anteile des Bizeps-Pulleys dargestellt werden (86). Viele Untersucher verlassen sich jedoch nicht auf das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung und bevorzugen insbesondere für die Therapieplanung die verlässlichen Ergebnisse von MRT oder Arthro-MRT (85).

Die hochauflösende Magnetresonanztomographie bietet gegenüber den genannten bildgebenden Verfahren den Vorteil, dass dabei auch der Ursprung der LBS am Glenoid beurteilt werden kann, wenn auch nur eingeschränkt (82,87). Es kann auch eine MRT-Arthrographie durchgeführt werden, bei der anhand von intraartikulär appliziertem Gadolinium SLAP- und Pulley-Läsionen diagnostiziert und auch Begleitverletzungen dargestellt werden können (18,82,88–90). Dennoch bestehen auch dabei nicht zu vernachlässigende Einschränkungen hinsichtlich einer definitiven Diagnose (82).

Arthroskopie

Die Arthroskopie ist daher nach wie vor der Goldstandard zur Identifizierung von Pathologien des Bizepssehnenankers und der langen Bizepssehne (22,48,50,68). Als invasives Verfahren sollte die Arthroskopie allerdings nur dann durchgeführt werden, wenn auch eine operative Therapieindikation besteht.

1.2.4 Therapie

Konservative Therapie

Bei einer gering ausgeprägten Schädigung der LBS oder des Bizeps-Pulley-Systems kann durch eine konservative Therapie eine Linderung der Symptome erreicht werden. Dabei werden etwa Physiotherapie, eine Korrektur von Fehlhaltungen, Wärmebehandlung und Analgetika und Antiphlogistika eingesetzt. Intraartikuläre Injektionen von einem Lokalanästhetikum und/oder Kortikosteroiden können sowohl zur Therapie als auch im Rahmen der Diagnostik eingesetzt werden (91).

Operative Therapie

Bei höhergradigen Läsionen oder persistierenden Beschwerden liegt eine Indikation für eine operative Behandlung vor. In Abhängigkeit von der Art und Ausprägung der Läsion, vom Alter und Trainingszustand des Patienten stehen verschiedene Methoden zur Verfügung (4,5,8).

Débridement

Bei Läsionen vom Typ I nach Snyder (s. Kap. 1.2.1.1) kann ein arthroskopisches Débridement durchgeführt werden, wenn die Lage der LBS im Sulcus bicipitalis gesichert ist. Auch beim Typ III nach Snyder kann bei einem stabilen Ansatz der LBS ein Débridement verwendet werden. Dabei erfolgt arthroskopisch eine Glättung und Versiegelung der aufgefaserten Oberfläche des Labrums, was elektrothermisch oder mechanisch durchgeführt werden kann (22,47,91).

SLAP Repair

Bei SLAP-Läsionen vom Typ II bis V nach Snyder besteht die Möglichkeit einer Refixation des Labrums an das Glenoid, was in der Regel arthroskopisch durchgeführt wird. Das gelöste Labrum bzw. der Korbhenkel werden dabei mit Fadenankersystemen refixiert. Dadurch sollen die Instabilität des Labrums aufgehoben, die biomechanischen Verhältnisse wiederhergestellt und ein mögliches Einklemmen lockerer Labrumanteile im Gelenk verhindert werden. Auf diese Weise kann das Risiko der Entstehung von Folgeschäden verringert werden (56,92).

Tenotomie

Die arthroskopische Tenotomie bildet eine therapeutische Behandlungsoption von SLAP II-Läsionen. Auch Rupturen, Instabilitäten und degenerative Veränderungen werden ggf. durch eine Tenotomie behandelt. Die LBS wird dabei nahe des Insertionsbereiches am Labrum glenoidale durchtrennt. Ein verbleibender Stumpf der LBS im Gelenk kann dann bei Bedarf reseziert werden. Durch die Entfernung aus dem Glenohumeralgelenk wird die Ursache für Schulterschmerzen beseitigt (93). Bei dieser Methode kann der Bizepsbauch nach distal verrutschen, wodurch die sog. Popeye-Deformität entsteht. Um dies zu verhindern, gibt es die Möglichkeit, die LBS vor der Tenotomie mit einer speziellen Schnitt- (94) oder Loop-Technik (95) zu präparieren, wodurch das Risiko eines *Popeye Signs* verringert werden kann.

Tenodese

SLAP- und Pulley-Läsionen können mit einer Tenodese behandelt werden (96). Dabei wird die LBS an ihrem Ursprung am Glenoid durchtrennt, aber im Unterschied zur Tenotomie wird die Sehne dann wieder refixiert. Für die Tenodese der langen Bizepssehne stehen verschiedene Versionen dieser Technik zur Verfügung.

Zunächst kann die Tenodese offen oder arthroskopisch durchgeführt werden (97).

Die Refixation der Sehne kann sub- oder suprapektoral im Sulcus intertubercularis des Humerus erfolgen (97,98). Für die Fixierung der Sehne im Humerus gibt es zahlreiche Systeme. Dabei sind bio-absorbierbare Interferenzschrauben eine verbreitete Möglichkeit (99–101). Außerdem gibt es Interferenzschrauben in nicht-absorbierbarer Form (102,103). Darüber hinaus kann die LBS auch mit Fadenankersystemen befestigt werden (101,104). Weitere Methoden für eine Fixation der LBS sind die Wedge- (105), Soft Anchor- (106) und Cortical Button-Technik (99).

Neben der Befestigung der LBS im Humerus gibt es auch die Möglichkeit einer Weichteilfixation (100,104). Auch durch einen Transfer der LBS an naheliegende Sehnen kann die LBS außerhalb des Glenohumeralgelenkes fixiert werden (107,108).

1.3 Operationsablauf

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem klinischen Outcome nach einer vollständig arthroskopischen suprapektoralen LBS-Tenodese mit der Swive-Lock-Schraube (Arthrex, Karlsfeld, Naples, FL, USA) und einer Armierung der LBS mit einer modifizierten Lasso-Loop-Technik. Diese OP-Technik wurde anhand von biomechanischen Studien entwickelt (109,110). Die o. g. Technik wurde erstmals 2012 publiziert und wird im Folgenden vorgestellt (111,112).

Alle Arthroskopien wurden vom Hauptoperateur Herrn Prof. Dr. Thilo Patzer durchgeführt, zum Zeitpunkt der vorliegenden Studie Oberarzt der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf und Leiter der Sektion Schulter-Ellenbogen-Chirurgie und Arthroskopie.

Der Patient befindet sich dabei in der sog. Beach-Chair-Position, in der der Patient halb aufrecht sitzend gelagert wird, sodass die Schulter von allen Seiten zugänglich und frei beweglich ist. Die knöchernen Landmarken werden eingezeichnet und das dorsale Standardportal wird angelegt. Danach wird das anterosuperiore Portal oberhalb der Subscapularissehne angelegt. Ein anteriores Portal im Rotatorenintervall wird knapp oberhalb des Sulcus intertubercularis geschaffen, ohne die Sehne des M. supraspinatus zu verletzen. Dieses Portal liegt senkrecht zum Sulcus intertubercularis.

Nach dem Einbringen der Kamera über das dorsale Portal wird dann zunächst die diagnostische Arthroskopie durchgeführt, bei der der Ansatz und Verlauf der LBS und des Pulley-Komplexes beurteilt werden. Außerdem können Begleitpathologien identifiziert werden, wie Rotatorenmanschettenrupturen und eine Arthrose des Glenohumeralgelenkes. Die LBS wird 20 mm proximal des Eingangs zum Sulcus intertubercularis über das anteriore Portal mit dem Penetrator Suture Retriever (Arthrex, Karlsfeld, Naples, FL, USA) perforiert, mit dem zeitgleich zur Perforation der Sehne eine Orthocord (DePuy Mitek, Raynham, MA, USA) Fadenschlinge durch die Sehne geführt wird. Nach dem Zurückziehen des Penetrator Suture Retrievers verbleibt die Fadenschlinge in der Sehne. Mit demselben Werkzeug wird dann diese Schlinge über das anteriore Portal aus dem Gelenk befördert. Danach wird ein Schenkel des Nahtfadens durch die Schlinge geführt und festgezogen. Dadurch wird die sog. modifizierte Lasso-Loop-Technik durchgeführt, mit der die Sehne armiert wird (s. Abb. 8a). Der andere

Schenkel des Fadens wird durch eine arthroskopische Knotentechnik gesichert. Dann wird die LBS proximal der Naht durchtrennt (s. Abb. 8b).

Die Naht wird anschließend aus dem anterosuperioren Portal geleitet. Damit ausreichend Platz für die Bohrung in den Humerus zu Verfügung steht, wird die Sehne durch einen Zug an der Naht aus dem Sulcus intertubercularis mobilisiert. Durch das anteriore Portal wird nun mit einem handgeführten Bohrer mit T-Griff (Arthrex, Karlsfeld, Naples, FL, USA) ein Kanal in einem Winkel von 135° am Eingang des Sulcus intertubercularis gebohrt. Die Bohrlochgröße entspricht im beschriebenen Patientenkollektiv 6,5 mm oder 7,0 mm. Die Tiefe liegt bei 20 mm, da dies der Sehnenlänge zwischen dem Eintritt in den Sulcus zur Position der Armierung an der LBS entspricht. Dadurch wird gewährleistet, dass die Lage der LBS nicht verschoben wird und somit zu stramm fixiert wird.

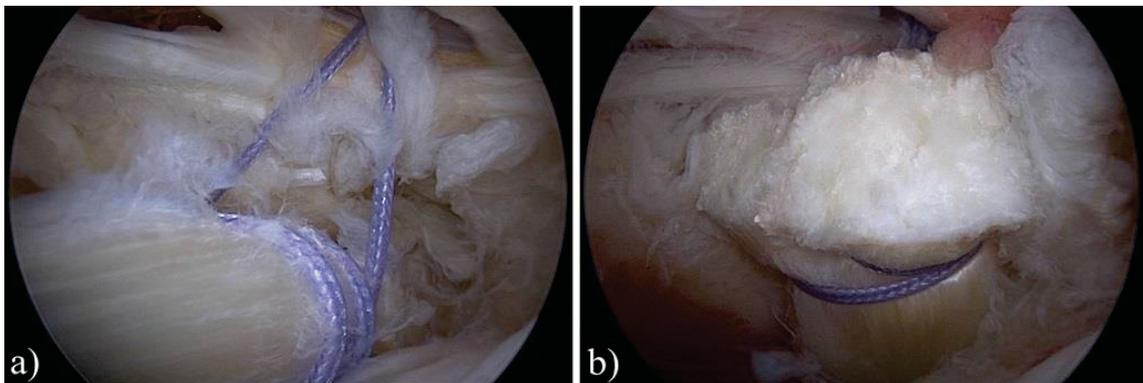


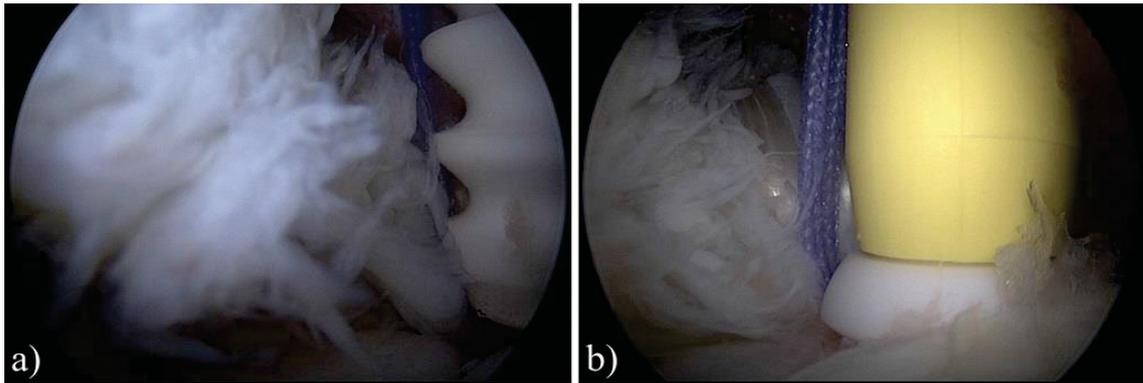
Abb. 8: Intraoperative Dokumentation der Tenodesetechnik

a) Armierung der Sehne

b) Zustand nach der Tenotomie der LBS

Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf.

Der LBS-Faden wird dann außerhalb der Schulter in das Öhr des Ankersetzsystems mit der Bio-Swive-Lock-Schraube (Arthrex, Karlsfeld, Naples, FL, USA) eingefädelt. Mit diesem Setzinstrument wird die LBS in den gebohrten Kanal geführt und danach wird am LBS-Faden bis zur 20 mm Markierung gezogen. Durch das Eindrehen der Schraube wird die Sehne in den Knochenkanal befördert (s. Abb. 9a). Sie wird bündig bis zur Corticalis des Humerus eingeführt, damit die Sehne in der regelrechten Position fixiert werden kann (s. Abb. 9b).



*Abb. 9: Intraoperative Dokumentation der Tenodesetechnik
 a) Eindrehen von Schraube und Sehne b) Bündiger Abschluss nach 20 mm
 Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf.*

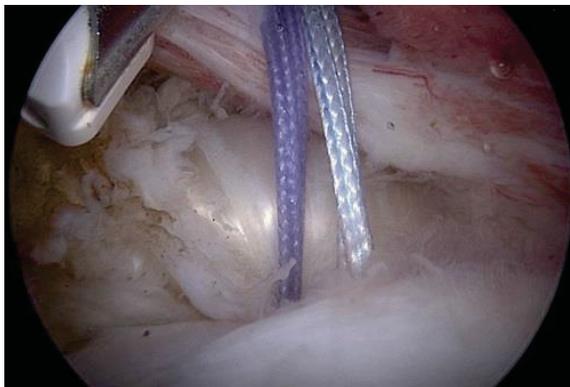


Abb. 10: Intraoperative Dokumentation der Tenodesetechnik: Flacher Austritt der Sehne aus dem Bohrkanaal unter regelrechter Spannung (Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf).

Die Sehne steht dann unter ihrer ursprünglichen regelrechten Spannung, wenn der Arm im Ellenbogengelenk spannungsfrei gestreckt werden kann (s. Abb. 10).

Danach werden die Fäden durchtrennt und der LBS-Stumpf wird nahe am Ansatz am Glenoid reseziert. Um Blutungen oder ein Impingement zu verhindern, wird der LBS-Ansatz mittels *Vapr* (DePuy Mitek, Raynham, MA, USA) geglättet. Eventuell

vorhandene Begleitpathologien können behandelt werden. Das Instrumentarium wird dann aus den Portalen entfernt, die ggf. mit arthroskopischen Stichen vernäht werden können. Hautnähte werden durchgeführt und mit sterilen Kompressionsverbänden versorgt. Das postoperative Ergebnis wird in der Abb. 11 dargestellt.



Abb.11: MRT der Schulter nach einer Versorgung mittels Tenodesetechnik
LBS = lange Bizeps-Sehne

Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf.

Die postoperative Nachbehandlung der Patienten erfolgte nach einem standardisierten Vorgehen, das im Folgenden dargestellt wird:

Phase	Zeitraum	Schwerpunkte
I	1.-3. postoperative Woche	Schmerzreduktion Mobilisation Koordinationsschulung
II	4.-7. postoperative Woche	Endgradige Mobilisation Kräftigung
III	ab der 8. postoperativen Woche	Kräftigung Übung von Alltagsaktivitäten sportspezifische Belastung

Tabelle 3: Postoperatives Nachbehandlungskonzept

Die genauen Inhalte wurden in Abhängigkeit vom körperlichen Trainingszustand und der intraoperativ gestellten Diagnose individuell an jeden Patienten angepasst und vom Therapeuten überwacht. Über die ersten 6 Wochen nach der Operation sollte eine aktive Flexion und Supination des Unterarms unterbleiben. Innerhalb der ersten drei Monate postoperativ sollte keine starke Gewichtsbelastung des Bizeps erfolgen.

2 Ziele der Arbeit

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im Wesentlichen mit drei Fragestellungen hinsichtlich der vollständig arthroskopischen suprapektoralen LBS-Tenodese, nämlich mit der Kraftmessung, klinischen Scores und dem Auftreten der Popeye-Sign-Deformität. Perspektivisch besteht das Ziel darin, dass anhand dieser Ergebnisse künftigen Patienten eine valide Prognose zur o. g. Operationstechnik mitgeteilt werden könnte. Darüber hinaus soll im Rahmen der Literaturrecherche ein übersichtlicher Vergleich zu alternativen Therapieoptionen durchgeführt werden.

2.1 Kraftmessung

Anhand objektiver Messparameter soll eruiert werden, in welchem Ausmaß es nach der oben beschriebenen Operation zu einer Wiedererlangung der Ellenbogen-Flexionskraft des Bizeps kommt. Dabei wird der Fokus auf den Seitenvergleich gerichtet. In diesem Zusammenhang wird die Hypothese aufgestellt, dass postoperativ kein signifikanter Unterschied mehr zwischen der operierten Schulter im Vergleich mit der gesunden Seite festgestellt werden kann. Außerdem soll bestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt die maximale Kraftzunahme erfolgt.

2.2 Klinische Scores

Durch eine Auswertung von etablierten und standardisierten Fragebögen soll in der vorliegenden Arbeit geklärt werden, welches klinische Outcome Patienten nach der o. g. Operation zu erwarten haben. Neben den Untersuchungsergebnissen, wie z. B. dem Bewegungsausmaß der Schulter, wurden dabei auch Fähigkeiten des alltäglichen Lebens und postoperative Komplikationen abgefragt.

2.3 LBS-Tenodese und Popeye-Sign-Deformität

Eine sog. Popeye-Sign-Deformität entsteht durch eine Distalierung des Bizeps-Muskelbauches. Dabei verrutscht der Muskelbauch sichtbar in der Richtung der Ellenbeuge und hebt sich bei einer Kontraktion deutlich hervor. Dies kann sowohl nach

einer Ruptur der LBS als auch iatrogen nach einer operativen Therapie auftreten (94,107,113–117). In der vorliegenden Arbeit soll die Frage geklärt werden, ob und wie häufig im Patientenkollektiv der vorliegenden Studie ein *Popeye Sign* auftritt. Wenn es einen positiven Untersuchungsbefund hinsichtlich dieses Zeichens gibt, dann sollte geklärt werden, ob sonographisch eine suffiziente Tenodese nachgewiesen werden kann. Außerdem soll die Frage beantwortet werden, ob es signifikante Unterschiede bei den Kraftmaßen und Scores beim Vorliegen eines *Popeye Signs* gibt.

3 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf die Auswertung einer klinischen Studie. Die Daten wurden dabei im Rahmen regelmäßiger Nachuntersuchungen erhoben und die Auswertungen wurden retrospektiv durchgeführt.

3.1 Patientenkollektiv

In die Studienpopulation wurden alle Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum von Juni 2011 bis August 2012 in der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf mit der oben beschriebenen Tenodesetechnik versorgt wurden.

Die Einschlusskriterien waren isolierte Bizeps-Pulley-Läsionen vom Typ I-IV nach Habermeyer (27) und isolierte SLAP-Läsionen vom Typ II-IV nach Snyder (50) mit der Ergänzung durch Maffet (52).

Ausschlusskriterien waren in der vorliegenden Studie eine höhergradige Omarthrose (> Grad II nach Samilson und Prieto (117,118); s. Tabelle 4), eine Infektion des Gelenks, maligne Erkrankungen, schulterassoziierte neurologische Erkrankungen, ein postoperatives Trauma im Bereich der operierten Schulter und ein Alter von unter 18 und über 71 Jahren.

Arthrosegrad	Osteophyten am Unterrand der Gelenkfläche des Humerus
I	< 5 mm
II	5-15 mm
III	> 15 mm

Tabelle 4: Einteilung der Arthrose des Glenohumeralgelenks nach Samilson und Prieto

Von insgesamt 27 konsekutiv behandelten Patienten mit isolierter LBS-Läsion wurden n = 17 Patienten in die Studie einbezogen. Bei n = 1 Patienten zeigte sich intraoperativ eine höhergradige Omarthrose und n = 2 Patienten wurden aufgrund eines postoperativen Traumas ausgeschlossen. Bei einem Patienten lag ein unmittelbar postoperatives Sturzereignis vor und der andere Patient war einer starken Zugbelastung am Arm ausgesetzt. Darüber hinaus erschienen n = 7 Patienten nicht bei den Verlaufskontrollen.

Bei den $n = 17$ eingeschlossenen Patienten lag die Geschlechterverteilung bei $n = 11$ männlichen und $n = 6$ weiblichen Patienten, was einem Verhältnis von 64,7 % zu 35,3 % entspricht. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation betrug $49,0 \pm 10,1$ Jahre. Das Alter der Patienten lag zwischen 22 Jahren und 69 Jahren. Bei $n = 12$ Patienten wurde die rechte Seite und bei $n = 5$ die linke Seite operiert. Im vorliegenden Studienkollektiv kamen die folgenden Läsionen vor: $n = 10$ SLAP IIC-, $n = 4$ SLAP III- und $n = 1$ SLAP IV-Läsion. Außerdem gab es jeweils eine Pulley-Läsion Typ I und eine Pulley-Läsion Typ II. Behandlungsbedürftige Komplikationen, wie Infektion, Nervenschädigung und ein Hämatoserom, traten nicht auf ($n = 0$).

Die erste Nachkontrolle (3 Monats-*Follow-Up*) erfolgte bei $3,2 \pm 0,7$ Monaten, die zweite (6 Monats-*Follow-Up*) bei $7,2 \pm 1,4$ Monaten, die dritte (12 Monats-*Follow-Up*) bei $14,1 \pm 4,3$ Monaten und die vierte (24 Monats-*Follow-Up*) bei $29,3 \pm 4,2$ Monaten.

3.2 Datenschutz

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden alle patientenbezogenen Daten vor der Auswertung pseudonymisiert und in dieser Form in die entsprechenden Programme eingepflegt.

Alle Originaldaten, wie handschriftliche Aufzeichnungen der Kraftmessungen und die ausgefüllten Fragebögen, verblieben während und nach der Studiendauer dauerhaft in der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Düsseldorf.

Ein Ethikantrag wurde bei der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität eingereicht. Von Seiten der Kommission bestanden keine ethischen oder rechtlichen Bedenken gegen die Durchführung der Datenanalyse. Die Studiennummer lautet 4173.

3.3 Klinische Untersuchung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zu insgesamt 5 Messzeitpunkten dieselben Stichproben nach einem standardisierten Vorgehen erhoben. Am Tag vor der Operation erfolgte die präoperative Datenerhebung. Dabei wurden einmalig alle Untersuchungen, eine Kraftmessung und eine Erhebung der patientenbezogenen Scores sowohl zur

kranken Seite als auch zur gesunden Gegenseite durchgeführt. Die Nachkontrollen erfolgten dann nach 3, 6, 12 und 24 Monaten in der Ambulanz der Orthopädischen Klinik.

3.3.1 Kraftmessung

Die Kraftmessung wurde standardisiert mit dem von einem Mikroprozessor gesteuerten IsoForceControl V 1.1 durchgeführt (Medical Device Solutions AG, Oberburg, Schweiz). Dabei wurde die Kraft kontinuierlich 5 Sekunden lang gemessen und danach wurden sowohl die maximal gemessene Kraft als auch die durchschnittliche Kraft über 5 Sekunden dokumentiert, wobei die Ellenbogenflexionskraft des Bizeps bei 90° im Sitzen und die bei 10° im Stehen erhoben wurde. Außerdem wurde die Messung analog zum O'Brien Provokationstest bei 90° Flexion, Innenrotation und 15° Adduktion nach kranial durchgeführt (s. Abb. 12). Die Supinationskraft wurde in der vorliegenden Studie nicht erhoben.

