

**Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie König-Ludwig-Haus
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. Maximilian Rudert**

**Klinische und radiologische Ergebnisse nach offener
Schultergelenksstabilisierung
mittels Beckenkammspan**

**Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von
Rojan Cetindere
aus Bamberg**

Würzburg, Oktober 2022



Referentenblatt

Referent: Prof. Dr. Frank Gohlke

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Süleyman Ergün

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 21.04.2023

Der Promovend ist Arzt.

Widmung

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern, die mir stets ein Vorbild waren hinsichtlich Bildung, Eifer und Vision. Ohne sie wäre ich nicht der Mensch, der ich heute bin. Ohne sie wären mir viele Türen verschlossen geblieben und manch ein Weg zu steinig gewesen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Funktionelle Anatomie des Schultergelenkes.....	1
1.2	Begleitverletzungen einer Schulterinstabilität.....	2
1.2.1	Bankart-Läsion und Glenoid-Frakturen.....	2
1.2.2	Sonstige Komplikationen.....	3
1.3	Radiologische Diagnostik von knöchernen Glenoidverletzungen	6
1.4	Operative Therapie der anterioren Schulterinstabilität mit Glenoid-Läsion	8
1.5	Komplikationen bei Knochenblocktransfer-OP	10
1.6	Fragestellung.....	11
2	Material und Methoden	13
2.1	Ethikvotum.....	13
2.2	Patientenkollektiv.....	13
2.2.1	Voroperationen	15
2.2.2	Beruf und Sportlevel.....	16
2.2.3	Hyperlaxizität und Luxationsstatus	18
2.3	Operationsmethode	20
2.4	Postoperative Stabilisierung und Verlaufskontrollen	26
2.5	Erhebung präoperativer Daten.....	27
2.5.1	Radiologische Auswertung des präoperativen Glenoiddefekts	27
2.5.2	Radiologische Auswertung einer präoperativen Hill-Sachs-Läsion	31
2.5.3	Radiologische Auswertung des präoperativen SSC-Status	32
2.6	Erhebung von Daten im Rahmen des stationären Krankenhausaufenthalts.....	32
2.7	Erhebung postoperativer Daten	32
2.8	Erfassungsscores	33
2.8.1	Rowe-Score	33
2.8.2	Constant-Score	33
2.8.3	Oxford-Shoulder-Score	36
2.8.4	WOSI-Score.....	37
2.9	Klinische Nachuntersuchung	37
2.10	Postoperative Bildgebung	40
2.11	Statistische Auswertung.....	41

3	Ergebnisse	43
3.1	Radiologische Datenauswertung und BegleitleSIONen.....	43
3.1.1	Methode nach Chuang.....	43
3.1.2	Methode nach Wambacher	44
3.1.3	Bestimmung der Unterschiede/Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen der Chuang- und der Wambacher-Methode.....	46
3.1.4	Analyse der Defektlokalisation	47
3.1.5	Analyse der Hill-Sachs-Läsionen.....	48
3.1.6	Präoperativer SSC-Status in der MRT.....	49
3.1.7	Übersicht über traumabedingte Begleitpathologien	49
3.1.8	Knorpelläsionen	50
3.2	Ergebnisse der klinischen Scores	51
3.2.1	Rowe-Score	51
3.2.2	Oxford-Score.....	52
3.2.3	WOSI-Score.....	53
3.2.4	Constant-Score	54
3.3	Score-Ergebnisse in den einzelnen Subgruppen	58
3.3.1	Sportgruppen	58
3.3.2	Berufsgruppen	58
3.3.3	Anzahl präoperative Luxationen	59
3.3.4	Voroperationen	60
3.3.5	Hyperlaxizität	60
3.3.6	Omarthrose	60
3.3.7	Kritischer vs. subkritischer Glenoidverlust.....	61
3.3.8	SLAP-Repair.....	62
3.3.9	Hill-Sachs-Läsion	63
3.4	OP-Daten und intra- sowie postoperative Komplikationen	63
3.5	Körperliche Nachuntersuchung.....	64
3.6	Relaxationsanamnese	69
3.7	Postoperative Bildgebung	70
4	Diskussion	74
4.1	Klinisches Outcome	74
4.2	Vergleich zu konkurrierenden OP-Techniken.....	86
4.3	Glenoiddefekt	89

4.4	Hill-Sachs-Läsion.....	95
4.5	Fehleranalyse.....	97
5	Zusammenfassung.....	99
6	Literaturverzeichnis.....	101
	Appendix.....	115
I.	Abkürzungsverzeichnis	
II.	Abbildungsverzeichnis	
III.	Tabellenverzeichnis	
IV.	Danksagung	