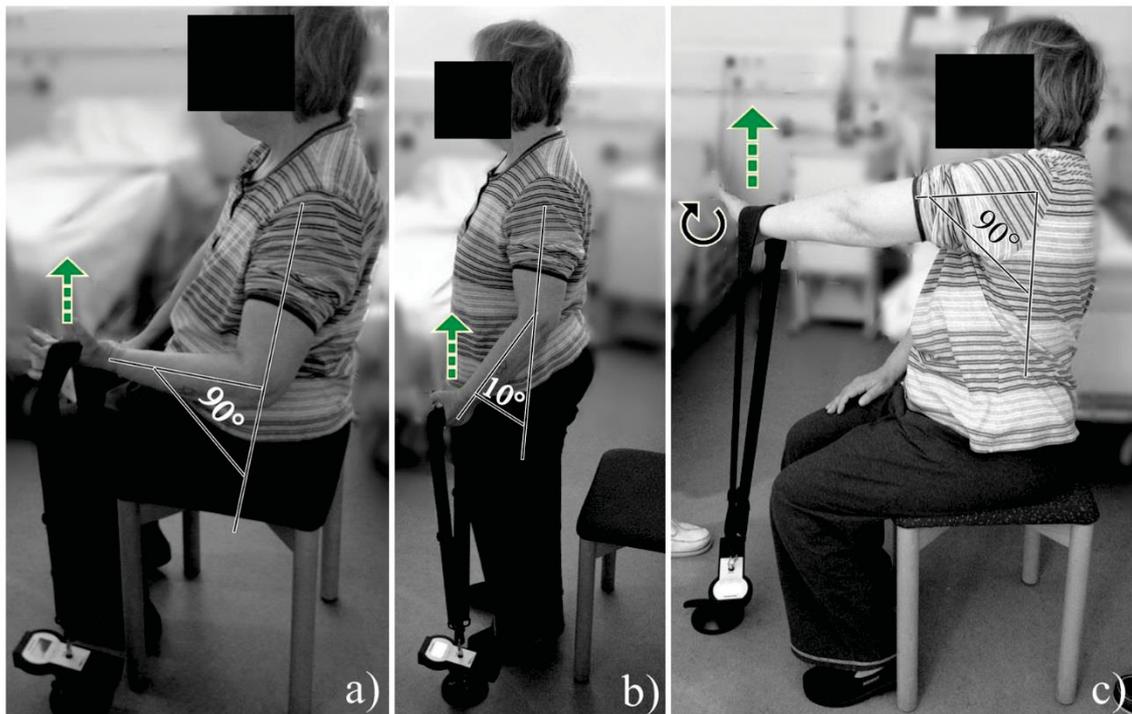


Abb. 12: Kraftmessung mit dem IsoForceControl, die Zugrichtung ist grün markiert
a) Ellenbogenflexionskraft bei 90° Flexion b) Ellenbogenflexionskraft bei 10° Flexion c) Kraft analog zum O'Brien-Test bei 90° Flexion, Hyperadduktion und Innenrotation
Quelle: Orthopädische Klinik, Universitätsklinikum Düsseldorf.

3.3.2 Klinische Scores

Um das Outcome nach der LBS-Tenodese umfassend bewerten zu können, wurden etablierte klinische Scores erhoben (112). Die vollständigen Fragebögen finden sich im Anhang der vorliegenden Arbeit.

3.3.2.1 Constant Murley Score

Mit dem Constant Murley Score (= CMS) können individuelle Parameter erhoben werden, mit denen eine umfassende Einschätzung der klinischen Funktion der Schulter ermöglicht wird. Das Ergebnis ist dabei unabhängig von der genauen Diagnose oder radiologischen Auffälligkeiten (119,120; vgl. 8.4).

Beim Constant Murley Score handelt es sich um einen Score, in den zu 35 % subjektive Angaben des Patienten und zu 65 % von einem Untersucher durchgeführte Ergebnisse einfließen. Der Constant Murley Score besteht aus 4 Items. Im Abschnitt Schmerz können 0-15 Punkte anhand einer visuellen Analogskala erreicht werden. In der Subkategorie ADL (*activities of daily living*) werden die Bereiche Beruf, Freizeit und Sport, Schlaf und Arbeitsumfang abgefragt, wobei 0-20 Punkte möglich sind. Mit dem dritten Item ROM (*range of movement*) wird der schmerzfreie Bewegungsumfang bei Flexion, Extension, Außenrotation und Innenrotation bewertet. In dieser Kategorie gibt es 0-40 Punkte. Im vierten Abschnitt Kraft können bei der isometrischen Kraftmessung analog zum Jobe-Test 0-25 Punkte erreicht werden. In der Gesamtsumme ergibt sich dadurch eine Punktzahl zwischen 0 und 100 Punkten (121).

Der CMS ist der Fragebogen, der in Europa am häufigsten für die Beurteilung der Schulter verwendet wird (122). Der Constant Murley Score wird von den Patienten und den Untersuchern positiv bewertet. Die Patienten schätzen dabei vor allem, dass auch relevante Lebensbereiche abgefragt werden, wie Schmerzen, Berufsfähigkeit und Schlaf. Die Untersucher verwenden den CMS insbesondere wegen seiner umfassenden klinischen Relevanz (123), was sich auch durch eine hohe Korrelationsrate mit anderen Schulter-Scores zeigt (124).

Während Validität und Reliabilität zufriedenstellend sind, gibt es Kritikpunkte u. a. bei der mangelnden Standardisierung der Kraftmessung und des Bewegungsumfangs. Beim Gütekriterium der Änderungssensitivität besteht Uneinigkeit. Deshalb sollte der Constant Murley Score sorgfältig ausgewertet und interpretiert werden (121–124).

3.3.2.2 ASES

Beim *American Shoulder and Elbow Surgeons* handelt es sich um einen leicht und schnell durchzuführenden Fragebogen, der unabhängig von der Diagnose von den Patienten selbst verwendet werden kann (vgl. 8.1). Er besteht aus drei Abschnitten. Im Abschnitt Schmerz gibt der Patient zu 4 Items, wie z. B. nächtlichen Schulterschmerzen, Ja- oder Nein-Antworten. Außerdem gibt es eine visuelle Analogskala und die Möglichkeit, die Lokalisation von Schulterschmerzen einzuzeichnen. Zusätzlich gibt es eine Freitextfrage zur Medikation. Im zweiten Abschnitt zur Stabilität der Schulter gibt es eine Ja- oder Nein-Frage und eine visuelle Analogskala. Die dritte Kategorie umfasst 10 Items zu den Aktivitäten des täglichen Lebens, die jeweils mit 0 (unfähig) bis 3 (fällt leicht) beantwortet werden können (125).

Der ASES-Score ist schnell zu erheben und zeichnet sich durch zufriedenstellende Reliabilität, Validität und Änderungssensitivität aus. Ein Kritikpunkt besteht im Fehlen einiger Items (122,123,126).

3.3.2.3 SST

Der *Simple Shoulder Test* dient dazu, in wenigen Minuten funktionelle Einschränkungen der Schulter mit einem einfachen Score zu erfassen (vgl. 8.2). Er besteht aus 12 Fragen, die vom Patienten mit ja oder nein beantwortet werden können. Pro Ja-Antwort gibt es einen Punkt, sodass 0-12 Punkte erreicht werden können. 2 Items behandeln die Kategorie Schmerz, 3 Items den Bewegungsumfang und 7 Items die Funktionalität (127).

Der SST wird vor allem in den USA eingesetzt. Positive Merkmale sind eine leichte Verständlichkeit und eine einfache Durchführbarkeit. Reliabilität und Validität sind zufriedenstellend. Die binären Antwortmöglichkeiten beschränken allerdings die Änderungssensitivität des SST (122,123,128).

3.3.2.4 LBS-Score

Dieser Fragebogen zur Evaluierung des Therapieergebnisses nach LBS-Läsionen wurde 2008 in der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf in Anlehnung an den LBS-Score von Sethi et al. entwickelt (45,104; vgl. 8.3). Der LBS-Score hat ein rein retrospektives Design und wird nur vom Patienten ausgefüllt. Dabei werden Schmerzen und Krämpfe im postoperativen Verlauf abgefragt. Außerdem geben die Patienten eine Selbsteinschätzung zu Bewegungsausmaßen bei der Ellenbogenflexion und -supination,

zur Kraft und zur äußeren Erscheinung des Oberarms ab. Zusätzlich werden Einschränkungen beim Beruf, bei der Sportfähigkeit und auch die Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis abgefragt. Die Antwortmöglichkeiten sind ordinalskaliert, wobei in der Summe maximal 18 Punkte erreicht werden können. Im LBS-Score gibt es darüber hinaus jeweils eine Freitextfrage zu belastungsabhängigen Schmerzen und zur Berufsfähigkeit.

3.3.3 Oberarmumfang und Popeye Sign

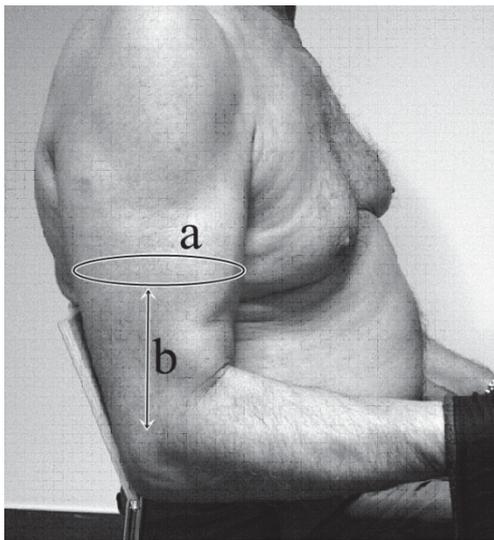


Abb. 13: Schematische Darstellung der Messung am Oberarm.
a) Umfangsmessung; b) Distanzmessung
Quelle: Orthopädische Klinik,
Universitätsklinikum Düsseldorf.

Bei Läsionen der LBS kann nach einer operativen Therapie die sog. Popeye-Sign-Deformität auftreten (94,107,113–117). Die Umfangsmessung erfolgte standardisiert an der stärksten Stelle des Oberarms. Dieser Umfang wurde jeweils aktiv in maximaler Flexion, die im Folgenden als Umfang aktiv bezeichnet wird, und in vollständiger Relaxation, was im Folgenden als Umfang passiv bezeichnet wird, in cm dokumentiert. Außerdem wurde die Distanz von der stärksten Stelle des Oberarms zum Epicondylus humeri lateralis gemessen und ebenfalls in cm dokumentiert (s. Abb. 13).

Als positives Vorliegen einer Popeye-Sign-Deformität wurde vor dem Studienbeginn eine Distalierung des größten Oberarmumfangs um $> 20\%$ im Vergleich mit dem präoperativen Befund definiert. Ein positiver Befund bezüglich der Popeye-Sign-Deformität lag also vor, wenn folgende Bedingung erfüllt war:

$$\frac{\text{Distanz präoperativ} - \text{Distanz postoperativ}}{\text{Distanz präoperativ}} > 20\%$$

Um etwaige Messfehler auszuschließen, wurde die Popeye-Deformität bei mindestens zwei aufeinanderfolgenden Messungen berechnet, damit ein positives *Popeye Sign* vorlag. Zusätzlich zu diesem objektiven Messverfahren wurden die Patienten im LBS-Score gebeten, subjektiv das Erscheinungsbild des operierten Armes zu beurteilen.

3.4 Statistische Methode

Sämtliche Daten wurden zunächst in Microsoft Excel 2013 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) dokumentiert. Die Auswertung erfolgte dann mit der Software IBM SPSS Statistics Version 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Die vorliegende Arbeit wurde mit Microsoft Word 2021 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) erstellt. Als Literaturverwaltungsprogramm wurde Zotero in der jeweils aktuellsten Version verwendet (Center for History and New Media, George Mason University, Fairfax, VA, USA).

In diesem Kapitel werden die verwendeten statistischen Verfahren vorgestellt. In allen folgenden Tabellen werden zusätzlich zu den Mittelwerten auch die jeweiligen Standardabweichungen angegeben. Die Standardabweichung wird dabei mit dem Symbol „±“ markiert. Außerdem werden signifikante Ergebnisse in den Tabellen und Graphen anhand der folgenden Einteilung markiert:

p > .05	n. s. (nicht signifikant)
p < .05	*
p < .01	**
p < .001	***

Tabelle 5 Kennzeichnung der Signifikanz

Einige Abbildungen werden durch Boxplot-Diagramme dargestellt. Dabei umfasst der Kasten (= Box) die mittleren 50 % der Werte (25.-75. Perzentil). Der Querstrich entspricht dem Median. Maximum und Minimum werden durch die äußeren Linien nach oben und unten gekennzeichnet. Werte, die weiter als 1,5 Kastenlängen außerhalb der Box liegen, werden als Ausreißer mit einem Kreis versehen und Extremwerte, die über 3 Kastenlängen außerhalb liegen, werden mit einem Stern dargestellt (vgl. Abb. 14).

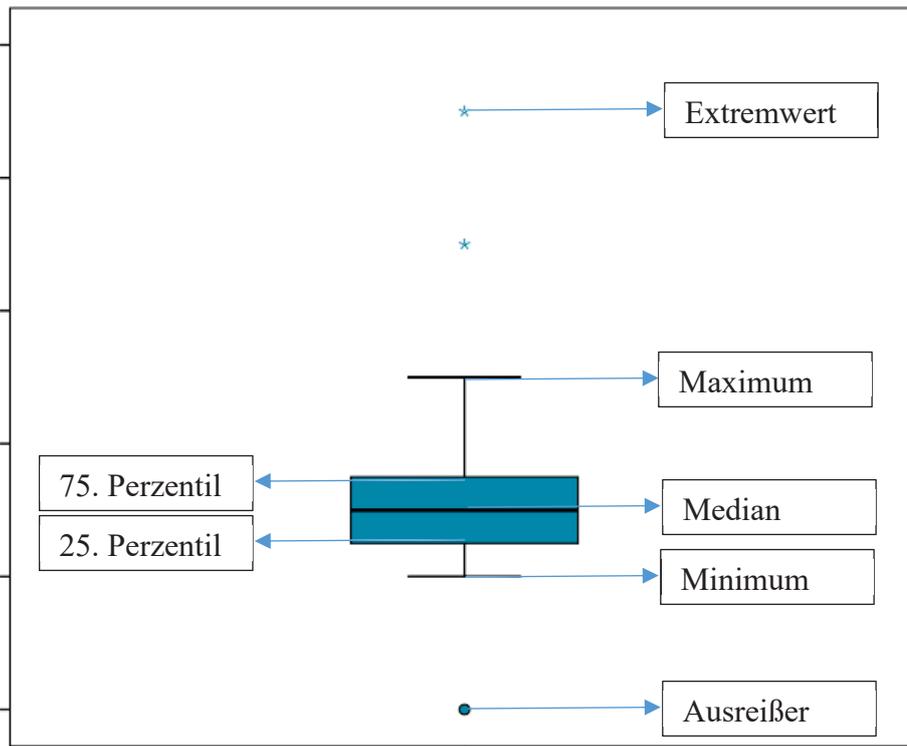


Abb. 14: Illustration zu den Boxplot-Diagrammen.

3.4.1 Überprüfung der Normalverteilung

Zunächst wurde jede Stichprobe durch Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung überprüft. Die Normalverteilung ist eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung parametrischer Testverfahren. Wenn der Kolmogorov-Smirnov-Test ein signifikantes Ergebnis ($p < .05$) lieferte, dann galt die Stichprobe als nicht normalverteilt bzw. sie wich signifikant von der Normalverteilung ab. Für diese nicht normalverteilten Stichproben wurden non-parametrische Pendanten zu den parametrischen Tests verwendet.

3.4.2 Mittelwertvergleich

Um die Frage zu beantworten, ob sich die Mittelwerte von zwei Stichproben systematisch voneinander unterscheiden, wird ein Mittelwertvergleich durchgeführt. Der T-Test ist dafür das Mittel der Wahl. Er dient dazu, die Nullhypothese $H_0: \mu_1 = \mu_2$ zu bekräftigen oder zu verwerfen. Da es sich bei der vorliegenden Studie um eine Gruppe von Patienten handelt, von denen entweder zu verschiedenen Zeiten oder an verschiedenen Körperseiten Daten erhoben wurden, wurde der T-Test für verbundene Stichproben für die normalverteilten Stichproben verwendet. Bei nicht normalverteilten Daten wird der

Wilcoxon Matched-Pairs Test eingesetzt. Für beide Testverfahren gilt ein Signifikanzniveau von $p = .05$. Der T-Test wurde verwendet, um zu bestimmen, ob vor der Operation hinsichtlich der Kraft und der klinischen Scores ein signifikanter Unterschied zwischen erkrankter und gesunder Schulter vorlag. Außerdem wurde dieser Seitenvergleich mit dem T-Test bei den Kraftmessungen durchgeführt, um die Frage zu klären, ob ein möglicher Unterschied im zeitlichen Verlauf weiterhin bestand und wann es keine signifikanten Unterschiede mehr zwischen der operierten und der nicht-operierten Seite gab. Um den zeitlichen Verlauf der Mittelwerte der Scores zu untersuchen, wurde dagegen eine Varianzanalyse (s. Kap. 3.4.3) durchgeführt. Da die klinischen Scores – im Unterschied zur Kraft – feste Anfangs- und Endpunkte haben, ging es dabei nicht primär um den Seitenvergleich, sondern um die Entwicklung über die Zeit, bei der der T-Test nicht zum Ziel führte.

3.4.3 Varianzanalyse

Die ANOVA (Analysis of Variance) wird ebenfalls für einen Mittelwertvergleich eingesetzt. Allerdings werden dabei im Unterschied zum T-Test nicht nur zwei, sondern mehrere Bedingungen gegeneinander getestet. Die Nullhypothese lautet hier $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$. Im Wesentlichen gibt es zwei Möglichkeiten für die Ausprägung der Varianz. Entweder liegt ein echter Effekt durch eine systematische Manipulation vor, wie z. B. eine Behandlung, oder die Varianz ist auf unsystematische Ursachen zurückzuführen, wie Störgrößen oder Fehler. Wenn die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als die Varianz innerhalb der Gruppen, dann spricht dies für einen Effekt der Behandlung. Deshalb kann durch die Varianzanalyse eine indirekte Aussage zu den Mittelwerten getroffen werden. Das Signifikanzniveau liegt dabei bei $p = .05$.

Da in der vorliegenden Studie bei den gleichen Versuchspersonen wiederholt Messungen durchgeführt wurden, wurde dafür eine ANOVA *within subjects* eingesetzt. Als Voraussetzung für eine ANOVA *within subjects* gilt die Kovarianzhomogenität (= Sphärizität), die vorab durch *Mauchly's Test of Sphericity* berechnet wird. Ein signifikantes Ergebnis bedeutet bei diesem Test, dass die Kovarianzen nicht gleich sind und daher keine Sphärizität vorliegt. Bei einem signifikanten *Mauchly's Test of Sphericity* wird deshalb das nach der Greenhouse-Geisser-Korrektur ermittelte Ergebnis angegeben.

Ein signifikantes Ergebnis bedeutet in der ANOVA also zunächst, dass sich mindestens einer der Mittelwerte von den anderen Mittelwerten unterscheidet. Um herauszufinden, zwischen welchen der gegeneinander getesteten Stichproben ein signifikanter Unterschied vorliegt, werden Post-Hoc-Verfahren verwendet. In der vorliegenden Arbeit wurde mit dem Bonferroni-korrigierten α -Fehler-Niveau von .05 berechnet, welche Mittelwerte sich signifikant voneinander unterscheiden. Als nichtparametrisches Pendant zur ANOVA (*within subjects*) wurde der Friedman-Test eingesetzt.

Die Varianzanalyse wurde in der vorliegenden Arbeit verwendet, um die Kraftentwicklung im Verlauf der Nachuntersuchungen zu erfassen. Außerdem wurden mit diesem Verfahren die klinischen Scores im zeitlichen Verlauf ausgewertet.

Um bei einer Messwertwiederholung (ANOVA *within subjects*) zu ermittelt, ob sich innerhalb der Stichproben zwei Untergruppen hinsichtlich eines Merkmals unterscheiden, wurde eine ANOVA mit Zwischensubjektfaktor durchgeführt. Dabei wurde untersucht, ob Patienten mit einem positiven Befund bei der Popeye-Sign-Deformität einen signifikant besseren oder schlechteren zeitlichen Verlauf gegenüber den Patienten ohne diese Deformität aufwiesen.

Abschließend sollte darauf hingewiesen werden, dass für den LBS-Score wegen seines ausschließlich postoperativen Designs nur deskriptive Statistiken, aber keine Signifikanzberechnungen angegeben werden konnten.

3.4.4 Korrelation

Um zu ermitteln, ob sich zwei nominalskalierte Variablen statistisch voneinander unterscheiden, besteht die Möglichkeit, den χ^2 -Test durchzuführen. Nominalskalierte Daten sind alle Stichproben, die in Kategorien eingeordnet werden können, die im Unterschied zur ordinalen Skalierung nicht auf- oder absteigend sortiert werden können, wie etwa das Geschlecht eines Patienten. Um ermitteln zu können, ob ein systematischer Zusammenhang zwischen zwei Variablen besteht, wird durch Kreuztabellen beurteilt, ob die erwartete Häufigkeit eines Merkmals in einer Stichprobe auch der tatsächlichen Häufigkeit entspricht. Wenn die beobachtete Häufigkeit stark von der erwarteten Häufigkeit abweicht, dann liegt ein statistischer Zusammenhang vor. Der χ^2 -Test wird bei $p < .05$ signifikant. Liegen die beobachtete und die erwartete Häufigkeit nahe beieinander,

dann gibt es keinen systematischen Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Um eine Korrelation bei kleinen Stichproben untersuchen zu können, wird der Fisher's exact Test berechnet. In der vorliegenden Arbeit wurde der Fisher's exact Test verwendet, um eine Korrelation zwischen dem Merkmal *Popeye Sign* (ja oder nein) und dem Merkmal Bohrlochgröße (6,5 mm oder 7 mm) zu untersuchen.

4 Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden mit den gleichen Stichproben verschiedene statistische Tests durchgeführt. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, wurde dabei die folgende Darstellung der Ergebnisse ausgewählt: Zunächst werden in jedem Abschnitt die deskriptiven Statistiken vorgestellt und im weiteren Verlauf wird dann auf die jeweiligen Testverfahren mit einer Angabe der entsprechenden Signifikanzberechnung eingegangen.

4.1 Kraftmessung

Die Auswertung der Kraftmessungen erfolgte systematisch nach drei Gesichtspunkten. Zunächst wurde mit dem T-Test für verbundene Stichproben untersucht, ob zum präoperativen Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen erkrankter und gesunder Seite vorlag. Außerdem wurde mit dem T-Test berechnet, ob über die weiteren Messzeitpunkte ein signifikanter Unterschied zwischen operierter und gesunder Schulter auftrat oder ob sich die Kraftmessungen beider Schultern nicht signifikant voneinander unterschieden. Bei der Varianzanalyse wurde berechnet, ob im zeitlichen Verlauf, also von dem Zeitpunkt vor der OP bis zur Messung nach 24 Monaten, signifikante Verbesserungen bei den Kraftmessungen der operierten Schulter auftraten.

4.1.1 LBS 90°

Der Mittelwert der maximalen Kraft der erkrankten Schulter bei 90° Ellbogenflexion lag präoperativ bei 127,4 (\pm 48,5) N und stieg nach 12 Monaten auf 174,7 (\pm 47,8) N an. Nach 24 Monaten verringerte sich die maximale Kraft auf 169,2 (\pm 47,2) N, wobei sich kein relevanter Unterschied zur gesunden Gegenseite mit 169,2 (\pm 52,8) N ergab. Bei der durchschnittlichen Kraft über 5 Sekunden zeigte sich ein ähnlicher Verlauf. Präoperativ lag sie bei 106,8 (\pm 41,7) N, dann stieg sie nach 12 Monaten auf 151,7 (\pm 41,9) N an und nach 24 Monaten sank sie auf 144,2 (\pm 41,2) N ab, wobei sie 3,2 N über dem Mittelwert der nicht-operierten Seite mit 141,0 (\pm 42,0) N lag (s. Tabelle 6).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gegenseite
LBS 90 max	127,4 (± 48,5)	141,5 (± 47,5)	154,2 (± 39,3)	174,7 (± 47,8)	169,2 (± 47,2)	169,2 (± 52,8)
LBS 90 mean	106,8 (± 41,7)	122,0 (± 45,0)	133,7 (± 33,0)	151,7 (± 41,9)	144,2 (± 41,2)	141,0 (± 42,0)

Tabelle 6: Deskriptive Statistiken zur Kraftmessung bei 90° Ellbogenflexion: Mittelwerte und Standardabweichung; LBS 90 max = maximale Kraft; LBS 90 mean = durchschnittliche Kraft über 5 Sekunden; grau unterlegt wird die präoperative Messung der gesunden Gegenseite dargestellt.

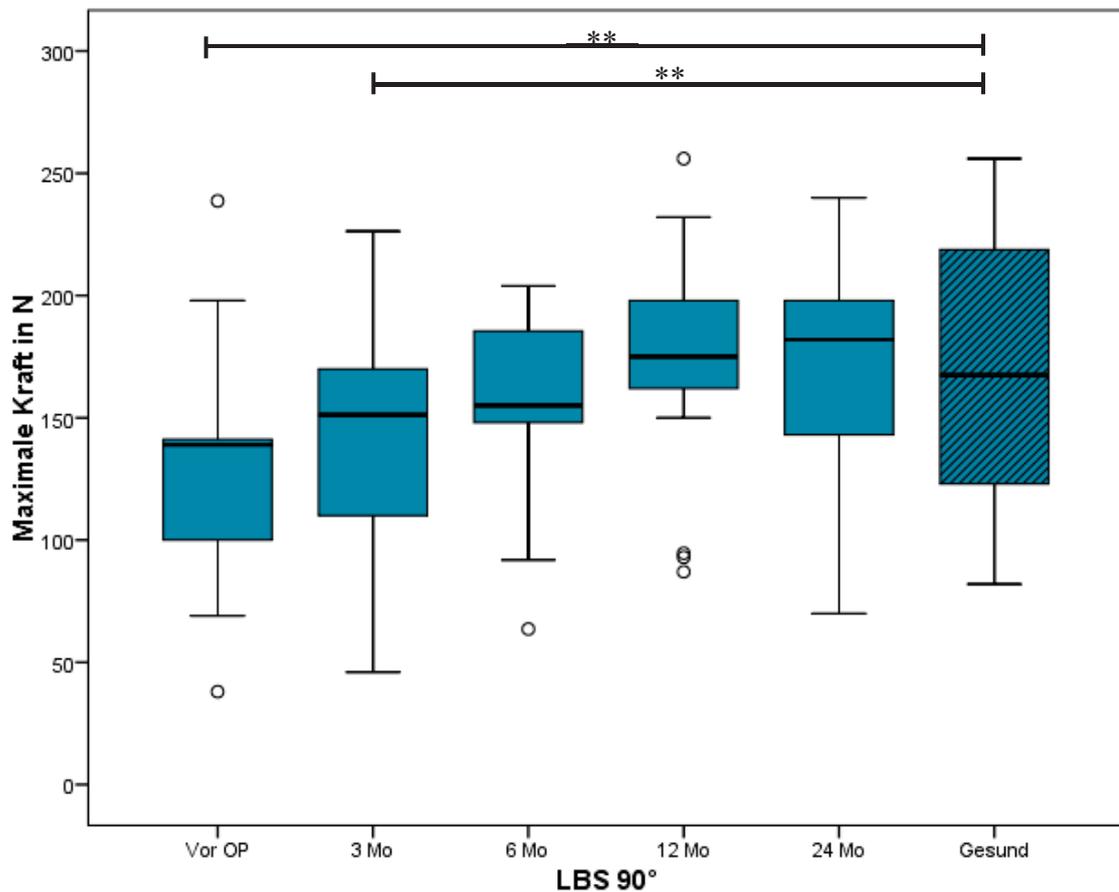


Abb. 15: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Maximale Kraft bei 90° Ellbogenflexion. Nach 6 Monaten konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied mehr nachgewiesen werden.

Beim T-Test für verbundene Stichproben zeigte sich präoperativ ein signifikant schlechteres Ergebnis für die 90°-LBS-Kraft auf der zu operierenden Seite gegenüber der Gegenseite und zwar sowohl bei der maximalen Kraftauswirkung als auch bei der durchschnittlichen Kraft über 5 Sekunden (s. Abb. 15 und Abb. 16).

Nach 3 Monaten ergab der T-Test ein signifikant schlechteres Ergebnis der operierten Seite gegenüber der nicht-operierten Seite bei der maximalen Kraftmessung. Bei der durchschnittlichen Kraftmessung konnte nach 3 Monaten kein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Auch bei allen folgenden Messungen (6, 12 und 24 Monate) konnte für die maximale und die durchschnittliche Kraft kein signifikanter Unterschied zwischen gesunder und kranker Seite nachgewiesen werden. Die p-Werte werden zur Übersicht in der Tabelle 7 dargestellt.

Vergleich gesund zu:	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
LBS 90° max	** p = .000	** p= .002	p = .135	p = .644	p = .995
LBS 90° mean	** p = .001	p = .054	p = .298	p = .305	p = .742

Tabelle 7: Ergebnisse des T-Tests für die LBS-Kraft bei 90° Ellenbogenflexion. Es wurde jeweils zu 5 Messzeitpunkten gegen die Stichprobe der gesunden und nicht-operierten Seite gemessen. Signifikante Werte werden fett hervorgehoben.

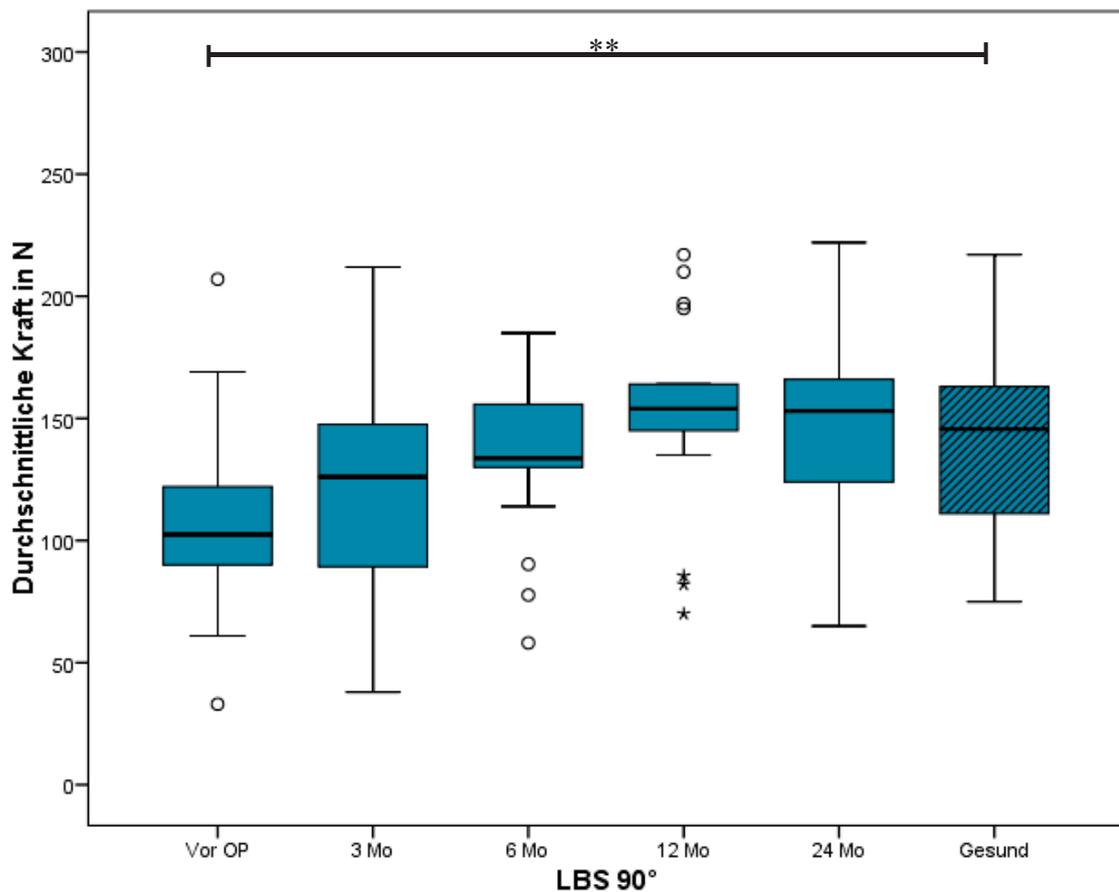


Abb. 16: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Durchschnittliche Kraft bei 90° Ellbogenflexion. Nach 3 Mo konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied mehr nachgewiesen werden.

Um die Kraftentwicklung im zeitlichen Verlauf beurteilen und ermitteln zu können, zu welchem Zeitpunkt der größte Kraftzuwachs erfolgte, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Dabei wurde nicht gegen die gesunde Seite getestet, sondern die Varianzen der 5 Messzeitpunkte wurden untereinander verglichen. Die einfaktorielle ANOVA (*within subjects*) zeigte eine signifikante Zunahme der Ellbogenbeugungskraft bei 90° und zwar sowohl für die maximale Kraft ($p = .000$) als auch für die Durchschnittskraft über 5 Sekunden ($p = .002$).

Die Post-Hoc-Vergleiche auf einem Bonferroni-korrigierten α -Fehler Niveau ergaben für die maximale und die durchschnittliche Kraft eine signifikante Verbesserung der Kraft zwischen der präoperativen Messung und der 12-Monats-Verlaufskontrolle und zwischen der präoperativen Messung und der 24-Monats-Verlaufskontrolle. Die p-Werte des Post-Hoc-Vergleichs werden in der Tabelle 8 dargestellt. Weitere signifikante Verbesserungen konnten in der Messwertanalyse nicht ermittelt werden.

Vergleich vor OP zu:	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
LBS 90 max	p = 1.000	p = .150	** p = .005	** p = .009
LBS 90 mean	p = 1.000	p = .089	** p = .002	** p = .003

Tabelle 8: Post-Hoc-Vergleiche (Bonferroni-Korrektur) der ANOVA für die Kraft bei 90° Ellbogenflexion.

Anhand dieser Auswertungen können drei Aussagen über die LBS-Kraft bei 90° Ellbogenflexion getroffen werden. Zum einen wurde die Hypothese bestätigt, dass die Schulter mit der LBS-Läsion präoperativ signifikant schlechter als die gesunde Gegenseite abschneidet. Zum anderen wurde gezeigt, dass im postoperativen Verlauf nach der Tenodese mit der beschriebenen Technik kein signifikanter Unterschied zwischen erkrankter und gesunder Schulter mehr besteht. Die ANOVA konnte schließlich die Hypothese bestätigen, dass im zeitlichen Verlauf nach 12 und 24 Monaten eine signifikante Verbesserung der Kraft im Vergleich mit dem präoperativen Messzeitpunkt erfolgt.

4.1.2 LBS 10°

Die durchschnittliche maximale LBS-Kraft bei 10° Ellbogenflexion lag präoperativ bei der erkrankten Schulter bei 173,2 ($\pm 86,7$) N. Im Verlauf nahm die Kraft nach 12 Monaten auf 241,3 ($\pm 77,5$) N zu. Nach 24 Monaten sank sie auf 208,6 ($\pm 66,6$) N. Dadurch war

die Kraft 2 Jahre nach der Operation um 14 N kleiner als die maximale Kraft der gesunden Gegenseite mit 222,6 (\pm 91,0) N. Die durchschnittliche Kraft verlief dazu parallel von präoperativ 144,3 (\pm 78,2) N bis auf 198,7 (\pm 63,4) N nach 12 Monaten. Nach 24 Monaten erreichte sie einen Wert von 171,5 (\pm 58,4) N, womit sie 11 N kleiner war als der Wert der nicht-operierten Seite mit 182,5 (\pm 72,8) N (s. Tabelle 9).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gegenseite
LBS 10 max	173,2 (\pm 86,7)	211,1 (\pm 67,0)	200,2 (\pm 71,8)	241,3 (\pm 77,5)	208,6 (\pm 66,6)	222,6 (\pm 91,0)
LBS 10 mean	144,3 (\pm 78,2)	171,3 (\pm 49,5)	174,8 (\pm 54,7)	198,7 (\pm 63,4)	171,5 (\pm 58,4)	182,5 (\pm 72,8)

Tabelle 9: Deskriptive Statistiken der Kraftmessung bei 10° Ellbogenflexion: Mittelwerte und Standardabweichung; LBS 10 max = maximale Kraft; LBS 10 mean = durchschnittliche Kraft über 5 Sekunden; grau unterlegt wird die präoperative Messung der gesunden Gegenseite dargestellt.

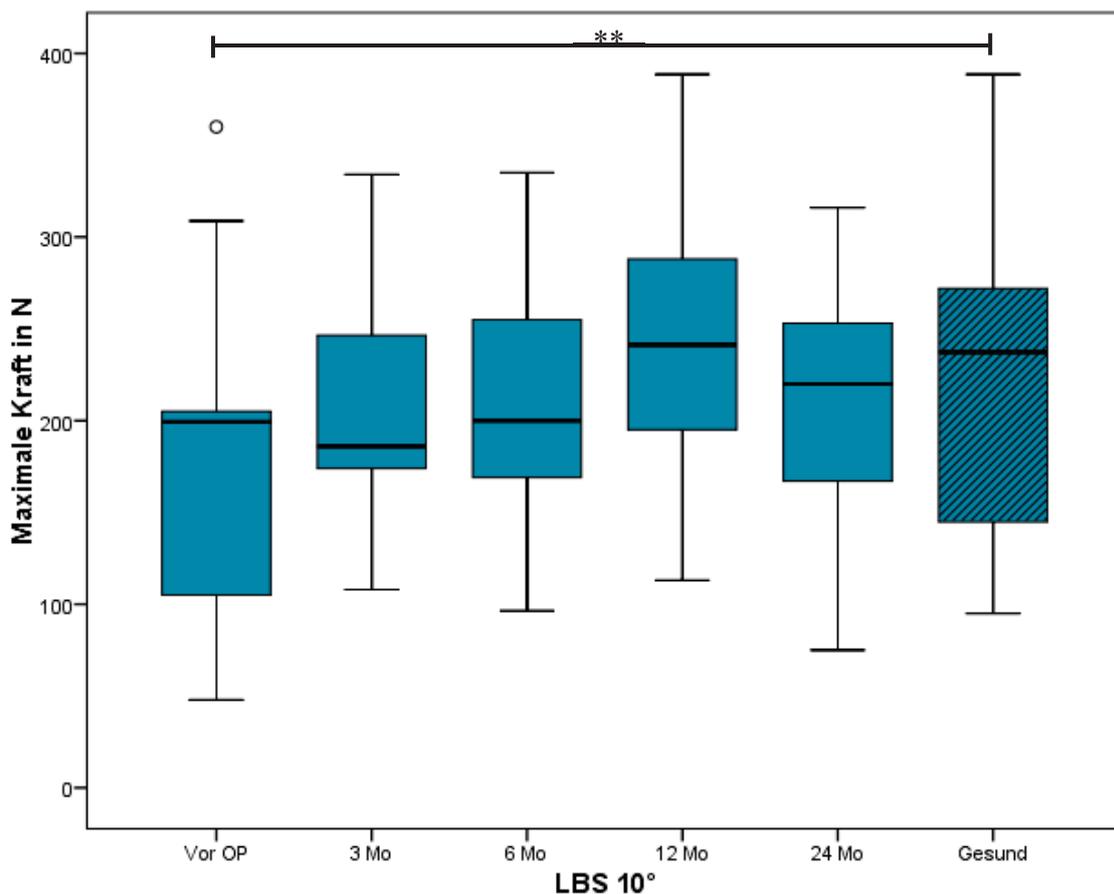


Abb. 17: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Maximale Kraft bei 10° Ellbogenflexion. Nach 3 Mo konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied mehr nachgewiesen werden.

Für den Seitenvergleich wurde der T-Test für verbundene Stichproben eingesetzt. Zum präoperativen Messzeitpunkt lag ein signifikanter Kraftunterschied zwischen erkrankter und gesunder Seite für die maximale und die durchschnittliche Kraft vor. Nach dem ersten Follow-Up nach 3 Monaten konnte bei beiden Kraftmessungen kein signifikanter Unterschied zur gesunden Seite mehr festgestellt werden (s. Tabelle 10, Abb. 17 und 18).

Vergleich gesund zu:	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
LBS 10° max	** p=.004	p=.555	p=.357	p=.491	p=.529
LBS 10° mean	** p=.002	p=.504	p=.626	p=.445	p=.515

Tabelle 10: Ergebnisse des T-Tests der LBS-Kraft bei 10° Ellenbogenflexion. Es wurde jeweils zu 5 Messzeitpunkten gegen die Stichprobe der gesunden und nicht-operierten Seite gemessen. Signifikante Werte werden fett dargestellt.

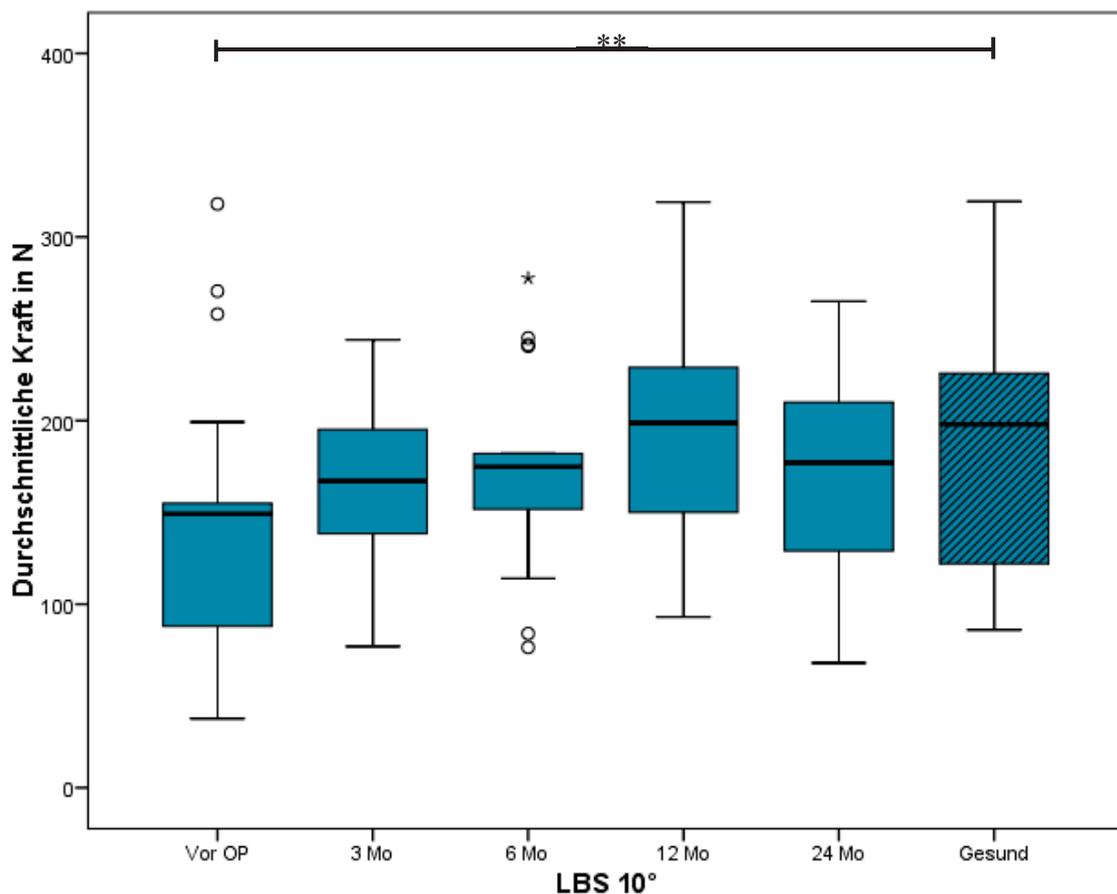


Abb. 18: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Durchschnittliche Kraft bei 10° Ellbogenflexion. Nach 3 Mo konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied mehr nachgewiesen werden.

Die Varianzanalyse der Messwertwiederholung (ANOVA) ergab weder für die maximale Kraft ($p = .066$) noch für die durchschnittliche Kraft ($p = .063$) ein signifikantes Ergebnis. Da bei den Stichproben die schwierig zu erfüllende Bedingung der Kovarianzhomogenität nicht vorlag, wurde das Ergebnis nach Greenhouse-Geisser korrigiert. Bei einer nicht signifikanten ANOVA entfällt der Post-hoc-Vergleich.

Dadurch konnte also bezüglich der Ellbogenflexionskraft bei 10° Beugung bestätigt werden, dass die erkrankte Schulter vor der Operation signifikant schlechter im T-Test abschnitt als die gesunde Schulter. 3 Monate nach dem Eingriff bestand zwischen den beiden Seiten kein signifikanter Unterschied mehr und zwar sowohl bei der maximalen als auch bei der durchschnittlichen Kraftmessung. Im Unterschied zur 90° -LBS-Kraft war die ANOVA hier nicht signifikant. Eine Verbesserung der Kraft bei der 10° Ellbogenflexion gegenüber der präoperativen Messung konnte deshalb bei der Varianzanalyse nicht belegt werden.

4.1.3 O'Brien

Die durchschnittliche maximale Kraftmessung analog zum O'Brien-Test lag präoperativ bei $75,9 (\pm 48,6)$ N. Bis zur Verlaufskontrolle nach 12 Monaten stieg die maximale Kraft auf $91,4 (\pm 32,7)$ N an. Nach 24 Monaten fiel sie auf $78,2 (\pm 19,6)$ N ab. Der Mittelwert der gesunden Gegenseite konnte dabei nicht erreicht werden: $100,7 (\pm 44,5)$ N.

Die durchschnittliche Kraft in der O'Brien-Position entwickelte sich parallel dazu. Vor der OP lag sie bei $65,0 (\pm 43,4)$ N, nach 12 Monaten stieg bis auf $75,6 (\pm 27,7)$ N und nach 24 Monaten sank sie auf $65,7 (\pm 16,4)$ N. Die gesunde Schulter erreichte einen Wert von $89,6 (\pm 41,2)$ N (s. Tabelle 11).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gegenseite
O'Brien max	75,9 ($\pm 48,6$)	78,2 ($\pm 26,4$)	92,5 ($\pm 28,6$)	91,4 ($\pm 32,7$)	78,2 ($\pm 19,6$)	100,7 ($\pm 44,5$)
O'Brien mean	65,0 ($\pm 43,3$)	65,2 ($\pm 22,5$)	73,8 ($\pm 22,2$)	75,6 ($\pm 27,7$)	65,7 ($\pm 16,4$)	89,6 ($\pm 41,2$)

Tabelle 11: Deskriptive Statistiken der Kraftmessung in O'Brien-Position: Mittelwerte und Standardabweichung; O'Brien max = maximale Kraft; O'Brien mean = durchschnittliche Kraft über 5 Sekunden; grau unterlegt wird die präoperative Messung der gesunden Gegenseite dargestellt.

Für einen Mittelwertvergleich zwischen operierter Seite und gesunder Seite wurde auch hier der T-Test durchgeführt. Zum präoperativen Zeitpunkt schnitt die erkrankte Seite signifikant schlechter ab als die operierte Seite und zwar sowohl bei der maximalen Kraft ($p = .000$) als auch bei der durchschnittlichen Kraft ($p = .000$). Auch nach 3 Monaten bestand dieser Unterschied weiterhin. Nach 6 und 12 Monaten unterschieden sich maximale und durchschnittliche Kraft in der O'Brien-Position dann nicht mehr von der gesunden Gegenseite. Der Abfall der Kraft nach 24 Monaten führte allerdings zu einem signifikant schlechteren Abschneiden der maximalen ($p = .027$) und der durchschnittlichen Kraft ($p = .012$) im Vergleich mit der gesunden Seite (s. Tabelle 12, Abb. 19 und Abb. 20).