1 Einleitung

1.1 Funktionelle Anatomie des Schultergelenkes

Das Schultergelenk, im engeren Sinne das Glenohumeralgelenk (GH-Gelenk), ist ein Kugelgelenk, welches über fünf Freiheitsgrade verfügt. Grundlage für dieses Höchstmaß an Beweglichkeit ist, dass das GH-Gelenk Bestandteil eines mehrteiligen Gelenkapparates ist. Dieser Gelenkapparat besteht weiterhin aus dem Sternoklavikulargelenk, dem Akromioklavikulargelenk, der skapulothorakalen Gleitschicht und dem subakromialen Nebengelenk. Des Weiteren wird die außerordentliche Beweglichkeit durch eine Erweiterung der Glenoidfläche in Form des Labrum glenoidale und der Gelenkkapsel ermöglicht. Neben dieser außergewöhnlichen Beweglichkeit liegt die zweite Anforderung an das GH-Gelenk darin, dass es über ein Höchstmaß an Stabilität verfügen muss. Diese Stabilität wird erreicht durch statische und dynamische Stabilisatoren. Zu den dynamischen Stabilisatoren, die auch als aktive Stabilisatoren bezeichnet werden können, zählt die gesamte Muskulatur der Rotatorenmanschette: die Musculi (Mm.) infraspinatus, supraspinatus, subscapularis und teres minor. Diese Muskeln setzen am Humeruskopf an. Sie sorgen einerseits bei Kontraktion für eine Zentrierung des Humeruskopfes bei übermäßiger Translation, andererseits wirken die kontrahierten Muskeln als physische Barriere, die für zusätzliche Stabilität sorgt. Bei endständigen Bewegungen im GH-Gelenk kommt es zur Anspannung der GH-Ligamente, die dann zusätzlich stabilisierend wirken. Zu den statischen Stabilisatoren, auch passive Stabilisatoren genannt, gehören in erster Linie die knöchernen Gebilde bestehend aus Humeruskopf, Glenoid und dem Fornix humeri, während Adhäsions- oder Kohäsionskräfte der Gelenkkörper sowie der negative intraartikuläre Druck, der durch den atmosphärischen Druck entsteht, eine untergeordnete Rolle spielen. Insgesamt sorgen aktive und passive Stabilisatoren dann für Stabilität, wenn sie im Zusammenspiel dafür sorgen, dass die auf das Gelenk ausgeübte Kraft einen Vektor bildet, der senkrecht auf die Glenoidfläche fällt (1, 2).

Trotz sämtlicher Stabilisatoren ist das GH-Gelenk mit einer Inzidenz von 11,2/100.000 das am häufigsten luxierte Gelenk des menschlichen Körpers. Junge Männer haben hierbei das größte Risiko, eine Schulterluxation zu erleiden (3). Insgesamt haben Männer ein dreimal höheres Risiko einer Schulterluxation als Frauen. Wesentlich für die Inzidenz der Schulterluxation ist das Alter, denn es gilt je höher das Alter ist, umso niedriger ist die Inzidenzrate (4).

1.2 Begleitverletzungen einer Schulterinstabilität

Bei einer Schulterluxation kommt es häufig zu Beschädigungen an den anatomischen Strukturen, welche die Gelenkflächen des GH-Gelenkes bilden: zu einem Abriss des Labrum glenoidale, zur sogenannten Bankart-Läsion sowie einer Hill-Sachs-Impression am Humeruskopf. In einer von Taylor im Jahr 1997 durchgeführten Studie hatten 97 % der Patienten eine Bankart-Läsion und 90 % eine Hill-Sachs-Läsion erlitten, in Folge ihrer ersten traumatischen vorderen Schulterluxation (5). 100 % der Patienten waren es sogar in einer von Norlin im Jahr 1993 durchgeführten Studie, die sowohl eine Bankart-Läsion, als auch gleichzeitig eine Hill-Sachs-Läsion als Folge ihrer ersten traumatischen Schulterluxation erlitten haben (6).

Neben knöchernen Defekten spielen allerdings auch Weichteildefekte als Folge einer Schulterluxation eine Rolle. Häufig betroffen ist die Rotatorenmanschette. Berbig et al. (7) konnten bei 31,7 % ihrer Patienten und Patientinnen eine Läsion der Rotatorenmanschette bei erstmaliger anteriorer, traumatischer Schulterluxation feststellen. Allerdings gilt, dass mit höherem Alter auch das Vorliegen einer Ruptur der Rotatorenmanschette umso wahrscheinlicher ist (8). Eine seltene Komplikation ist die SLAP (Superior Labrum Anterior to Posterior) - Läsion (4–12 %) (9, 10).

1.2.1 Bankart-Läsion und Glenoid-Frakturen

Bei einer Bankart-Läsion kommt es zu einem Abriss des anterior-inferioren Anteil des Labrum glenoidale vom Pfannenrand. Eine knöcherne Bankart-Läsion liegt dann vor, wenn zusätzlich zum vorderen Labrum glenoidale eine Fraktur von ossären Anteilen des Glenoids auftritt. In der Literatur wird der Anteil von knöchernen Bankart-Läsionen mit 3–10 % angegeben (11). Von großer Bedeutung ist dabei die Größe des ossären Defekts. Einen Konsens darüber, ab welcher Defektgröße eine instabile Gleichgewichtslage im Schultergelenk besteht, gibt es aktuell trotz einer großen Menge wissenschaftlicher Daten nicht.