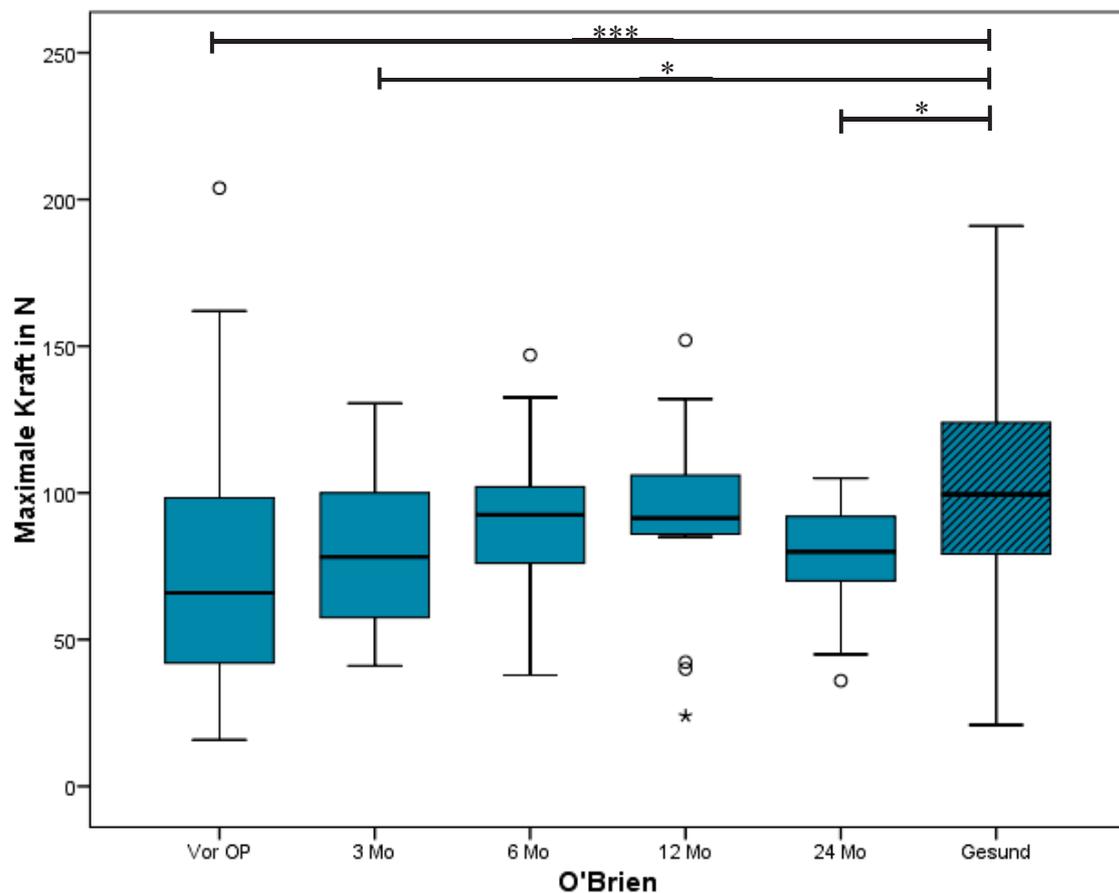


Abb. 19: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Maximale Kraft in O'Brien-Position. Nach 6 Mo konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied zur gesunden Schulter nachgewiesen werden. Nach 24 Monaten war die Kraftmessung bei der operierten Seite wieder signifikant schlechter als die bei der nicht-operierten Seite.

Vergleich gesund zu:	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
O'Brien max	*** p = .000	* p = .016	p = .419	p = .267	* p = .027
O'Brien mean	*** p = .000	** p = .003	p = .107	p = .086	* p = .012

Tabelle 12: Ergebnisse zum T-Test bei der Kraftmessung in der O'Brien-Position. Dabei wurde jeweils zu 5 Messzeitpunkten gegen die Stichprobe der gesunden und nicht-operierten Seite gemessen. Signifikante Werte werden fett dargestellt.

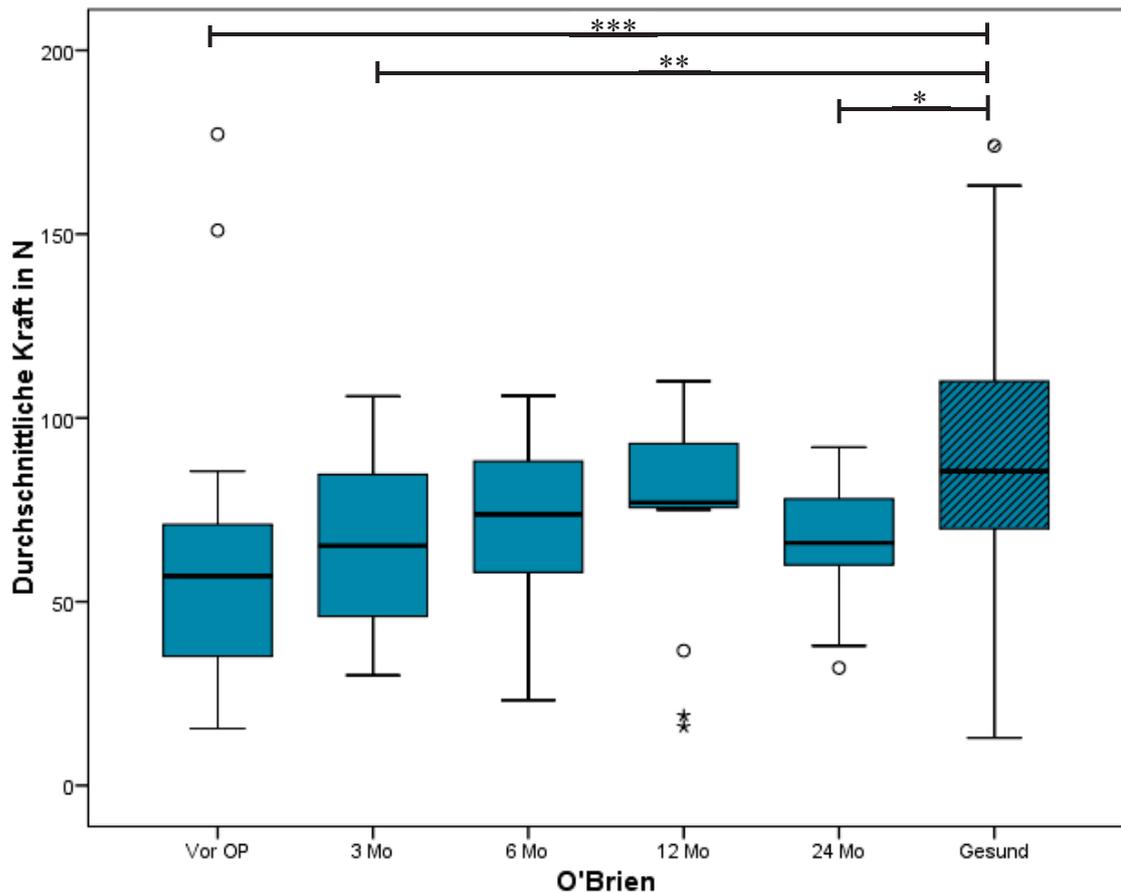


Abb. 20: T-Test zum Vergleich operierte vs. gesunde Seite: Durchschnittliche Kraft in O'Brien-Position. Nach 6 Mo konnte im T-Test kein signifikanter Unterschied zur gesunden Schulter nachgewiesen werden. Nach 24 Monaten war die Kraftmessung der operierten Seite wieder signifikant schlechter als die der nicht-operierten Seite.

Die ANOVA *within subjects* lieferte nach einer Greenhouse-Geisser-Korrektur bei der maximalen ($p = .147$) und bei der durchschnittlichen Kraft in O'Brien-Position ($p = .326$) kein signifikantes Ergebnis.

Zur Kraft in der O'Brien-Position können also hinsichtlich der Fragestellungen die folgenden Aussagen getroffen werden: Zum präoperativen Zeitpunkt war die erkrankte

Schulter signifikant schlechter. Die Hypothese, dass dieser signifikante Unterschied im postoperativen Verlauf verschwindet, muss allerdings verworfen werden. Zwar unterschieden sich die Kraftmaße nach 6 und 12 Monaten nicht signifikant, aber in der Verlaufskontrolle nach 24 Monaten war die Kraft in der O'Brien-Position wieder signifikant schlechter. Bei den Messungen der operierten Seite konnte daher durch die ANOVA im zeitlichen Verlauf keine Verbesserung nachgewiesen werden.

4.2 Klinische Scores

Die Auswertung der patientenbasierten Scores erfolgte nach zwei Gesichtspunkten. Zunächst wurde mit dem T-Test für verbundene Stichproben untersucht, ob zum präoperativen Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen gesunder und erkrankter Schulter vorlag. Anschließend wurde eine Varianzanalyse (ANOVA *within subjects*) durchgeführt, um zu ermitteln, ob es bei den Stichproben der Scores im zeitlichen Verlauf zu signifikanten Verbesserungen kommt. Bei einer signifikanten ANOVA wurde dann durch einen Bonferroni-korrigierten paarweisen Vergleich ermittelt, welche Messwerte sich signifikant voneinander unterscheiden.

4.2.1 Constant Murley Score

Im Constant Murley Score werden sowohl die Gesamtsumme als auch die vier Subkategorien Schmerz (*pain*), Aktivitäten des täglichen Lebens (*activity of daily life*), Bewegungsausmaße (*movement*) und Kraft (*force*) untersucht.

Der Mittelwert der Kategorie Schmerz lag präoperativ bei 5,2 ($\pm 3,1$) von 15 möglichen Punkten. Nach 3 Monaten war ein Anstieg auf 11,3 ($\pm 3,2$) Punkte zu verzeichnen und nach 24 Monaten verbesserte sich die Punktzahl dann kontinuierlich bis auf 13,4 ($\pm 2,3$) Punkte.

Im Abschnitt Aktivität des täglichen Lebens erreichte der Mittelwert der präoperativen Messung 8,8 ($\pm 15,6$) von 20 möglichen Punkten. Nach 3 Monaten verbesserte sich dieser Wert auf 15,6 ($\pm 4,6$) Punkte, der dann nach 24 Monaten bis auf 18,0 ($\pm 2,5$) Punkte anstieg.

Von 40 möglichen Punkten lag der Mittelwert der Subkategorie Bewegung vor der Operation bei 23,9 ($\pm 9,9$) Punkten. In der Verlaufskontrolle nach 3 Monaten verbesserte er sich auf 35,1 ($\pm 6,2$) Punkte und nach 24 Monaten stieg er bis 39,2 ($\pm 2,1$) Punkte an.

Beim Unterpunkt Kraft zeigte sich dagegen eine andere Entwicklung (vgl. dazu Kap.4.1.3). Bei der präoperativen Messung lag der Mittelwert bei 12,2 ($\pm 6,4$) Punkten. Bei der ersten Messung nach 3 Monaten postoperativ stieg der Wert auf 13,3 ($\pm 4,7$) Punkte und nach 12 Monaten verbesserte er sich bis auf 15,4 ($\pm 5,8$) Punkte. Nach 24 Monaten verschlechterte sich der Mittelwert dann aber wieder auf 13,4 ($\pm 3,3$) Punkte. Maximal können in dieser Subkategorie 25 Punkte erreicht werden.

Für die Gesamtsumme im Constant Murley Score ergibt sich dadurch ein Anstieg von präoperativ 50,1 ($\pm 17,5$) Punkten auf 79,4 ($\pm 15,7$) Punkte nach 3 Monaten postoperativ. Der CMS verbesserte sich dann nach 12 Monaten auf 84,6 ($\pm 9,4$) von 100 maximal erreichbaren Punkten. Nach 24 Monaten verringerte sich der Mittelwert leicht auf 84,0 ($\pm 7,0$) Punkte (s. Tabelle 13).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gesund
CMS Pain	5,2 ($\pm 3,1$)	11,3 ($\pm 3,2$)	12,9 ($\pm 2,9$)	13,1 ($\pm 2,2$)	13,4 ($\pm 2,3$)	14,7 ($\pm 0,8$)
CMS ADL	8,8 ($\pm 4,3$)	15,6 ($\pm 4,6$)	17,4 ($\pm 3,9$)	17,2 ($\pm 3,4$)	18,0 ($\pm 2,5$)	19,8 ($\pm 1,0$)
CMS MOV	23,9 ($\pm 9,9$)	35,1 ($\pm 6,2$)	37,4 ($\pm 3,7$)	38,9 ($\pm 2,5$)	39,2 ($\pm 2,1$)	40
CMS Force	12,2 ($\pm 6,4$)	13,3 ($\pm 4,7$)	15,2 ($\pm 4,6$)	15,4 ($\pm 5,8$)	13,4 ($\pm 3,3$)	17,1 ($\pm 6,5$)
CMS	50,1 ($\pm 17,5$)	79,4 ($\pm 15,7$)	83,0 ($\pm 10,1$)	84,6 ($\pm 9,4$)	84,0 ($\pm 7,0$)	91,6 ($\pm 6,7$)

Tabelle 13: Deskriptive Statistiken zum CMS (Constant Murley Score); ADL = activity of daily life; MOV = movement; die gesunde Gegenseite wird grau unterlegt dargestellt.

Mit dem T-Test für verbundene Stichproben wurde untersucht, ob es einen signifikanten Unterschied zwischen der erkrankten und der gesunden Schulter im CMS gab. Mehrere Datensätze waren nicht normalverteilt. Deshalb wurden sie nicht mit dem T-Test, sondern mit dem Wilcoxon-Matched-Pairs-Test als seinem nicht-parametrischen Pendant berechnet.

Für alle vier Subkategorien und für den Gesamtscore ergab der Mittelwertvergleich einen signifikanten Unterschied zwischen der erkrankten und noch nicht-operierten Schulter und der gesunden Schulter. Für die Subkategorie Schmerz lieferte der Wilcoxon-Test $p = .000$, für den Abschnitt ADL $p = .000$ und für den Bereich Bewegung $p = .001$. Beim T-Test ergab sich der signifikante Unterschied mit $p = .000$ für die Kategorie Kraft und für den gesamten Score ergab sich ebenfalls $p = .000$.

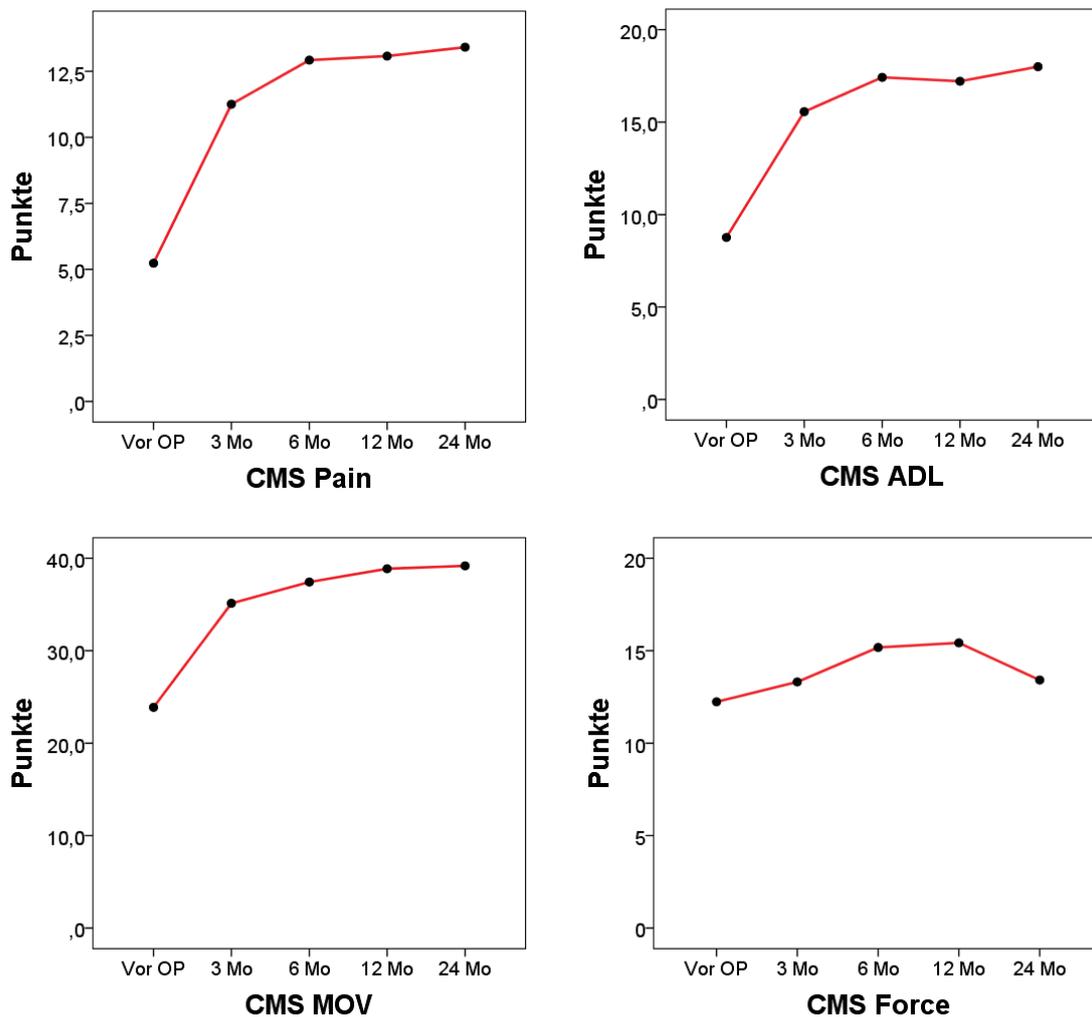


Abb. 21: Subgruppen des CMS (Constant Murley Score): Aufgezeichnet wurden die Mittelwerte im zeitlichen Verlauf; signifikante Ergebnisse werden in der ANOVA bzw. im Friedman-Test für Schmerz (Pain), die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) und Bewegung (MOV) dargestellt. Für die Subkategorie Kraft (Force) lieferte die ANOVA kein signifikantes Ergebnis.

Um eine mögliche Verbesserung im zeitlichen Verlauf zu ermitteln, wurde für alle Kategorien des CMS eine ANOVA *within subjects* durchgeführt (s. Abb. 21).

Sie ergab für den Abschnitt Schmerz ein signifikantes Ergebnis mit $p = .000$. Beim paarweisen Vergleich in der Post-Hoc-Analyse auf Bonferroni-korrigiertem α -Fehler-Niveau konnte eine signifikante Verbesserung aller vier Nachkontrollen gegenüber der präoperativen Messung mit jeweils $p = .000$ festgestellt werden.

Auch bei der Kategorie ADL lieferte die ANOVA mit $p = .000$ ein signifikantes Ergebnis. Die Post-Hoc-Analyse zeigte, dass sich auch hier alle vier postoperativen Messungen signifikant mit $p = .000$ von der Messung vor der Operation unterscheiden.

Im Bereich Bewegung lag für den Datensatz der Messung nach 24 Monaten keine Normalverteilung vor. Da dies eine Bedingung für die ANOVA *within subjects* ist, wurde stattdessen der nicht-parametrische Friedman-Test durchgeführt. Der Friedman-Test ergab für den Abschnitt *movement* eine signifikante Verbesserung mit $p = .000$.

Bei der vierten Subkategorie Kraft ergab die ANOVA kein signifikantes Ergebnis ($p = .055$). Wegen der fehlenden Kovarianzhomogenität wurde das nach Greenhouse-Geisser korrigierte Ergebnis angegeben.

Für die Gesamtpunktzahl im CMS wurde in der ANOVA (nach Greenhouse-Geisser-Korrektur) ein signifikantes Ergebnis mit $p = .000$ berechnet. In der Post-Hoc-Analyse zeigte sich eine signifikante Verbesserung bei allen vier Nachuntersuchungen gegenüber der präoperativen Messung mit jeweils $p = .000$ (s. Abb. 22).

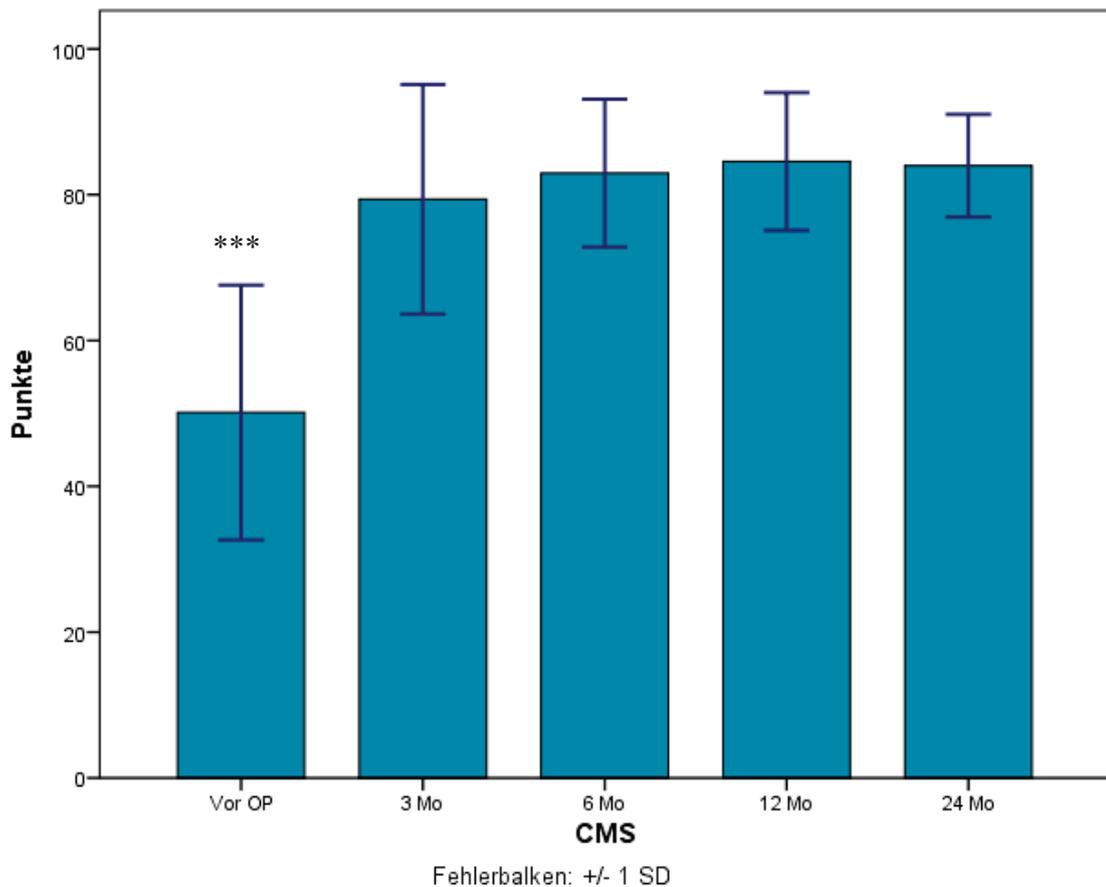


Abb. 22: Balkendiagramm zu den Mittelwerten des CMS (Constant Murley Scores). Die Fehlerbalken markieren ± 1 SD (standard deviation); der präoperative Wert unterscheidet sich im Post-Hoc-Vergleich der ANOVA signifikant von den Werten aller vier Verlaufskontrollen mit jeweils $p = .000$ und wurde daher mit *** markiert.

4.2.2 ASES

Der Mittelwert des präoperativ erhobenen Scores der *American Shoulder and Elbow Surgeons Society* (ASES) lag bei 45,6 ($\pm 20,7$) von insgesamt 100 möglichen Punkten. Postoperativ erhöhte sich dieser Wert nach 3 Monaten auf 71,8 ($\pm 23,7$) Punkte. Bei den weiteren Verlaufskontrollen stieg der Wert nach 24 Monaten kontinuierlich bis auf 90,4 ($\pm 12,8$) Punkte an (s. Tabelle 14).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gesund
ASES	45,6 ($\pm 20,7$)	71,8 ($\pm 23,7$)	85,0 ($\pm 16,0$)	83,5 ($\pm 13,2$)	90,4 ($\pm 12,8$)	100

Tabelle 14: Deskriptive Statistiken zum ASES-Score. Die gesunde Gegenseite wird grau unterlegt dargestellt.

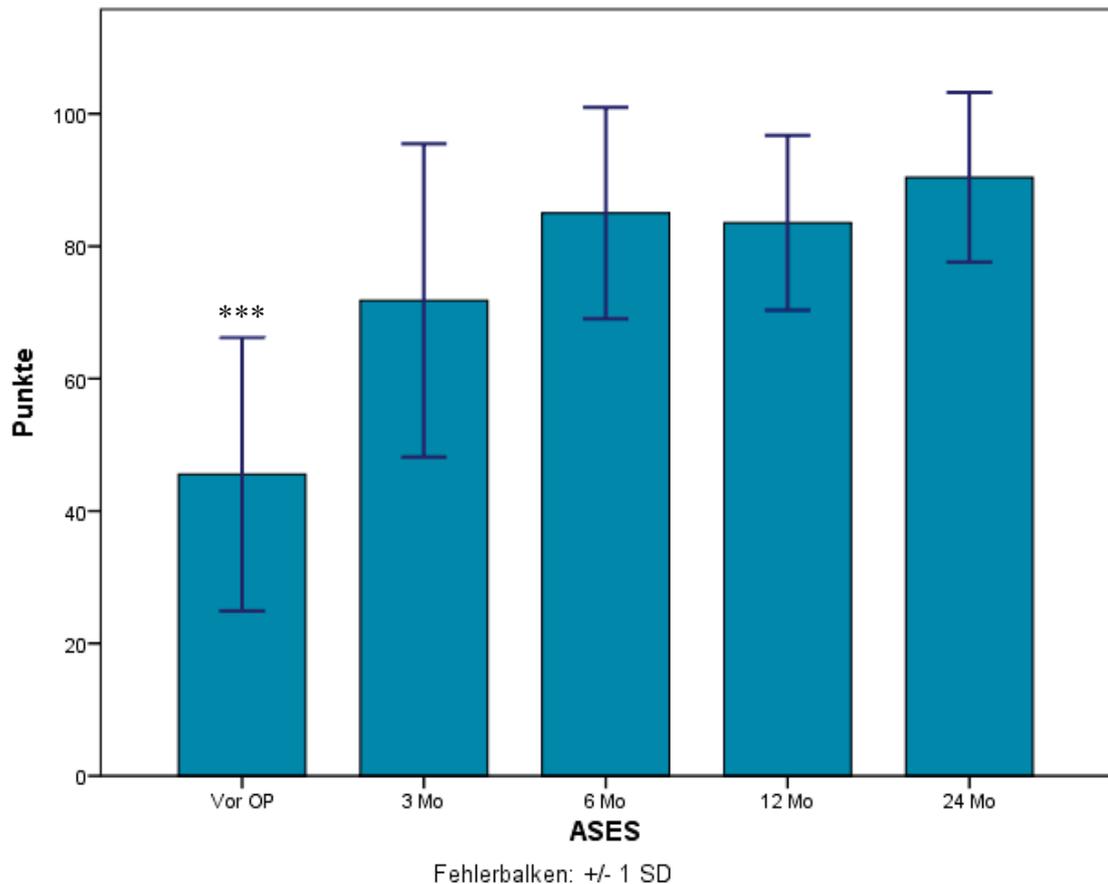


Abb. 23: Balkendiagramm zu den Mittelwerten des ASES. Die Fehlerbalken markieren ± 1 SD (standard deviation); der präoperative Wert unterscheidet sich im Post-Hoc-Vergleich der ANOVA signifikant von den Werten aller Verlaufskontrollen und wurde daher mit *** markiert.

Wegen der fehlenden Normalverteilung des Datensatzes der gesunden Gegenseite wurde mit dem Wilcoxon-Matched-Pairs-Test berechnet, ob vor der Operation ein signifikanter Unterschied zwischen gesunder und erkrankter Seite vorlag. Das Ergebnis des Tests war mit $p = .000$ signifikant, wodurch bestätigt wurde, dass die erkrankte Seite im ASES signifikant schlechter abschnitt als die gesunde Seite.

Die ANOVA within subjects war mit $p = .000$ nach Greenhouse-Geisser-Korrektur ebenfalls signifikant. Der Post-Hoc-Test zeigte, dass der präoperative Mittelwert mit $p = .006$ signifikant kleiner war als der Wert nach 3 Monaten. Nach 6, 12 und 24 Monaten unterschieden sich die Messungen ebenfalls mit jeweils $p = .000$ signifikant vom präoperativen Messzeitpunkt (s. Abb. 23).

4.2.3 SST

Der *Simple Shoulder Test* lag in der Untersuchung vor der OP bei 4,5 (\pm 3,0) Punkten. Maximal können bei diesem Test 12 Punkte erreicht werden. Der SST stieg dann 3 Monate nach der OP auf 9,4 (\pm 3,1) Punkte. Bis zum Abschluss der Studie nach 24 Monaten verbesserte sich dieser Wert auf 11,1 (\pm 1,2) Punkte (s. Tabelle 15).

	Vor der OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gesund
SST	4,5 (\pm 3,0)	9,4 (\pm 3,1)	10,9 (\pm 1,1)	10,7 (\pm 1,5)	11,1 (\pm 1,2)	12

Tabelle 15: Deskriptive Statistiken zum SST. Die gesunde Gegenseite wird grau unterlegt dargestellt.

Präoperativ war der Mittelwert der erkrankten Schulter signifikant schlechter als der Mittelwert der gesunden Schulter. Der Wilcoxon-Matched-Pairs-Test, der wegen fehlender Normalverteilung der Stichprobe der gesunden Seite verwendet wurde, lieferte mit $p = .000$ ein signifikantes Ergebnis.

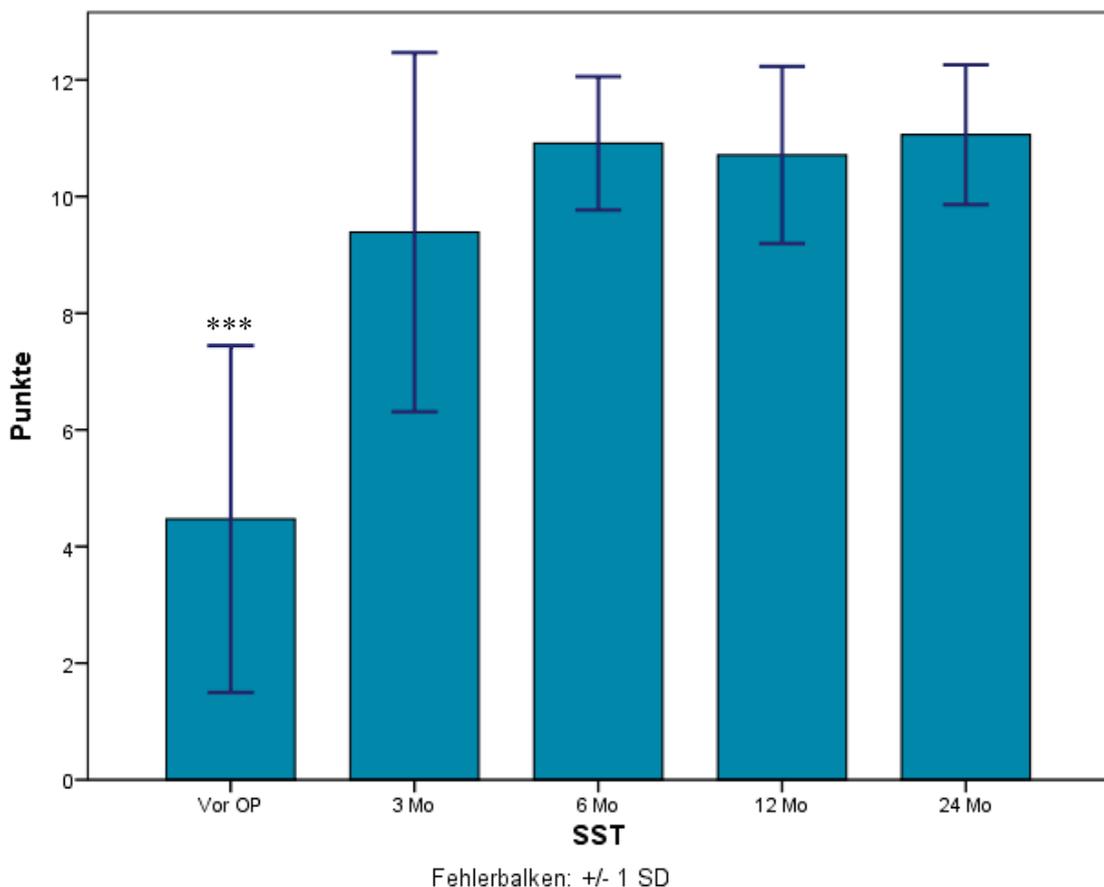


Abb. 24: Balkendiagramm zu den Mittelwerten des SST. Die Fehlerbalken markieren \pm 1 SD (standard deviation); der präoperative Wert unterscheidet sich im Post-Hoc-Vergleich der ANOVA signifikant von den Werten aller Verlaufskontrollen und wurde daher mit *** markiert.

Die ANOVA *within subjects* zeigte bei der Messwiederholung eine signifikante Verbesserung des *Simple Shoulder Tests*. Der Post-Hoc-Test führte zu einem signifikanten Unterschied zwischen der präoperativen Messung und den Messungen der Nachkontrollen mit jeweils $p = .000$.

4.2.4 LBS-Score

Da der LBS-Score nur ein postoperatives Design aufweist, werden im Folgenden nur die deskriptiven Statistiken erläutert.

	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
LBS	15,0 (\pm 3,1)	15,9 (\pm 1,7)	15,9 (\pm 1,6)	16,8 (\pm 1,0)

Tabelle 16: Deskriptive Statistiken zum LBS-Score

Die erste Erhebung des LBS-Scores erfolgte bei der ersten Verlaufskontrolle nach 3 Monaten. Dabei wurde ein Mittelwert von 15,0 (\pm 3,1) Punkten erreicht. Im Verlauf verbesserte sich die Punktzahl nach 24 Monaten auf 16,8 (\pm 1,0) von 18 möglichen Punkten.

Die Frage nach postoperativen Schmerzen wurde wie folgt beantwortet: $n = 6$ Patienten (35 %) erlebten postoperativ völlige Schmerzfreiheit, während $n = 11$ Patienten (65 %) mindestens einmalige Schmerzen unter Belastung angaben. Schmerzen in Ruhe wurden von keinem Patienten angegeben.

Im postoperativen Verlauf traten nach eigener Angabe bei $n = 2$ Patienten (12 %) Krämpfe auf. Bei einem der Patienten sistierten sie innerhalb von Tagen und beim anderen Patienten innerhalb von Wochen.

Von $n = 10$ Patienten (59 %) wurde die Frage nach der Beugekraft im Ellbogengelenk mit „seitengleich“ beantwortet, $n = 6$ Patienten (35 %) gaben „etwas geringer“ an und $n = 1$ Patient (6 %) gab „deutlich geringer“ an.

Beim äußeren Erscheinungsbild gaben $n = 11$ Patienten (65 %) Seitengleichheit an. Demgegenüber sagten $n = 3$ Patienten (18 %), dass der Bizepsbauch im Seitenvergleich tiefer sei. Ebenfalls $n = 3$ Patienten (18 %) gaben an, dass eine deutliche Vorwölbung beim Anspannen des Bizeps auftreten würde. Diese Angaben deckten sich nicht mit der objektiven Umfangs- und Distanzmessung (vgl. Kap 4.3.3).

Die Beweglichkeit im Ellbogengelenk wurde sowohl bei der Streckung als auch bei der Beugung von n = 16 Patienten (94 %) als unbeeinträchtigt angegeben. Jeweils n = 1 Patient (6 %) empfand die Beugung und Streckung als eingeschränkt.

Das Umwenden der Hand (Pro- und Supination) bei 90° Ellbogenflexion beschrieben n = 15 Patienten (88 %) als „nicht eingeschränkt“ für die Drehung nach innen und nach außen. Jeweils n = 2 Patienten (12 %) gaben „etwas eingeschränkt“ an. Kein Patient empfand die Pro- und Supination als „sehr eingeschränkt“.

Die subjektive Patientenzufriedenheit wurde nach zwei Aspekten bewertet. Dabei sagten n = 16 Patienten (94 %), dass sie die LBS-Tenodese auch an der gesunden Schulter durchführen lassen würden, wenn sie ebenfalls erkranken würde. Außerdem würden n = 16 Patienten (94 %) einem Freund oder Bekannten empfehlen, sich im Falle einer gleichen Erkrankung ebenfalls operieren zu lassen.

4.3 LBS und Popeye

4.3.1 Umfang

Die Messung des Oberarmumfangs bei relaxiertem Bizeps lag präoperativ bei 32,4 (\pm 3,7) cm. Über alle Verlaufskontrollen verringerte sich der passive Oberarmumfang bis auf 31,3 (\pm 2,6) cm. Die Messung der gesunden Seite ergab 32,6 (\pm 3,1) cm. Bei maximal kontrahiertem Bizeps lag der Oberarmumfang nach 24 Monaten mit 34,1 (\pm 3,1) cm genau auf dem Niveau des präoperativen Messzeitpunkts mit 34,1 (\pm 4,3) cm. Zwischen diesen Zeitpunkten sank der Oberarmumfang nach 6 Monaten bis auf 33,3 (\pm 2,5) cm (s. Tabelle 17).

	Vor OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo	Gesund
passiv	32,4 (\pm 3,7)	32,4 (\pm 3,4)	31,5 (\pm 2,0)	31,4 (\pm 2,8)	31,3 (\pm 2,6)	32,6 (\pm 3,1)
aktiv	34,1 (\pm 4,3)	34,0 (\pm 3,5)	33,3 (\pm 2,5)	34,0 (\pm 3,4)	34,1 (\pm 3,1)	34,6 (\pm 3,8)

Tabelle 17: Deskriptive Statistiken zur Umfangsmessung. Alle Werte in cm.

Im T-Test für verbundene Stichproben zeigte sich präoperativ kein signifikanter Unterschied zwischen erkrankter und gesunder Seite und zwar weder bei der passiven ($p = .450$) noch bei der aktiven Umfangsmessung ($p = .104$). Bei derselben Auswertung

ergab sich nach 24 Monaten ein signifikant geringerer passiver Oberarmumfang im Vergleich mit der gesunden Seite ($p = .018$). Die aktive Umfangsmessung lieferte auch nach 24 Monaten keinen signifikanten Unterschied zur nicht-operierten Gegenseite ($p = .455$) (s. Abb. 25 und 26).

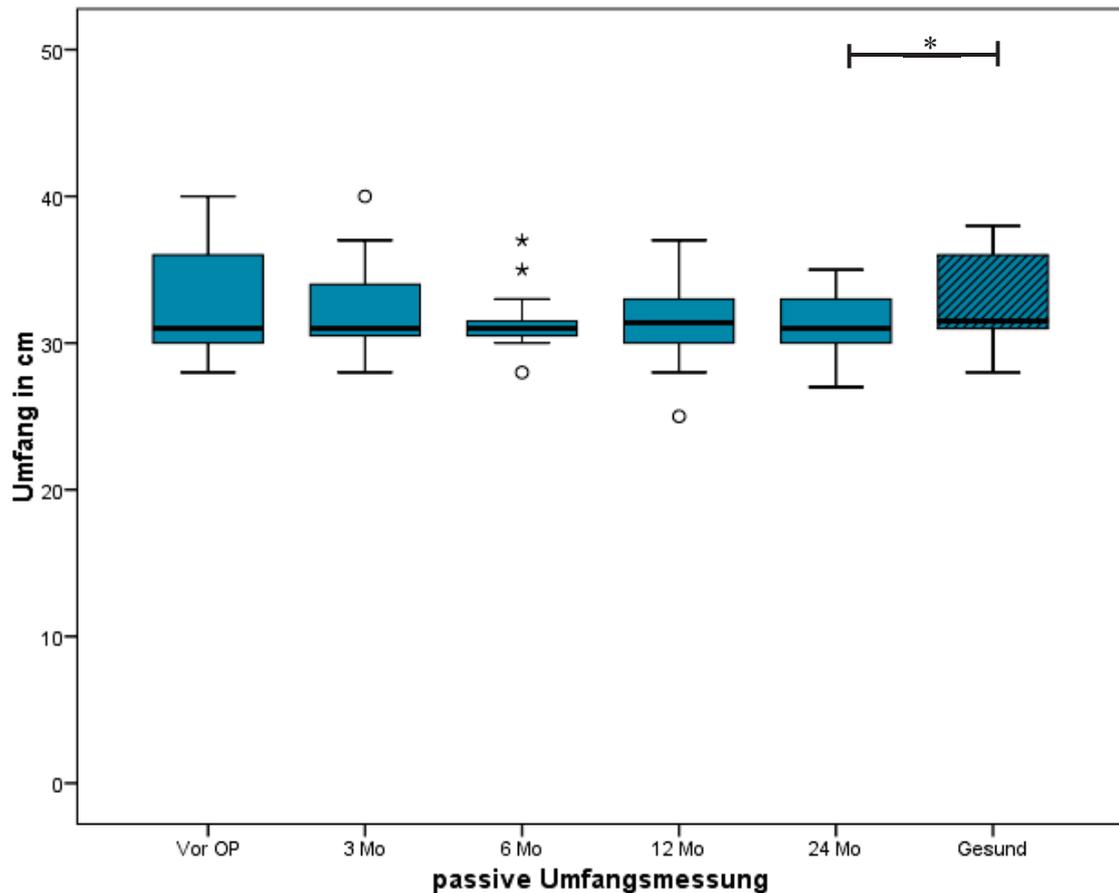


Abb. 25: Graphische Darstellung zur passiven Umfangsmessung im zeitlichen Verlauf. Die nicht-operierte Seite wird zum Vergleich schraffiert dargestellt. Nach 24 Monaten ergab sich zwischen der operierten Seite und der gesunden Seite ein signifikanter Unterschied.

Bei der Messwertwiederholung (ANOVA) ergab sich im zeitlichen Verlauf keine signifikante Erhöhung oder Verringerung des Oberarmumfangs der operierten Seite. Da bei den Stichproben der passiven Umfangsmessung keine Kovarianzhomogenität vorlag, wurde durch die Greenhouse-Geisser Korrektur ein p-Wert von $p = .192$ berechnet. Auch bei der aktiven Messung in maximaler Ellenbogenflexion ergab sich in der ANOVA keine signifikante Entwicklung ($p = .792$).

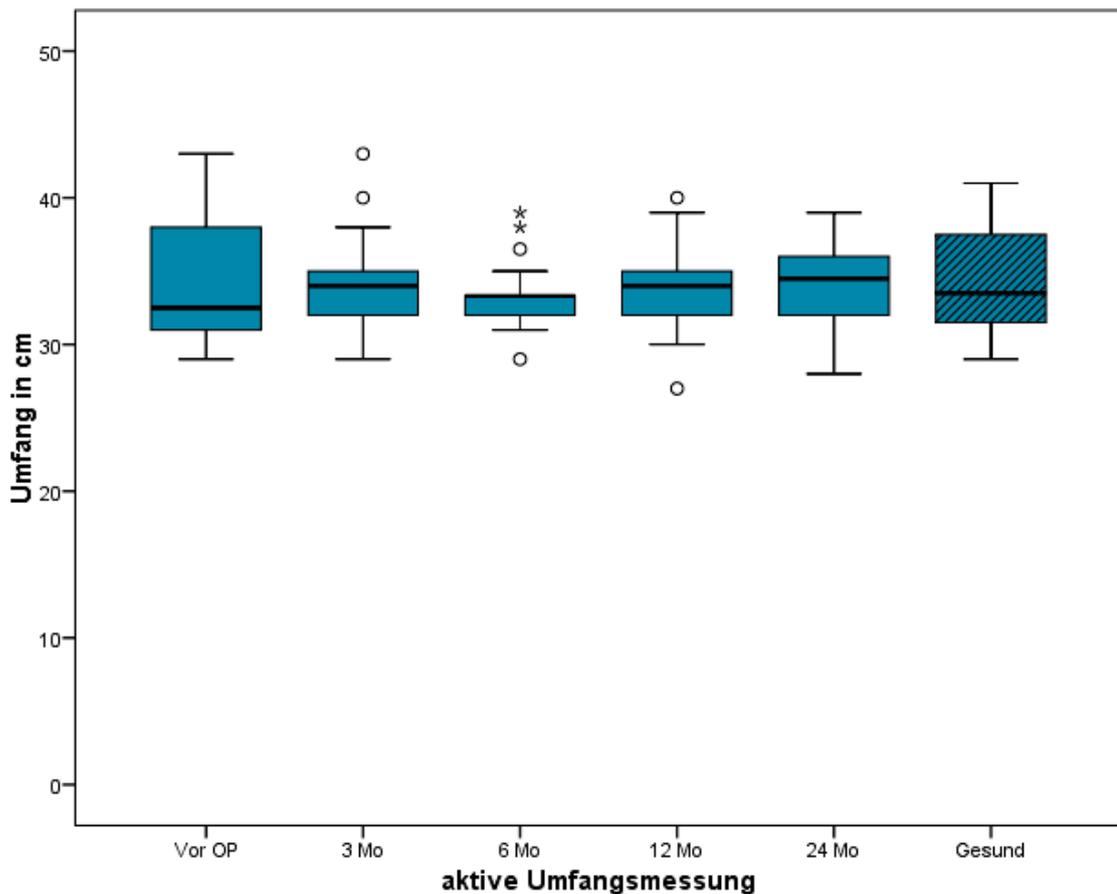


Abb. 26: Graphische Darstellung zur aktiven Umfangsmessung im zeitlichen Verlauf. Die nicht-operierte Seite wird zum Vergleich schraffiert dargestellt.

4.3.2 Distanzmessung

Die Mittelwerte der Distanzmessung zwischen der Stelle des größten Oberarmumfangs und dem Epicondylus humeri lateralis bewegten sich zwischen 12,7 ($\pm 2,7$) cm vor der OP und 11,8 ($\pm 2,0$) cm nach 12 Monaten (s. Tabelle 18, Abb. 27). Ein Vergleich mit der gesunden Seite erfolgte nicht, da lediglich die Veränderungen durch die Behandlung untersucht wurden. Die ANOVA mit Greenhouse-Geisser Korrektur zeigte keine signifikante Veränderung über die 5 Messzeitpunkt ($p = .490$).

	Vor der OP	3 Mo	6 Mo	12 Mo	24 Mo
Distanz	12,7 ($\pm 2,7$)	12,3 ($\pm 2,6$)	12,1 ($\pm 2,1$)	11,8 ($\pm 2,0$)	12,0 ($\pm 1,9$)

Tabelle 18: Distanz zwischen größter Stelle des Oberarms und dem Epicondylus humeri lateralis in cm.

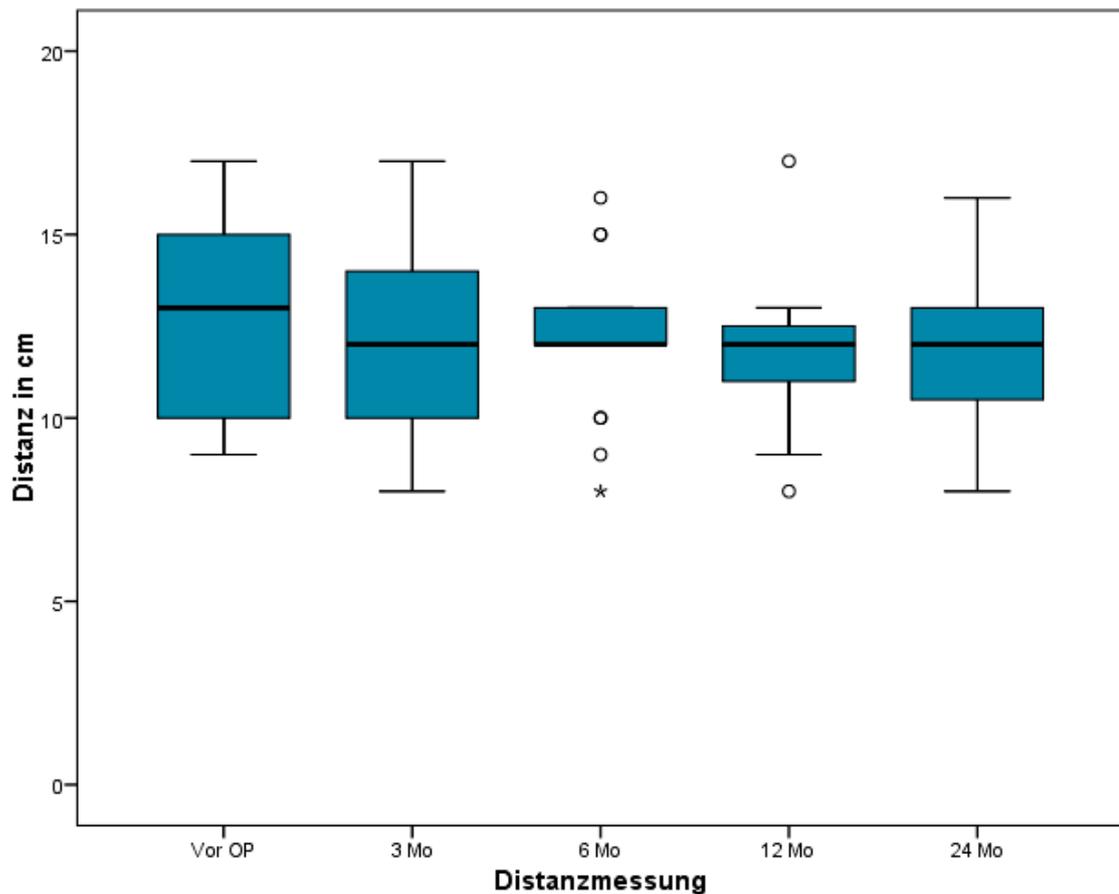


Abb. 27: Graphische Darstellung zur Distanzmessung im zeitlichen Verlauf.

4.3.3 Popeye-Sign-Deformität

Bei $n = 3$ Patienten (17 %) zeigte sich im Verlauf eine Distalierung des Muskelbauches von > 20 %, sodass nach der präoperativ festgelegten Definition eine Popeye-Sign-Deformität vorlag. Bei einem Patienten trat dies unmittelbar postoperativ auf, was auch bei der ersten Verlaufskontrolle nach 3 Monaten nachgewiesen werden konnte. Bei den anderen beiden Patienten trat das *Popeye Sign* erst nach 12 Monaten auf. Der Mittelwert der Distalierung lag bei 2 %. Bei der standardisierten postoperativen sonographischen Kontrolle lag bei allen Patienten eine suffiziente Tenodese vor. Dabei konnte der Austritt der LBS aus dem Knochenkanal im Längsschnitt festgestellt werden. Bei diesen Patienten kam es also trotz einer suffizienten Tenodese zum Auftreten der Popeye-Sign-Deformität.

Im LBS-Score gaben 6 Patienten an, dass der Muskelbauch des Bizeps nach ihrer eigenen Einschätzung nach distal verrutscht sei (vgl. 4.2.4), was allerdings nicht mit der objektiven Messung übereinstimmte. Ein Patient mit einem objektiv gesicherten *Popeye*

Sign gab dies auch im LBS-Score an. Somit empfanden 5 Patienten subjektiv eine Distalierung des Bizeps, die in der Untersuchung nicht bestätigt werden konnte. Dagegen lag bei 2 Patienten, die subjektiv keine Veränderung angegeben hatten, nach der objektiven Messung eine Popeye-Sign-Deformität vor. Im χ^2 -Test lieferte Fisher's exact Test kein signifikantes Ergebnis ($p = 1.000$), weshalb kein statistischer Zusammenhang zwischen der subjektiven Einschätzung der Patienten und dem objektiven Messverfahren vorlag.

Eine Subgruppen-Analyse in der ANOVA hinsichtlich der Kraft mit dem Faktor *Popeye Sign* ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen einer vorliegenden und einer fehlenden Popeye-Sign-Deformität (s. Tabelle 19).

LBS 90° max * Popeye	p = .623
LBS 90° mean * Popeye	p = .690
LBS 10° max * Popeye	p = .904
LBS 10° mean * Popeye	p = .766
O'Brien max * Popeye	p = .483
O'Brien mean * Popeye	p = .402

Tabelle 19: *p*-Werte der ANOVA (Kraft) mit dem Zwischensubjektfaktor *Popeye-Sign-Deformität*

Analog zur Kraft wurde auch für die Scores eine ANOVA mit dem Zwischensubjektfaktor *Popeye Sign* durchgeführt. Für den Constant-Murley-Score, den SST und den ASES konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten mit und ohne Popeye-Sign-Deformität festgestellt werden (s. Tabelle 20).

CMS * Popeye	p = .598
ASES * Popeye	p = .749
SST * Popeye	p = .054

Tabelle 20: *p*-Werte der ANOVA (Scores) mit dem Zwischensubjektfaktor *Popeye-Sign-Deformität*

Mit dem χ^2 -Test für Zusammenhänge nominalskaliertter Daten wurde die Frage geklärt, ob es einen statistischen Zusammenhang zwischen einem positiven Popeye-Befund und der Bohrlochgröße im Humerus gab. Der Fisher's Exact Test lieferte mit $p = .465$ kein signifikantes Ergebnis (s. Tabelle 21 und Tabelle 22). Es gab also keinen systemischen Zusammenhang zwischen der Popeye-Sign-Deformität und der Bohrlochgröße.

Size * FU24_Popeye_rechnerisch Kreuztabelle

		FU24_Popeye_rechnerisch		Gesamt
		nein	ja	
Size	Anzahl	12	2	14
	6,5 mm erwartete Anzahl	11,5	2,5	14,0
	% der Gesamtzahl	70,6 %	11,8 %	82,4 %
	Anzahl	2	1	3
	7,0 mm erwartete Anzahl	2,5	,5	3,0
	% der Gesamtzahl	11,8 %	5,9 %	17,6 %
Gesamt	Anzahl	14	3	17
	Erwartete Anzahl	14,0	3,0	17,0
	% der Gesamtzahl	82,4 %	17,6 %	100,0 %

Tabelle 21: Auszug aus SPSS: Kreuztabelle hinsichtlich der Merkmale Popeye Sign und Bohrlochgröße. Die erwartete Anzahl entspricht nahezu der beobachteten Anzahl.

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,617 ^a	1	,432	,465
Kontinuitätskorrektur ^b	,000	1	1,000	
Likelihood-Quotient	,542	1	,462	
Exakter Test nach Fisher				
Zusammenhang linear-mit-linear	,580	1	,446	
Anzahl der gültigen Fälle	17			

Tabelle 22: Auszug aus SPSS, Ergebnis des χ^2 -Tests. Wegen der kleinen Stichprobe wurde Fisher's Exact Test angewendet, der kein signifikantes Ergebnis lieferte. Dadurch liegt kein Zusammenhang zwischen Bohrlochgröße und dem Auftreten der Popeye-Sign-Deformität vor.

5 Diskussion

5.1 Kritische Evaluierung der Ergebnisse

5.1.1 Kraftmessung

Für die Messung der maximalen und durchschnittlichen Kraft bei 90° Ellenbogenflexion ergaben sich nach 3 bzw. 6 Monaten postoperativ keine signifikanten Unterschiede mehr zur gesunden Gegenseite. Die ANOVA zeigte eine signifikante Verbesserung der Kraft im zeitlichen Verlauf ($p = .000$). Im Post-Hoc-Vergleich ergab sich 12 Monate nach der Tenodesese ein signifikant besseres Ergebnis im Vergleich mit der präoperativen Messung ($p = .005$ bzw. $p = .002$).

Die Auswertung der Kraft bei 10° Ellenbogenflexion führte zum Ergebnis, dass sich die Messungen bei der operierten Schulter nach 3 Monaten mit $p = .555$ für die maximale Kraft und $p = .504$ für die durchschnittliche Kraft nicht mehr signifikant von den Messungen bei der nicht-operierten Seite unterschieden. Allerdings lieferte die ANOVA knapp ein nicht-signifikantes Ergebnis ($p = .066$ bzw. $p = .063$). In einer vorab veröffentlichten Analyse der mittelfristigen Daten der vorliegenden Studie konnte nach 12 Monaten eine signifikante Verbesserung der Kraft bei der 10° Ellenbogenbeugung ermittelt werden (129). Nach 24 Monaten zeigte sich dagegen ein Trend nach unten. Dabei lag die durchschnittliche Kraft über 5 Sekunden nach 12 Monaten mit $198,7 (\pm 63,4)$ N noch über dem Niveau der nicht-operierten Schulter mit $182,5 (\pm 72,8)$ N. Ein Jahr später zeigte sich ein Abfall um durchschnittlich ca. 27 N auf $171,5 (\pm 58,4)$ N.

Ein ähnlicher Verlauf zeigte sich auch bei der Kraft in O'Brien-Position. 12 Monate nach der Operation ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen gesunder und erkrankter Schulter. Nach 24 Monaten schnitt die operierte Schulter mit $p = .027$ für die maximale und $p = .012$ für die durchschnittlicher Kraft signifikant schlechter ab als die nicht-operierte Gegenseite. Nach 12 Monaten konnte dagegen kein Unterschied mehr festgestellt werden.

Anhand der gewonnenen Daten lässt sich letztlich nicht klären, warum nur die Kraft bei der 90° Ellenbogenflexion einen positiven Trend über alle Messzeitpunkte aufweist.

Der Einfluss der LBS auf die Kraftausübung im Glenohumeralgelenk konnte bisher nicht ausreichend geklärt werden (vgl. Kap. 1.1.3). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie

unterstützen die Annahme, dass die LBS eine eher untergeordnete Rolle bei der Kinematik des Schultergelenks spielt, da die Ergebnisse vor allem Verbesserungen bei der Ellenbogenflexion zeigen. Der O'Brien-Test ist allerdings ein diagnostisch wertvolles Mittel zu Detektion von Läsionen der LBS (130). Bei der Kraftmessung analog zu diesem Test ergab sich aber im zeitlichen Verlauf keine signifikante Verbesserung, die durch die Tenodese zu erwarten war.

Bemerkenswert ist es darüber hinaus, dass die objektiv gemessene und unzureichende Kraftwiedererlangung subjektiv von den Patienten nicht als solche wahrgenommen wurde (vgl. Kap. 5.1.2).

5.1.2 Klinische Scores

Alle im Rahmen der Studie erhobenen patientenbasierten Scores sprechen für eine hohe subjektive Patientenzufriedenheit nach der operativen Therapie. Im ASES, CS und SST zeigten sich signifikante Verbesserungen bereits 3 Monate nach der Operation. Die genannten etablierten Scores stützen die Annahme, dass die arthroskopische Tenodese zu einem Rückgang der Schmerzen, einer Verbesserung der Funktion und einer Reduktion der Einschränkungen im alltäglichen Leben geführt hat.

Wegen seines Designs war beim LBS-Score keine statistische Auswertung möglich. Dennoch konnten auch daraus wichtige Informationen abgeleitet werden. Durch die LBS-Tenodese konnten Krämpfe nicht verhindert werden. Die berichteten Krämpfe sistierten jedoch nach Tagen bzw. Wochen. Langfristig gab kein Patient entsprechende Beschwerden an. Zwei Aspekte sollten allerdings beachtet werden:

Die objektiv gemessene unvollständige Wiedererlangung der Kraft wurde von den Patienten nicht als solche wahrgenommen. Subjektiv empfanden die Patienten die Kraft als nicht eingeschränkt.

Außerdem ergab sich eine Diskrepanz bezüglich des kosmetischen Ergebnisses. Die in der vorliegenden Studie verwendete Definition des *Popeye Signs* als Distalierung der stärksten Stelle des Oberarms um mehr als 20 % stimmte nicht mit der subjektiven Einschätzung der Patienten überein.

5.1.3 Popeye-Sign

Bei insgesamt $n = 3$ Patienten trat postoperativ eine Popeye-Sign-Deformität auf, was nicht bei allen Patienten bei der ersten postoperativen Untersuchung gemessen werden konnte. Deshalb sollte das Auftreten eines *Popeye Signs* auch zu einem späteren Zeitpunkt in Erwägung gezogen und auch bei mittel- und langfristigen Nachuntersuchungen erhoben werden.

Die in der vorliegenden Arbeit verwendete Definition sollte in weiteren Studien überprüft und an größeren Fallzahlen validiert werden. Da 2 Patienten mit einem objektiv gemessenen *Popeye Sign* subjektiv keine Veränderung feststellten, kann angenommen werden, dass das Ergebnis für die Patienten kosmetisch akzeptabel war. Da 5 Patienten subjektiv ein *Popeye Sign* angaben, das definitionsgemäß nicht vorlag, sollten die Kriterien überprüft werden.

Ein Zusammenhang zwischen dem Vorliegen eines *Popeye Signs* und der Kraftmessung bzw. den Ergebnissen der klinischen Scores konnte nicht nachgewiesen werden. Weder für die Kraft noch für die Scores ergab sich ein signifikantes Ergebnis. Daraus lässt sich trotz der geringen Patientenzahl die Schlussfolgerung ableiten, dass die Popeye-Sign-Deformität in diesem Kollektiv nur als eine kosmetische Einschränkung bewertet wurde.

Bei allen Patienten der vorliegenden Studie mit einem positiven *Popeye Sign* konnte sonographisch eine suffiziente Tenodese nachgewiesen werden. Wie kann es dann dennoch zu einer Popeye-Deformität kommen? Ein Erklärungsansatz könnte sich durch die Bohrlochgröße und den Schraubendurchmesser ergeben. Möglicherweise kann es bei suboptimalem Verhältnis von Bohrlochgröße, Sehnendicke und Schraubendurchmesser teilweise zu einem Herausrutschen der LBS kommen (129). In der Analyse ergab sich allerdings kein statistisch signifikanter Hinweis auf eine Korrelation zwischen dem Auftreten des *Popeye Signs* und der verwendeten Bohrlochgröße. Dennoch sollte an dieser Stelle auf die geringe Anzahl der Patienten als möglichem limitierenden Faktor verwiesen werden. Bei einer Analyse größerer Patientenkollektive könnte evtl. ein Zusammenhang nachgewiesen werden. Ein weiterer Erklärungsansatz ergibt sich durch histologische Untersuchungen, bei denen festgestellt wurde, dass lange Bizepssehnen bei Läsionen möglicherweise aufgrund einer makroskopisch nicht sichtbaren degenerativen Veränderung eine nicht ausreichende strukturelle Qualität aufweisen können (49,131). Langfristig sollte auch die Möglichkeit einer Osteolyse im Bereich um die

Interferenzschraube in Betracht gezogen werden (132). In jedem Fall ergibt sich durch die Frage nach der Erklärung eines positiven *Popeye Signs* bei einer suffizienten Tenodese Material für weiterführende Untersuchungen.

5.2 LBS-Tenodese: Die Therapie der Wahl?

Welche Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Therapieempfehlung lassen sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie ableiten? Dabei gibt es einen großen wissenschaftlichen Dissens zur Therapie der Wahl bei SLAP- und Pulley Läsionen. In diesem Kapitel wird ein Überblick zur wissenschaftlichen Literatur gegeben.

5.2.1 Tenotomie vs. Tenodese

Zahlreiche klinische Studien haben sich mit dem klinischen Outcome nach einer LBS-Tenodese gegenüber einer Tenotomie beschäftigt. Eine große Metaanalyse aus dem Jahr 2015 führte zum Ergebnis, dass es keine wesentlichen Unterschiede bei der subjektiven Patientenzufriedenheit gab (117). In diese Studien wurden allerdings nur 27,1 % der Patienten mit isolierten LBS-Läsionen eingeschlossen, ein Großteil der Patienten litt zusätzlich an einer Rotatorenmanschettenruptur. Die Reviews von Hsu et al. und Lenker et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen, die Autoren wiesen aber darauf hin, dass zu dieser Fragestellung qualitativ hochwertige Studien fehlen würden (115,133). Nach einer Studie von Shank et al. zeigte sich kein Unterschied bei der Kraftmessung in Supination und Flexion (134). Eine Untersuchung von Wittstein et al. ergab jedoch, dass die Supinationskraft nach einer Tenotomie reduziert ist (116).

Wichtige Vorteile der Tenotomie sind die leichte Durchführbarkeit, die kurze Operationsdauer, die fehlende Notwendigkeit, Fremdmaterial einzuführen, und eine kurze postoperative Rehabilitationsphase, die in der Regel ohne Immobilisierung durchgeführt werden kann (94,135). Für Patienten, die keine schweren Arbeiten durchführen oder anspruchsvolle Sportarten betreiben und auch keine hohen kosmetischen Ansprüche an die Bizepskontur haben, kann die Tenotomie zufriedenstellende Ergebnisse ermöglichen (135,136).

Ein Konsens besteht darüber, dass es nach einer Tenotomie verstärkt zu einer Popeye-Deformität und Krämpfen kommen kann (117,133,137,138). Eine Untersuchung von Lim

et al. ergab für das Auftreten der Popeye-Deformität bei den untersuchten Patienten 45 % und für das Auftreten von Krämpfen 8 % (139).

Um dies zu vermeiden, hat sich die Tenodese als Mittel der Wahl insbesondere bei jüngeren, sportlich aktiven und schlanken Patienten etabliert (113,140). Dabei zeigt sich auch in der zeitlichen Entwicklung, dass die Inzidenz der Tenodese ansteigt (141). Allerdings sollte an dieser Stelle betont werden, dass große und prospektive, randomisierte Studien und zwar insbesondere bei isolierten LBS-Läsionen zu beiden Therapieoptionen noch nicht durchgeführt wurden.

5.2.2 SLAP-Repair vs. Tenodese

Unklarheit besteht darüber, ob und wann eine Indikation für ein SLAP-Repair anstelle einer Tenodese gestellt werden sollte. Ein wichtiger Nachteil des SLAP-Repairs ist eine vergleichsweise hohe Revisionsrate, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass das vorhandene Gewebe keine ausreichende strukturelle Qualität aufweist. Nach Vogel et al. wird die Indikation für diese Operation generell zu häufig gestellt (142), was von Denard et al. vor allem bei mittleren bis älteren Patienten bestätigt wurde (143). Das klinische Outcome ist nach Weber et al. allerdings altersabhängig (144). Auch Ek et al., deren klinische Studie altersunabhängig ein zufriedenstellendes Outcome von SLAP-Repair erzielte, empfehlen diesen Eingriff aber eher für jüngere Patienten (145). Nach Provencher et al. sollte ein SLAP-Repair nur bei Patienten bis 36 Jahre durchgeführt werden (146). Nach Boileau et al. überzeugt das klinische Ergebnis der Tenodese, sodass sie generell gegenüber dem SLAP-Repair empfohlen wird (147). Die Tenodese ist auch eine Therapieoption nach einem gescheitertem SLAP-Repair (148). Dadurch lässt sich auch erklären, warum die Inzidenz der Tenodese ansteigt, während SLAP-Repairs zunehmend seltener durchgeführt werden (149).

5.2.3 Tenodese

Für den operativen Zugang bei der LBS-Tenodese stehen im Wesentlichen drei Verfahren zur Verfügung, nämlich offen, arthroskopisch oder mini-open. Kadaverstudien ergaben, dass bei einem offenen Zugang eine subpektorale Platzierung gewählt werden sollte, um neurovaskuläre Schäden zu vermeiden (150). Deshalb können der Zugang und die Position der Refixation nicht vollständig getrennt voneinander analysiert werden. Die in der vorliegenden Arbeit eingesetzte Operationsmethode über einen vollständig arthroskopischen Zugang und eine suprapektorale Refixation der Sehne ist mit geringen

Komplikationsraten verbunden (151). Der offene Operationsweg führt trotz seiner höheren Invasivität nicht zu einem statistisch signifikant höheren Risiko für Komplikationen, die nach einer Studie von Gombera et al. meistens nur vorübergehend sind (152). Nho et al. berichten für den offenen Zugang bei einer subpectoralen Platzierung der LBS über Komplikationsraten mit einer Inzidenz von 2 % innerhalb von 3 Jahren postoperativ (153). Beim klinischen Outcome gibt es nach den Studien von Gombera et al. und Werner et al. keine signifikanten Unterschiede zwischen der arthroskopisch suprapektoralen und der offen subpektoralen Tenodese (97,152). Sehr gute klinische Ergebnisse wurden zur mini-open Technik berichtet (154,155). Der vollständig arthroskopische Zugang der in der vorliegenden Studie eingesetzten Operationstechnik ist also eine sichere und komplikationsarme Option, wobei auch die mini-open Technik gute Ergebnisse liefert, die dem offenen Zugang gegenüber überlegen sein soll.

Unterschiedliche biomechanische Studien haben sich mit verschiedenen Fixationsmechanismen an beiden o. g. Reinsertionsstellen für die LBS beschäftigt (98,109,110,156–158). Patzer et al. untersuchten vier verschiedene Fixationstechniken sowohl an der supra- als auch an der subpektoralen Position. Dabei ergaben sich hinsichtlich der anatomischen Position keine signifikanten Unterschiede für die jeweiligen Fixationsmechanismen (109). Im axialen load-to-failure-Test erreichte die suprapektorale Tenodese mit der Bio-Interferenzschraube die höchste Primärstabilität. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde die in der vorliegenden Arbeit verwendete Operationsmethode entwickelt. Ein Vorteil des arthroskopischen Zugangs von glenohumeral besteht u. a. darin, dass er bei einer Pulley-Läsion eine gleichzeitige Refixation der Sehne des M. subscapularis ermöglicht. Außerdem wird gegenüber dem Zugang von subacromial das Gewebe im Sulcus bicipitalis geschont, wodurch das Risiko für Nerven- und Gefäßschäden reduziert werden kann (111,129).

Es gibt unterschiedliche Tenodesetechniken für die Refixierung der LBS (21,99–101,104–110,136,154,158–161). Auch wenn einzelne Studien z. T. scheinbar widersprüchliche Ergebnisse lieferten, kann aus der Gesamtheit der Studienlage abgeleitet werden, dass mit der Bio-Interferenzschraube die höchste Stabilität erzielt werden konnte, weshalb sie sich mittlerweile zum Goldstandard etabliert hat. Außerdem wurde bereits klinisch untersucht, ob die Schraube vollständig oder teilweise im Knochen

versenkt werden sollte (163). Das vollständige Eindrehen der Schraube wurde auch bei der in der vorliegenden Studie verwendeten Operationsmethode eingesetzt.

Mazzoca et al., Kahlenberg et al., Boileau et al. und Brady et al. berichten übereinstimmend von guten bis sehr guten klinischen Ergebnissen nach einer sub- oder suprapektoraler Tenodese mit der Interferenzschraube (102,103,137,151). In diese Liste reiht sich auch die vorliegende Studie ein. Zusammenfassend lieferten Kraftmessung und patientenbasierte klinische Fragebögen Verbesserungen, wobei vor allem die Ziele einer Verbesserung der Funktion und einer Reduktion der Schmerzen umgesetzt werden konnten (96,112).

5.3 Stärken und Schwächen der Studie

In diesem Kapitel werden die Stärken und die Limitierungen der vorliegenden Studie diskutiert.

In der vorliegenden Studie wurde ein prospektives Design verwendet. Dabei wurden konsekutiv alle Patienten, die in der Orthopädischen Klinik der Universitätsklinik Düsseldorf durch eine suprapektorale LBS-Tenodese versorgt wurden, in die Studie einbezogen. Patienten beider Geschlechter im Alter von 22 bis 69 Jahren in einem stark variierenden Trainingszustand wurden in die Studie eingeschlossen. Dies war allerdings mit dem Nachteil verbunden, dass insbesondere bei der Kraftmessung wegen der hohen Streuung der Daten signifikante Ergebnisse nur schwer erreicht werden konnten.

Die Ausschlusskriterien wurden vor dem Studienbeginn festgelegt. Da dabei schwerwiegende Begleitpathologien, wie vollständige Rotatorenmanschettenrupturen und höhergradige Arthrose, ausgeschlossen wurden, wurden im Patientenkollektiv nur isolierte LBS-Läsionen behandelt. Dadurch kann bei den Ergebnissen von echten Effekten durch die Tenodese ausgegangen werden, weil es nicht zu einer Überlagerung von zeitgleich therapierten Begleitpathologien kommen konnte.

Eine weitere Stärke der Studie bezieht sich auf die Auswahl der Messparameter. Denn neben subjektiven Scores wurden auch objektive Testverfahren angewendet. Die objektive Kraftmessung in der standardisierten Form ist unabhängig vom Untersucher und ermöglicht daher Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit. Die gewählten patientenorientierten Scores sind validiert und können deshalb für einen internationalen Vergleich herangezogen werden. Das Vorliegen der Popeye-Sign-Deformität wurde als

Distalierung der stärksten Stelle des Bizeps um über 20 % definiert und nicht nur durch eine Blickdiagnose des Untersuchers bestimmt.

Für die statistische Auswertung der beschriebenen Studie wurden durchgängig konservative Testverfahren gewählt. Dabei wurde bspw. bei fehlender Kovarianzhomogenität in der ANOVA stets die Korrektur nach Greenhouse-Geisser eingesetzt. Für die Signifikanzbestimmung wurde das wissenschaftlich übliche Signifikanzniveau von $p = 0,05$ verwendet.

Schwächen im Studiendesign sind zunächst darauf zurückzuführen, dass es in der vorliegenden Studie keine Kontrollgruppe gab. Dadurch ist nur ein Vergleich zwischen den Messzeitpunkten innerhalb des Patientenkollektivs möglich, aber nicht mit einer Gruppe, die eine andere oder keine Therapieform erhalten hat. Durch die fehlende Kontrollgruppe war auch keine Randomisierung möglich.

Eine Testung der Supinationskraft im Unterarm, an der auch der M. biceps brachii einen relevanten Anteil hat, wurde in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt.

Durch die strikt gewählten Einschlusskriterien ergab sich ein vergleichsweise kleines Patientenkollektiv ($n = 17$).

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Inwiefern eignet sich die supraepitorale LBS-Tenodese mit einschlenkliger intraossärer Sehnenrefixation mit der Swive-Lock-Schraube für eine Therapie bei Läsionen der LBS?

Aus den Ergebnissen der Kraftmessung lässt sich keine konkrete Aussage ableiten. Es zeigte sich zwar bei der Ellenbogenflexionskraft nach 24 Monaten kein signifikanter Unterschied zur gesunden Gegenseite, aber eine signifikante Verbesserung im Vergleich mit dem präoperativen Befund konnte nur für die Kraft bei 90° Ellenbogenflexion nachgewiesen werden. Bei der Kraftmessung analog zum O'Brien-Test schnitt die operierte Schulter dagegen signifikant schlechter ab als die gesunde Seite.

Bei 17 % der Patienten zeigte sich ein positiver Befund hinsichtlich des *Popeye Signs*. Dieser Wert sollte allerdings kritisch betrachtet werden, da eine strikte Definition für die Popeye-Sign-Deformität verwendet wurde. In anderen Studien wurde das *Popeye Sign* nur als Blickdiagnose aufgenommen.

Die subjektive Einschätzung der Patienten spricht für eine hohe Patientenzufriedenheit. Die Patienten berichteten nur sehr geringe Einschränkungen im Alltag durch Schmerzen, Krämpfe oder eine Begrenzung des Bewegungsumfangs. Über 90 % der Patienten würden diese Therapie weiterempfehlen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die in der vorliegenden Studie beschriebene Operationstechnik dafür eignet, um Patienten von ihren Schmerzen zu befreien und nahezu eine volle Bewegungsfreiheit wiederherzustellen. Im Alltag erlebten die Patienten so gut wie keine Einschränkungen mehr durch Schulterbeschwerden. Behandlungsbedürftige Komplikationen traten bei keinem Patienten auf. Man sollte die Patienten aber dahingehend aufklären, dass es trotz suffizienter Tenodese zu einem *Popeye Sign* kommen kann, was allerdings nur ein kosmetisches und kein funktionelles Problem darstellt. Außerdem sollten die Patienten darüber informiert werden, dass die Wiedererlangung der Kraft des Bizeps begrenzt sein kann.

Es konnte nicht abschließend geklärt werden, warum es trotz suffizienter Tenodese zu einem *Popeye Sign* kommen kann. Die Fa. Arthrex hat zwischenzeitlich eine neue Interferenzschraube mit einem Durchmesser von 7 mm und 8 mm entwickelt. Die Ergebnisse des klinischen Outcomes mit dieser neuen Schraube sind abzuwarten. Auch

eine neu entwickelte Methode, bei der die LBS nicht unter Spannung fixiert wird, könnte möglicherweise neue Erkenntnisse liefern (164).

Bei der Kraftmessung ergab sich bei den Patienten eine kontinuierliche Verbesserung. Im Zeitraum zwischen 12 und 24 Monaten postoperativ kam es zu einer Verschlechterung und bei der Kraft in der O'Brien-Position schnitt die operierte Schulter wieder signifikant schlechter ab als die gesunde Schulter, was im Rahmen der vorliegenden Studie nicht weiter geklärt werden konnte. Dabei können Multi-Center-Studien und größere Patientenkollektive sicherlich hilfreich sein.

In Reviews und Metaanalysen zu Läsionen der LBS wird häufig das Fehlen von Studien mit einem hohen Evidenzlevel beklagt (115,133). Diese Forderung wird von der vorliegenden Studie erfüllt, weil dabei das klinische Outcome objektiv und subjektiv untersucht wurde. Künftige Studien sollten keine Patienten mit Komorbiditäten wie Rotatorenmanschettenrupturen aufnehmen oder im Verlauf eine Subgruppenanalyse durchführen, um den isolierten Effekt der LBS-Tenodese ermitteln zu können. Darüber hinaus sollte die Kraftmessung nicht nur im Vergleich mit der Gegenseite, sondern auch im zeitlichen Verlauf hinsichtlich eines präoperativen Messzeitpunktes durchgeführt werden. Zusätzlich zu den Parametern in der vorliegenden Studie sollte auch die Supinationskraft analysiert werden. Für eine Beurteilung der Popeye-Deformität sollte eine vorher festgelegte Definition verwendet werden anstelle einer reinen Blickdiagnostik. Um eine Übertragbarkeit zu gewährleisten, sollten künftige Studien multizentrisch angelegt werden. Wenn der Effekt der LBS-Tenodese hinsichtlich der Kraft, der klinischen Scores und der Popeye-Sign-Deformität im Vergleich mit anderen Therapieoptionen untersucht werden soll, dann sollten künftige Studiendesigns eine Randomisierung ermöglichen.

Ob im Verlauf ein allgemeiner Konsens zur Therapie von Läsionen der LBS gefunden werden kann, ist offen. Letztendlich sollte stets der individuelle Patient im Mittelpunkt stehen.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Paulsen F, Waschke J, Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen Band 1: Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat - mit Zugang zum Elsevier-Portal. 23. Aufl. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2010. 416 S.
2. Gray H. Anatomy of the human body. 30th American ed. Clemente CD, Herausgeber. Philadelphia: Lea & Febiger; 1985. 1676 S.
3. Giacomo GD, Pouliart N, Costantini A, Vita A de. Atlas of Functional Shoulder Anatomy. 2008. Aufl. New York: Springer; 2007. 231 S.
4. Ahrens PM, Boileau P. The long head of biceps and associated tendinopathy. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(8):1001–9.
5. Elser F, Braun S, Dewing CB, Giphart JE, Millett PJ. Anatomy, Function, Injuries, and Treatment of the Long Head of the Biceps Brachii Tendon. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* April 2011;27(4):581–92.
6. Cooper DE, Arnoczky SP, O'Brien SJ, Warren RF, DiCarlo E, Allen AA. Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum. An anatomical study. *J Bone Joint Surg Am.* Januar 1992;74(1):46–52.
7. Alpantaki K, McLaughlin D, Karagogeos D, Hadjipavlou A, Kontakis G. Sympathetic and sensory neural elements in the tendon of the long head of the biceps. *J Bone Joint Surg Am.* Juli 2005;87(7):1580–3.
8. Krupp RJ, Kevern MA, Gaines MD, Kotara S, Singleton SB. Long head of the biceps tendon pain: differential diagnosis and treatment. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(2):55–70.
9. Tosounidis T, Hadjileontis C, Triantafyllou C, Sidiropoulou V, Kafanas A, Kontakis G. Evidence of sympathetic innervation and $\alpha 1$ -adrenergic receptors of the long head of the biceps brachii tendon. *J Orthop Sci.* März 2013;18(2):238–44.
10. Szabó I, Boileau P, Walch G. The proximal biceps as a pain generator and results of tenotomy. *Sports Med Arthrosc Rev.* September 2008;16(3):180–6.
11. Braun PD med S, Feucht MJ, Imhoff UPD med AB. Anatomie und Ätiologie von SLAP- und Bizeps-Pulley-Läsionen. *Obere Extrem.* 24. Januar 2014;9(1):2–8.
12. Vangsness CT, Jorgenson SS, Watson T, Johnson DL. 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.* November 1994;76(6):951–4.
13. Tuoheti Y, Itoi E, Minagawa H, Yamamoto N, Saito H, Seki N, u. a. Attachment types of the long head of the biceps tendon to the glenoid labrum and their relationships with the glenohumeral ligaments. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Oktober 2005;21(10):1242–9.

14. Kanatli U, Ozturk BY, Bolukbasi S. Anatomical variations of the anterosuperior labrum: prevalence and association with type II superior labrum anterior-posterior (SLAP) lesions. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Dezember 2010;19(8):1199–203.
15. Williams MM, Snyder SJ, Buford D. The Buford complex--the „cord-like“ middle glenohumeral ligament and absent anterosuperior labrum complex: a normal anatomic capsulolabral variant. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Juni 1994;10(3):241–7.
16. Kwak SM, Brown RR, Resnick D, Trudell D, Applegate GR, Haghighi P. Anatomy, anatomic variations, and pathology of the 11- to 3-o'clock position of the glenoid labrum: findings on MR arthrography and anatomic sections. *Am J Roentgenol.* 1. Juli 1998;171(1):235–8.
17. Schulz CU, Anetzberger H, Pfahler M, Refior HJ, Mueller-Gerbl M. The sublbral foramen: does it affect stress distribution on the anterior glenoid? *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2004;13(1):35–8.
18. Smith DK, Chopp TM, Aufdemorte TB, Witkowski EG, Jones RC. Sublabral recess of the superior glenoid labrum: study of cadavers with conventional nonenhanced MR imaging, MR arthrography, anatomic dissection, and limited histologic examination. *Radiology.* Oktober 1996;201(1):251–6.
19. Mihata T, McGarry MH, Tibone JE, Abe M, Lee TQ. Type II SLAP lesions: A new scoring system— the sulcus score. *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2005;14(1, Supplement):S19–23.
20. Ide J, Maeda S, Takagi K. Normal variations of the glenohumeral ligament complex: an anatomic study for arthroscopic bankart repair. *Arthroscopy.* 1. Februar 2004;20(2):164–8.
21. Waldherr P, Snyder SJ. SLAP-Läsion der Schulter. *Orthop.* 1. Juli 2003;32(7):632–6.
22. Lichtenberg S, Magosch P, Habermeyer P. Oberer Labrum-Bizepsanker-Komplex. *Orthopäde.* 1. Juli 2003;32(7):616–26.
23. Pfahler M, Haraida S, Schulz C, Anetzberger H, Refior HJ, Bauer GS, u. a. Age-related changes of the glenoid labrum in normal shoulders. *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2003;12(1):40–52.
24. Jost B, Koch PP, Gerber C. Anatomy and functional aspects of the rotator interval. *J Shoulder Elbow Surg.* Juli 2000;9(4):336–41.
25. Werner A, Mueller T, Boehm D, Gohlke F. The stabilizing sling for the long head of the biceps tendon in the rotator cuff interval. A histoanatomic study. *Am J Sports Med.* Februar 2000;28(1):28–31.
26. Gaskill TR, Braun S, Millett PJ. The Rotator Interval: Pathology and Management. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* April 2011;27(4):556–67.

27. Habermeyer P, Magosch P, Pritsch M, Scheibel MT, Lichtenberg S. Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2004;13(1):5–12.
28. Gleason PD, Beall DP, Sanders TG, Bond JL, Ly JQ, Holland LL, u. a. The Transverse Humeral Ligament A Separate Anatomical Structure or a Continuation of the Osseous Attachment of the Rotator Cuff? *Am J Sports Med.* 1. Januar 2006;34(1):72–7.
29. Pfahler M, Branner S, Refior HJ. The role of the bicipital groove in tendopathy of the long biceps tendon. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Oktober 1999;8(5):419–24.
30. Kleiber T, Kunz L, Disselhorst-Klug C. Muscular coordination of biceps brachii and brachioradialis in elbow flexion with respect to hand position. *Front Physiol.* 2015;6:215.
31. Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Nishimoto K, Tamai S. Electromyographic analysis of shoulder joint function of the biceps brachii muscle during isometric contraction. *Clin Orthop.* September 1998;(354):123–31.
32. Andrews JR, Carson WG, Mcleod WD. Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *Am J Sports Med.* 1985;13(5):337–41.
33. Levy AS, Kelly BT, Lintner SA, Osbahr DC, Speer KP. Function of the long head of the biceps at the shoulder: electromyographic analysis. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juni 2001;10(3):250–5.
34. Yamaguchi K, Riew KD, Galatz LM, Syme JA, Neviaser RJ. Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. *Clin Orthop.* März 1997;(336):122–9.
35. Giphart JE, Elser F, Dewing CB, Torry MR, Millett PJ. The long head of the biceps tendon has minimal effect on in vivo glenohumeral kinematics: a biplane fluoroscopy study. *Am J Sports Med.* Januar 2012;40(1):202–12.
36. Warner JJ, McMahon PJ. The role of the long head of the biceps brachii in superior stability of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am.* März 1995;77(3):366–72.
37. Rodosky MW, Harner CD, Fu FH. The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med.* Februar 1994;22(1):121–30.
38. Pagnani MJ, Deng XH, Warren RF, Torzilli PA, O'Brien SJ. Role of the long head of the biceps brachii in glenohumeral stability: A biomechanical study in cadavera. *J Shoulder Elbow Surg.* Juli 1996;5(4):255–62.
39. Kumar VP, Satku K, Balasubramaniam P. The role of the long head of biceps brachii in the stabilization of the head of the humerus. *Clin Orthop.* Juli 1989;(244):172–5.

40. Itoi E, Kuechle DK, Newman SR, Morrey BF, An KN. Stabilising function of the biceps in stable and unstable shoulders. *J Bone Joint Surg Br.* Juli 1993;75(4):546–50.
41. Pagnani MJ, Deng XH, Warren RF, Torzilli PA, Altchek DW. Effect of lesions of the superior portion of the glenoid labrum on glenohumeral translation. *J Bone Joint Surg Am.* Juli 1995;77(7):1003–10.
42. McMahon PJ, Burkart A, Musahl V, Debski RE. Glenohumeral translations are increased after a type II superior labrum anterior-posterior lesion: a cadaveric study of severity of passive stabilizer injury. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Februar 2004;13(1):39–44.
43. Patzer T, Habermeyer 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.
44. Werner A, Ilg A, Schmitz H, Gohlke F. Die Tendinitis der langen Bizepssehne bei Läsion des „Biceps reflection pulley“. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Für Orthop-Traumatol Sportmed.* Juni 2003;17(2):75–9.
45. Sethi N, Wright R, Yamaguchi K. Disorders of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Dezember 1999;8(6):644–54.
46. Braun S, Millett PJ, Yongpravat C, Pault JD, Anstett T, Torry MR, u. a. Biomechanical evaluation of shear force vectors leading to injury of the biceps reflection pulley: a biplane fluoroscopy study on cadaveric shoulders. *Am J Sports Med.* Mai 2010;38(5):1015–24.
47. Thomas M, Busse MW. SLAP-Läsion der Schulter: Ätiologie, Klassifikation, Diagnostik und Therapie. *Clin Sports Med.* 2005;6(1):9–18.
48. Khazzam M, George MS, Churchill RS, Kuhn JE. Disorders of the long head of biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2012;21(1):136–45.
49. Murthi AM, Vosburgh CL, Neviasser TJ. The incidence of pathologic changes of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* September 2000;9(5):382–5.
50. Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, Ferkel RD, Friedman MJ. SLAP lesions of the shoulder. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 1990;6(4):274–9.
51. Kim TK, Queale WS, Cosgarea AJ, McFarland EG. Clinical features of the different types of SLAP lesions: an analysis of one hundred and thirty-nine cases. *J Bone Joint Surg Am.* Januar 2003;85-A(1):66–71.
52. Maffet MW, Gartsman GM, Moseley B. Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder. *Am J Sports Med.* Februar 1995;23(1):93–8.

53. Morgan CD, Burkhart SS, Palmeri M, Gillespie M. Type II SLAP lesions: three subtypes and their relationships to superior instability and rotator cuff tears. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. September 1998;14(6):553–65.
54. Patzer T, Kircher J, Lichtenberg S, Sauter M, Magosch P, Habermeyer P. Is there an association between SLAP lesions and biceps pulley lesions? *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. Mai 2011;27(5):611–8.
55. Bey MJ, Elders GJ, Huston LJ, Kuhn JE, Blasier RB, Soslowsky LJ. 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 Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al*. August 1998;7(4):397–401.
56. Sauter M. Einfluss von SLAP-Läsionen auf die Entstehung glenohumeraler Knorpelschäden [Internet]. *Imu*; 2012 [zitiert 24. Juni 2015]. Verfügbar unter: <http://edoc.ub.uni-muenchen.de/14962/>
57. Jobe FW, Giangarra CE, Kvitne RS, Glousman RE. Anterior capsulolabral reconstruction of the shoulder in athletes in overhand sports. *Am J Sports Med*. Oktober 1991;19(5):428–34.
58. Burkhart SS, Morgan CD. The peel-back mechanism: its role in producing and extending posterior type II SLAP lesions and its effect on SLAP repair rehabilitation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. September 1998;14(6):637–40.
59. Vaitl T, Burkart PDDA, Steinhauser E, Hohmann E, Imhoff A. Pathogenese der SLAP-II-Läsion am Schultergelenk. *Orthop*. 1. Juli 2003;32(7):608–15.
60. Habermeyer P. Sehnenrupturen im Schulterbereich. *Orthop*. August 1989;18(4):257–66; discussion 266-267.
61. Le Huec JC, Schaeferbeke T, Moinard M, Kind M, Diard F, Dehais J, u. a. Traumatic tear of the rotator interval. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al*. Februar 1996;5(1):41–6.
62. Gerber C, Sebesta A. 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*. November 2000;9(6):483–90.
63. Neer CS. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am*. Januar 1972;54(1):41–50.
64. Gerber C, Terrier F, Ganz R. The role of the coracoid process in the chronic impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. November 1985;67(5):703–8.
65. Habermeyer P, Kaiser E, Knappe M, Kreusser T, Wiedemann E. Zur funktionellen Anatomie und Biomechanik der langen Bizepssehne. *Unfallchirurg*. Juli 1987;90(7):319–29.

66. Braun S, Horan MP, Elser F, Millett PJ. Lesions of the biceps pulley. *Am J Sports Med.* April 2011;39(4):790–5.
67. Boileau P, Ahrens PM, Hatzidakis AM. Entrapment of the long head of the biceps tendon: the hourglass biceps--a cause of pain and locking of the shoulder. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juni 2004;13(3):249–57.
68. Gill HS, Rassi GE, Bahk MS, Castillo RC, McFarland EG. Physical Examination for Partial Tears of the Biceps Tendon. *Am J Sports Med.* 8. Januar 2007;35(8):1334–40.
69. Scheibel M, Habermeyer P. Aktuelle klinische Untersuchung der Schulter. *Orthopäde.* März 2005;34(3):267–83.
70. O'Brien SJ, Pagnani MJ, Fealy S, McGlynn SR, Wilson JB. The Active Compression Test: A New and Effective Test for Diagnosing Labral Tears and Acromioclavicular Joint Abnormality. *Am J Sports Med.* 9. Januar 1998;26(5):610–3.
71. Ebinger N, Magosch P, Lichtenberg S, Habermeyer P. A New SLAP Test: The Supine Flexion Resistance Test. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* Mai 2008;24(5):500–5.
72. Kim SH, Ha KI, Ahn JH, Kim SH, Choi HJ. Biceps load test II: A clinical test for SLAP lesions of the shoulder. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Februar 2001;17(2):160–4.
73. Habermeyer P, Lichtenberg S, Magosch P. *Schulterchirurgie.* 4. Aufl. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; 2010. 880 S.
74. Gerber C, Krushell RJ. Isolated rupture of the tendon of the subscapularis muscle. Clinical features in 16 cases. *J Bone Joint Surg Br.* Mai 1991;73(3):389–94.
75. Mimori K, Muneta T, Nakagawa T, Shinomiya K. A new pain provocation test for superior labral tears of the shoulder. *Am J Sports Med.* April 1999;27(2):137–42.
76. Arrigoni P, Ragone V, D'Ambrosi R, Denard P, Randelli F, Banfi G, u. a. Improving the accuracy of the preoperative diagnosis of long head of the biceps pathology: the biceps resisted flexion test. *Joints.* Juni 2014;2(2):54–8.
77. Zaslav KR. Internal rotation resistance strength test: a new diagnostic test to differentiate intra-articular pathology from outlet (Neer) impingement syndrome in the shoulder. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Februar 2001;10(1):23–7.
78. Lafosse L, Reiland Y, Baier GP, Toussaint B, Jost B. Anterior and posterior instability of the long head of the biceps tendon in rotator cuff tears: a new classification based on arthroscopic observations. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Januar 2007;23(1):73–80.

79. Holtby R, Razmjou H. Accuracy of the speed's and Yergason's tests in detecting biceps pathology and SLAP lesions: Comparison with arthroscopic findings. *Arthrosc- J Arthrosc Relat Surg*. März 2004;20(3):231–6.
80. Parentis MA, Glousman RE, Mohr KS, Yocum LA. An evaluation of the provocative tests for superior labral anterior posterior lesions. *Am J Sports Med*. Februar 2006;34(2):265–8.
81. Baumann B, Genning K, Böhm D, Rolf O, Gohlke F. Arthroscopic prevalence of pulley lesions in 1007 consecutive patients. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al*. Februar 2008;17(1):14–20.
82. Zanetti M, Pfirrmann CWA. Bizepsprobleme: Ultraschall, Magnetresonanztomographie und MR-Arthrographie. *Radiol [Internet]*. Juni 2004 [zitiert 10. August 2015];44(6). Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/s00117-004-1028-6>
83. Szymanski C, Staquet V, Deladerrière JY, Vervoort T, Audebert S, Maynou C. Reproducibility and reliability of subscapularis tendon assessment using CT-arthrography. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. Februar 2013;99(1):2–9.
84. Cowling P, Gamble A, Rangan A. The use of shoulder ultrasound in a one-stop clinic: diagnostic accuracy for rotator cuff tear and biceps tendon pathology. *Shoulder Elb*. 1. Januar 2011;3(1):13–6.
85. Zanetti M, Hodler J. Imaging of degenerative and posttraumatic disease in the shoulder joint with ultrasound. *Eur J Radiol*. August 2000;35(2):119–25.
86. Hedtmann A, Fett H. *Atlas und Lehrbuch der Schultersonografie*. Stuttgart: Thieme, Stuttgart; 1991.
87. Liu SH, Henry MH, Nuccion S, Shapiro MS, Dorey F. Diagnosis of glenoid labral tears. A comparison between magnetic resonance imaging and clinical examinations. *Am J Sports Med*. April 1996;24(2):149–54.
88. Tadros AS, Huang BK, Wymore L, Hoenecke H, Fronek J, Chang EY. Long head of the biceps brachii tendon: unenhanced MRI versus direct MR arthrography. *Skeletal Radiol*. Oktober 2015;44(9):1263–72.
89. Nourissat G, Tribot-Laspierre Q, Aim F, Radier C. Contribution of MRI and CT arthrography to the diagnosis of intra-articular tendinopathy of the long head of the biceps. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. Dezember 2014;100(8 Suppl):S391-394.
90. De Maeseneer M, Van Roy F, Lenchik L, Shahabpour M, Jacobson J, Ryu KN, u. a. CT and MR Arthrography of the Normal and Pathologic Anterosuperior Labrum and Labral-Bicipital Complex1. *RadioGraphics*. Oktober 2000;20(suppl_1):S67–81.
91. Loitz D, Klonz A. Läsionen der Bizepssehnen am Oberarm. *Unfallchirurg*. Januar 2011;114(1):47–54.

92. Linke RD, Burkart A, Imhoff AB. Die arthroskopische SLAP-Refixation. *Orthopäde*. 1. Juli 2003;32(7):627–31.
93. Bauer PDG, Löbig C. Arthroskopische Versorgungsstrategien der langen Bizepssehne. *Orthop*. 17. Dezember 2010;40(1):6–12.
94. Narvani AA, Atoun E, Van Tongel A, Sforza G, Levy O. The „anchor shape“ technique for long head of the biceps tenotomy to avoid the popeye deformity. *Arthrosc Tech*. Mai 2013;2(2):e167-170.
95. Goubier JN, Bihel T, Dubois E, Teboul F. Loop biceps tenotomy: an arthroscopic technique for long head of biceps tenotomy. *Arthrosc Tech*. August 2014;3(4):e427-430.
96. Boileau P, Neyton L. Die arthroskopische Tenodese bei Schädigung der langen Bizepssehne. *Oper Orthop Traumatol*. November 2005;17(6):601–23.
97. Werner BC, Evans CL, Holzgrefe RE, Tuman JM, Hart JM, Carson EW, u. a. Arthroscopic suprapectoral and open subpectoral biceps tenodesis: a comparison of minimum 2-year clinical outcomes. *Am J Sports Med*. November 2014;42(11):2583–90.
98. Patzer T, Santo G, Olender GD, Wellmann M, Hurschler C, Schofer MD. Suprapectoral or subpectoral position for biceps tenodesis: biomechanical comparison of four different techniques in both positions. *J Shoulder Elbow Surg*. Januar 2012;21(1):116–25.
99. Sethi PM, Rajaram A, Beitzel K, Hackett TR, Chowaniec DM, Mazzocca AD. Biomechanical performance of subpectoral biceps tenodesis: a comparison of interference screw fixation, cortical button fixation, and interference screw diameter. *J Shoulder Elbow Surg*. April 2013;22(4):451–7.
100. Ahmed M, Young BT, Bledsoe G, Cutuk A, Kaar SG. Biomechanical comparison of long head of biceps tenodesis with interference screw and biceps sling soft tissue techniques. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. Juli 2013;29(7):1157–63.
101. Golish SR, Caldwell III PE, Miller MD, Singanamala N, Ranawat AS, Treme G, u. a. Interference Screw Versus Suture Anchor Fixation for Subpectoral Tenodesis of the Proximal Biceps Tendon: A Cadaveric Study. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. Oktober 2008;24(10):1103–8.
102. Boileau P, Krishnan SG, Coste JS, Walch G. Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. Dezember 2002;18(9):1002–12.
103. Mazzocca AD, Rios CG, Romeo AA, Arciero RA. Subpectoral biceps tenodesis with interference screw fixation. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. Juli 2005;21(7):896.

104. Scheibel M, Schröder RJ, Chen J, Bartsch M. Arthroscopic soft tissue tenodesis versus bony fixation anchor tenodesis of the long head of the biceps tendon. *Am J Sports Med.* Mai 2011;39(5):1046–52.
105. Su WR, Budoff JE, Chiang CH, Lee CJ, Lin CL. Biomechanical study comparing biceps wedge tenodesis with other proximal long head of the biceps tenodesis techniques. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* September 2013;29(9):1498–505.
106. Baleani M, Francesconi D, Zani L, Giannini S, Snyder SJ. Suprapectoral biceps tenodesis: a biomechanical comparison of a new „soft anchor“ tenodesis technique versus interference screw biceps tendon fixation. *Clin Biomech Bristol Avon.* Februar 2015;30(2):188–94.
107. Drakos MC, Verma NN, Gulotta LV, Potucek F, Taylor S, Fealy S, u. a. Arthroscopic transfer of the long head of the biceps tendon: functional outcome and clinical results. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Februar 2008;24(2):217–23.
108. Verma NN, Drakos M, O’Brien SJ. Arthroscopic transfer of the long head biceps to the conjoint tendon. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Juni 2005;21(6):764.
109. Patzer T, Rundic JM, Bobrowitsch E, Olender GD, Hurschler C, Schofer MD. Biomechanical comparison of arthroscopically performable techniques for suprapectoral biceps tenodesis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* August 2011;27(8):1036–47.
110. Mazzocca AD, Bicos J, Santangelo S, Romeo AA, Arciero RA. The biomechanical evaluation of four fixation techniques for proximal biceps tenodesis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* November 2005;21(11):1296–306.
111. Patzer T, Kircher J, Krauspe R. All-Arthroscopic Suprapectoral Long Head of Biceps Tendon Tenodesis With Interference Screw–Like Tendon Fixation After Modified Lasso-Loop Stitch Tendon Securing. *Arthrosc Tech.* September 2012;1(1):e53–6.
112. Hufeland M, Kolem C, Ziskoven C, Kircher J, Krauspe R, Patzer T. The influence of suprapectoral arthroscopic biceps tenodesis for isolated biceps lesions on elbow flexion force and clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Oktober 2017;25(10):3220–8.
113. Bhatia DN, DasGupta B. Surgical correction of the „Popeye biceps“ deformity: dual-window approach for combined subpectoral and deltopectoral access and proximal biceps tenodesis. *J Hand Surg.* September 2012;37(9):1917–24.
114. Delle Rose G, Borroni M, Silvestro A, Garofalo R, Conti M, De Nittis P, u. a. The long head of biceps as a source of pain in active population: tenotomy or tenodesis? A comparison of 2 case series with isolated lesions. *Musculoskelet Surg.* Mai 2012;96 Suppl 1:S47-52.

115. Hsu AR, Ghodadra NS, Provencher CMT, Lewis PB, Bach BR. Biceps tenotomy versus tenodesis: a review of clinical outcomes and biomechanical results. *J Shoulder Elbow Surg.* März 2011;20(2):326–32.
116. Wittstein JR, Queen R, Abbey A, Toth A, Moorman CT. Isokinetic strength, endurance, and subjective outcomes after biceps tenotomy versus tenodesis: a postoperative study. *Am J Sports Med.* April 2011;39(4):857–65.
117. Gurnani N, van Deurzen DFP, Janmaat VT, van den Bekerom MPJ. Tenotomy or tenodesis for pathology of the long head of the biceps brachii: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 15. Mai 2015;
118. Samilson RL, Prieto V. Dislocation arthropathy of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* April 1983;65(4):456–60.
119. Kircher J. Die Omarthrose: Einteilung, Morphologie und Diagnostik. *Obere Extrem.* Juni 2012;7(2):91–9.
120. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop.* Januar 1987;(214):160–4.
121. Constant CR, Gerber C, Emery RJH, Søjbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* April 2008;17(2):355–61.
122. Oh JH, Jo KH, Kim WS, Gong HS, Han SG, Kim YH. Comparative evaluation of the measurement properties of various shoulder outcome instruments. *Am J Sports Med.* Juni 2009;37(6):1161–8.
123. Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and its short version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons (ASES) Society standardized shoulder assessment form, Constant (Murley) Score (CS), Simple Shoulder Test (SST), Oxford Shoulder Score (OSS), Shoulder Disability Questionnaire (SDQ), and Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI). *Arthritis Care Res.* November 2011;63 Suppl 11:S174-188.
124. Roy JS, MacDermid JC, Woodhouse LJ. A systematic review of the psychometric properties of the Constant-Murley score. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Januar 2010;19(1):157–64.
125. Richards RR, An KN, Bigliani LU, Friedman RJ, Gartsman GM, Gristina AG, u. a. A standardized method for the assessment of shoulder function. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* November 1994;3(6):347–52.
126. Kocher MS, Horan MP, Briggs KK, Richardson TR, O’Holleran J, Hawkins RJ. 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.* September 2005;87(9):2006–11.

127. Matsen FA. The Shoulder: A Balance of Mobility and Stability. Fu FH, Herausgeber. Rosemont, IL: Amer Academy of Orthopaedic; 1993. 653 S.
128. Godfrey J, Hamman R, Lowenstein S, Briggs K, Kocher M. Reliability, validity, and responsiveness of the simple shoulder test: psychometric properties by age and injury type. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juni 2007;16(3):260–7.
129. Ziskoven C, Kolem C, Stefanovska K, Kircher J, Krauspe R, Patzer T. Die suprapectorale arthroskopische Tenodese der langen Bizepssehne: Ergebnisse der einschenkligen intraossären Sehnenrefixation mit der SwiveLock-Schraube basierend auf Kraftmessung und klinischen Scores. *Obere Extrem.* März 2014;9(1):24–31.
130. O'Brien SJ, Pagnani MJ, Fealy S, McGlynn SR, Wilson JB. The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality. *Am J Sports Med.* 1998;26(5):610–3.
131. Wu PT, Jou IM, Yang CC, Lin CJ, Yang CY, Su FC, u. a. The severity of the long head biceps tendinopathy in patients with chronic rotator cuff tears: macroscopic versus microscopic results. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* August 2014;23(8):1099–106.
132. Potapov A, Laflamme YG, Gagnon S, Canet F, Rouleau DM. Progressive osteolysis of the radius after distal biceps tendon repair with the bioabsorbable screw. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juli 2011;20(5):819–26.
133. Slenker NR, Lawson K, Ciccotti MG, Dodson CC, Cohen SB. Biceps Tenotomy Versus Tenodesis: Clinical Outcomes. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* April 2012;28(4):576–82.
134. Shank JR, Singleton SB, Braun S, Kissenberth MJ, Ramappa A, Ellis H, u. a. A Comparison of Forearm Supination and Elbow Flexion Strength in Patients With Long Head of the Biceps Tenotomy or Tenodesis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* Januar 2011;27(1):9–16.
135. Frost A, Zafar MS, Maffulli N. Tenotomy versus tenodesis in the management of pathologic lesions of the tendon of the long head of the biceps brachii. *Am J Sports Med.* April 2009;37(4):828–33.
136. Walch G, Edwards TB, Boulahia A, Nové-Josserand L, Neyton L, Szabo I. Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg.* Juni 2005;14(3):238–46.
137. Kahlenberg CA, Patel RM, Nair R, Deshmane PP, Harnden G, Terry MA. Clinical and Biomechanical Evaluation of an All-Arthroscopic Suprapectoral Biceps Tenodesis. *Orthop J Sports Med.* 10. Januar 2014;2(10):2325967114553558.
138. Koh KH, Ahn JH, Kim SM, Yoo JC. Treatment of biceps tendon lesions in the setting of rotator cuff tears: prospective cohort study of tenotomy versus tenodesis. *Am J Sports Med.* August 2010;38(8):1584–90.

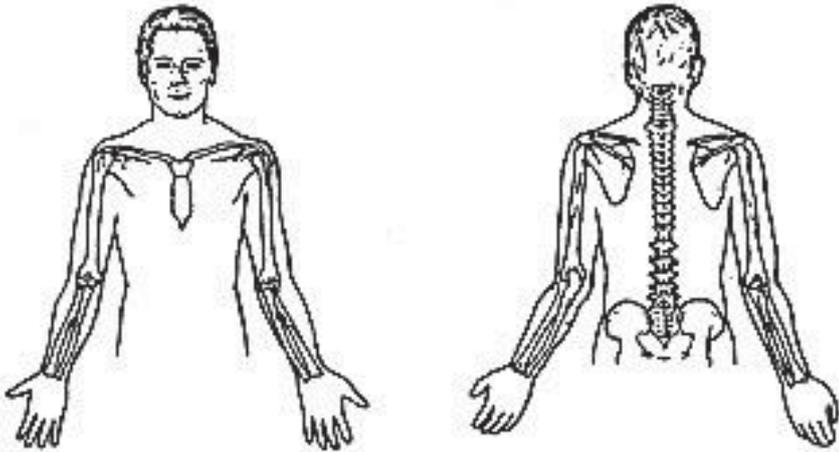
139. Lim TK, Moon ES, Koh KH, Yoo JC. Patient-Related Factors and Complications After Arthroscopic Tenotomy of the Long Head of the Biceps Tendon. *Am J Sports Med.* 1. April 2011;39(4):783–9.
140. Anthony SG, McCormick F, Gross DJ, Golijanin P, Provencher MT. Biceps tenodesis for long head of the biceps after auto-rupture or failed surgical tenotomy: results in an active population. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Februar 2015;24(2):e36-40.
141. Werner BC, Brockmeier SF, Gwathmey FW. Trends in long head biceps tenodesis. *Am J Sports Med.* März 2015;43(3):570–8.
142. Vogel LA, Moen TC, Macaulay AA, Arons RR, Cadet ER, Ahmad CS, u. a. Superior labrum anterior-to-posterior repair incidence: a longitudinal investigation of community and academic databases. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juni 2014;23(6):e119-126.
143. Weber SC, Martin DF, Seiler JG, Harrast JJ. Superior labrum anterior and posterior lesions of the shoulder: incidence rates, complications, and outcomes as reported by American Board of Orthopedic Surgery. Part II candidates. *Am J Sports Med.* Juli 2012;40(7):1538–43.
144. Denard PJ, Lädermann A, Parsley BK, Burkhart SS. Arthroscopic biceps tenodesis compared with repair of isolated type II SLAP lesions in patients older than 35 years. *Orthopedics.* März 2014;37(3):e292-297.
145. Ek ETH, Shi LL, Tompson JD, Freehill MT, Warner JJP. Surgical treatment of isolated type II superior labrum anterior-posterior (SLAP) lesions: repair versus biceps tenodesis. *J Shoulder Elbow Surg.* Juli 2014;23(7):1059–65.
146. Provencher MT, McCormick F, Dewing C, McIntire S, Solomon D. 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.* April 2013;41(4):880–6.
147. Boileau P, Parratte S, Chuinard C, Roussanne Y, Shia D, Bicknell R. Arthroscopic treatment of isolated type II SLAP lesions: biceps tenodesis as an alternative to reinsertion. *Am J Sports Med.* Mai 2009;37(5):929–36.
148. Werner BC, Pehlivan HC, Hart JM, Lyons ML, Gilmore CJ, Garrett CB, u. a. Biceps tenodesis is a viable option for salvage of failed SLAP repair. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* August 2014;23(8):e179-184.
149. Erickson BJ, Jain A, Abrams GD, Nicholson GP, Cole BJ, Romeo AA, u. a. SLAP Lesions: Trends in Treatment. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Juni 2016;32(6):976–81.
150. Sethi PM, Vadasdi K, Greene RT, Vitale MA, Duong M, Miller SR. Safety of open suprapectoral and subpectoral biceps tenodesis: an anatomic assessment of risk for neurologic injury. *J Shoulder Elbow Surg.* Januar 2015;24(1):138–42.

151. Brady PC, Narbona P, Adams CR, Huberty D, Parten P, Hartzler RU, u. a. Arthroscopic proximal biceps tenodesis at the articular margin: evaluation of outcomes, complications, and revision rate. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* März 2015;31(3):470–6.
152. Gombera MM, Kahlenberg CA, Nair R, Saltzman MD, Terry MA. All-arthroscopic suprapectoral versus open subpectoral tenodesis of the long head of the biceps brachii. *Am J Sports Med.* Mai 2015;43(5):1077–83.
153. Nho SJ, Reiff SN, Verma NN, Slabaugh MA, Mazzocca AD, Romeo AA. Complications associated with subpectoral biceps tenodesis: low rates of incidence following surgery. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al.* Juli 2010;19(5):764–8.
154. Katthagen J, Grimmas P, Jensen G, Voigt C, Lill H. Supraperatorale Mini-open-Tenodese der langen Bizepssehne – klinische und sonografische Ergebnisse. *Z Für Orthop Unfallchirurgie.* 14. April 2015;153(02):153–9.
155. Millett PJ, Sanders B, Gobezie R, Braun S, Warner JJ. Interference Screw vs. Suture Anchor Fixation for Open Subpectoral Biceps Tenodesis: Does it Matter? *BMC Musculoskelet Disord.* 15. September 2008;9:121.
156. Ozalay M, Akpınar S, Karaeminogullari O, Balcik C, Tasci A, Tandogan RN, u. a. Mechanical strength of four different biceps tenodesis techniques. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* August 2005;21(8):992–8.
157. Kusma M, Dienst M, Eckert J, Lorbach O, Kohn D. Arthroskopische und offene Techniken der Tenodese der langen Bizepssehne: Eine biomechanische Untersuchung. *Obere Extrem.* September 2007;2(3):124–9.
158. Jarrett CD, McClelland Jr. WB, Xerogeanes JW. Minimally invasive proximal biceps tenodesis: an anatomical study for optimal placement and safe surgical technique. *J Shoulder Elbow Surg.* April 2011;20(3):477–80.
159. Arora AS, Singh A, Koonce RC. Biomechanical evaluation of a unicortical button versus interference screw for subpectoral biceps tenodesis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* April 2013;29(4):638–44.
160. Kusma M, Dienst M, Eckert J, Steimer O, Kohn D. Tenodesis of the long head of biceps brachii: cyclic testing of five methods of fixation in a porcine model. *J Shoulder Elbow Surg.* Dezember 2008;17(6):967–73.
161. Lopez-Vidriero E, Costic RS, Fu FH, Rodosky MW. Biomechanical evaluation of 2 arthroscopic biceps tenodeses: double-anchor versus percutaneous intra-articular transtendon (PITT) techniques. *Am J Sports Med.* Januar 2010;38(1):146–52.
162. Castagna A, Conti M, Mouhsine E, Bungaro P, Garofalo R. Arthroscopic biceps tendon tenodesis: the anchorage technical note. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* Juni 2006;14(6):581–5.

163. Salata MJ, Bailey JR, Bell R, Frank RM, McGill KC, Lin EC, u. a. Effect of interference screw depth on fixation strength in biceps tenodesis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* Januar 2014;30(1):11–5.
164. Valenti P, Benedetto I, Maqdes A, Lima S, Moraiti C. „Relaxed“ biceps proximal tenodesis: an arthroscopic technique with decreased residual tendon tension. *Arthrosc Tech.* Oktober 2014;3(5):e639-641.

8 Anhang

8.1 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?

VAS

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

Aktivitäten des täglichen Lebens	Betroffene Schulter			
<u>ADL</u>	0	1	2	3
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:

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

8.2 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 für das Hineinstecken des Hemds in die Hose 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 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 durch einen Unterhandwurf mit der betroffenen Seite werfen?		
10. Können Sie einen Softball 20 m durch einen 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?		
---	--	--

8.3 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

I 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 die Krämpfe 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.

III Äußeres Erscheinen

Finden Sie, dass der Bizepsbauch im Vergleich mit der 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)



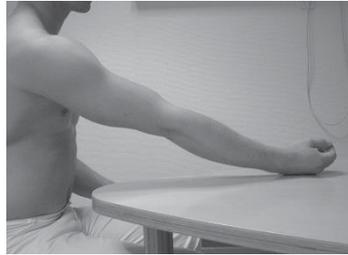
Das Beispielbild zeigt einen nach „unten gerutschten“ Bizepsbauch, der Pfeil markiert den Bizeps.

IV Beweglichkeit

Strecken und Beugen des Ellenbogens

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

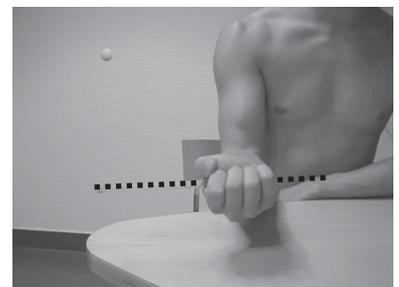
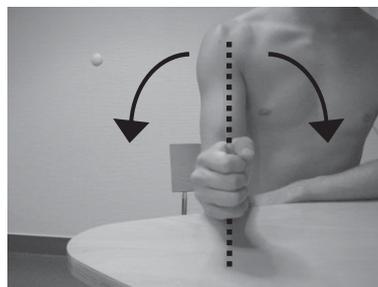
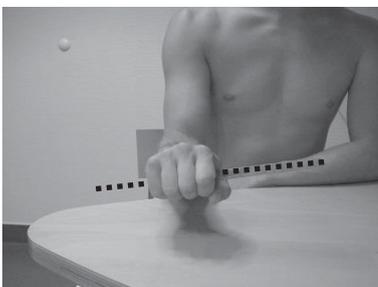
Sind Streckung und Beugung im Seitenvergleich eingeschränkt oder frei beweglich?



	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 dabei körperlich? ja nein

VI) Zufriedenheit

Würden Sie die Operation auch für die andere Schulter durchführen lassen, wenn sie ebenfalls erkranken würde?

ja (1 P) nein (0 P)

Würden Sie Bekannten oder Freunden empfehlen, sich bei einer gleichen Erkrankung ebenfalls operieren zu lassen?

ja (1 P) nein (0 P)

VII) Sportfähigkeit

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

VIII) Anmerkungen von Ihnen:

Gesamtpunktzahl LBS Score: _____ / 18 Punkten

8.4 Schulterfragebogen zum Constant Score

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!

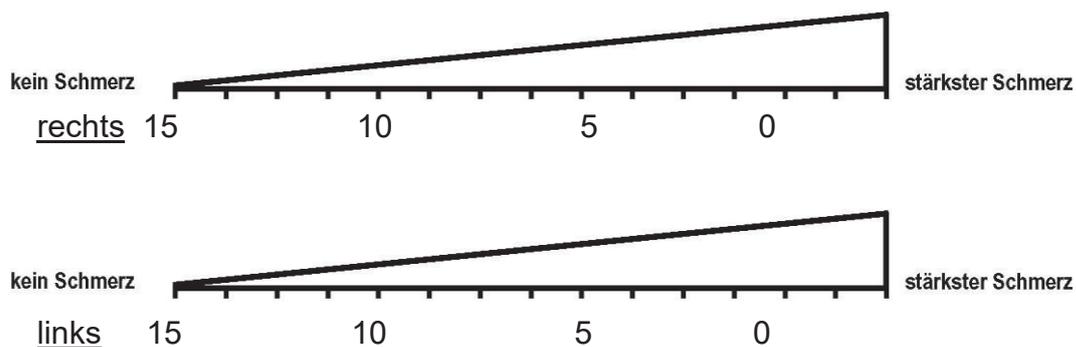
Bitte Zutreffendes ankreuzen:

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

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

I. Schmerz (15 Punkte)

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



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

1. Beruf: Bitte kreuzen Sie an, ob der eingeschränkte Einsatz bzw. Schmerzen in der zu operierenden Schulter zu Einschränkungen bei Ihren beruflichen Tätigkeiten führen. Wenn Sie nicht berufstätig sein sollten, dann beziehen Sie sich bitte bei Ihren Angaben auf

die 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"/>

2. 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"/>

3. Schlaf: Kreuzen Sie bitte an, ob Sie in Ihrem **Schlaf** durch Schmerzen in der Schulter gestört werden.

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"/>

4. 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)
links**

rechts

a. 151-180°	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. 121-150°	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. 91-120°	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. 61-90°	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. 31-60°	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abduktion (10 Punkte)

a. 151-180°	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. 121-150°	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. 91-120°	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. 61-90°	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. 31-60°	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Außenrotation (10 Punkte)

Hand hinter den Kopf			
- mit Ellenbogen vorne	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- mit Ellenbogen hinten	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hand auf dem Kopf			
- mit Ellenbogen vorne	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- mit Ellenbogen hinten	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Volle Elevation vom Kopf	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Innenrotation (10 Punkte)

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

Danksagungen

Mein aufrichtiger Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Thilo Patzer für die freundliche Überlassung des Themas und die engagierte Betreuung. Neben der Vermittlung von Inhalten war die Zusammenarbeit durch motivierende Unterstützung und eine großzügige und geduldige Hilfestellung geprägt. Ich bedanke mich für die vielen Hintergründe, Lösungsansätze und Denkanstöße, die mich auch nach der Erstellung dieser Arbeit begleiten.

Mein großer Dank gebührt Herrn PD Dr. med. Martin Hufeland für die vielen hilfreichen und wertvollen Ratschläge und die zahlreichen detaillierten Anmerkungen im Rahmen des Korrekturlesens.

Danke an das Team von punkt05 Statistik für den professionellen Workshop und die lehrreiche Einweisung in SPSS, die mir die selbstständige Auswertung der Daten erst ermöglicht hat.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinem Mann und unseren Kindern, für eure Ermutigung und Unterstützung. Danke für den Raum und die Zeit, die mir die Fertigstellung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.