Nach Gerber und Nyffeler (12) führt ein Verlust von 50 % des maximalen anterior-posterioren Glenoiddurchmessers zu einer Abnahme des Luxationswiderstandes um 30 %. Hingegen besteht der Ansatz von Burkhart und De Beer (13) darin, anhand von pathomorphologischen Veränderungen am Glenoid eine Abschätzung des Luxationsrisikos zu treffen. Im physiologischen (physiol.) Glenoid ist der kaudale anterior-posterior (a. p.)-Durchmesser des Glenoids größer als derjenige, welcher im kranialen Glenoid vorzufinden ist. Das Glenoid erinnert hierbei an die Form einer Birne. Bei einer knöchernen

Bankart-Läsion wechseln die Verhältnisse der kranialen und kaudalen a. p.-Durchmesser des Glenoids. Als grober Ansatzwert gilt: Ist der kaudale a. p.-Durchmesser des Glenoids kleiner als im kranialen Anteil des Glenoids („Inverted Pear Glenoid“), ist eine Schulterinstabilität zu erwarten. Denn bei axialer Krafteinwirkung des Humeruskopfes in Richtung des fehlenden Glenoids ist kein Widerstand durch Knochen vorhanden und der Kraftvektor fällt neben die Glenoidfläche, was dazu führt, dass der Humeruskopf luxiert. Bezüglich eines Cut-off-Wertes herrschen in der Literatur verschiedene Auffassungen, wie groß der prozentuale ossäre Verlust bei einer knöchernen Bankart-Läsion sein muss, damit von einer signifikanten Schulterinstabilität zu sprechen ist. Gemäß Chen et al. (14) ist eine Schulterinstabilität ab 20 % knöchernen Glenoidverlusts zu erwarten, während Burkhart (15) bzw. Greis et al. (16) 25 % respektive 30 % als Grenzwert postulieren. Neuere klinische Daten an aktiven Sportlern legen jedoch nahe, diese Grenze bereits bei mehr als 10-15% anzunehmen (17).

In einer von Saito et al. (18) im Jahre 2005 publizierten Studie wurden 123 Schultern von 123 Studienteilnehmenden mit knöchernem Glenoidverlust auf die Frage hin untersucht, ob knöcherne Glenoidverluste sich im Sinne einer Uhrzeit genauer lokalisieren lassen. Als Ergebnis hielten sie fest, dass sich die knöchernen Defekte am häufigsten zwischen 2:30 und 4:20 Uhr bzw. bei 106,7 Grad im Mittel mit einer Standardabweichung von +/- 27,1 Grad befinden. In diesem Sinne postulieren Saito et al., dass man vielmehr von einem anterioren knöchernen Glenoidverlust sprechen müsse als von einem anterior-inferioren. Ein ähnliches Ergebnis halten auch Ji et al. (19) fest. In den meisten Fällen lag demnach die Glenoidfraktur auf 3:20 Uhr, sodass auch sie eher von einer anterioren als anterior-inferioren Glenoidfraktur sprechen.

1.2.2 Sonstige Komplikationen

Eine Bankart-Läsion tritt häufig in Verbindung mit einer Hill-Sachs-Impression auf. Bei einer Hill-Sachs-Läsion handelt es sich um eine Impressionsfraktur des dorso-lateralen Caput humeri, die während einer anterior-inferioren Schulterluxation durch Kontakt mit der Kante des anterior-inferioren Glenoid entsteht. Die Koinzidenz einer Bankart-Läsion bei bestehender Hill-Sachs-Läsion steigt hierbei um den Faktor 11 gegenüber einer Auftretenswahrscheinlichkeit einer Bankart-Läsion ohne Hill-Sachs-Läsion und ist abhängig vom Patientenalter. Kommen beide Läsionen kombiniert vor, spricht man von einer bipolaren Läsion (20-22).

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Hill-Sachs-Läsion liegt bei 65–67 % bei einer Primärluxation, respektive 84–93 % nach einer Reluxation. Je größer die Hill-

Sachs-Läsion ist, umso medialer liegt sie ausgehend vom Tuberculum majus humeri. Die Größe und in dem Sinne auch die Lokalisation einer Hill-Sachs-Läsion sind entscheidend dafür, ob sie ein relevantes Instabilitätsrisiko birgt. Wird nämlich eine maximale Außenrotation in Kombination mit einer Abduktionsbewegung im GH-Gelenk ausgeführt, artikuliert das Glenoid mit dem posterolateralen Anteil des Humeruskopfes. Sofern sich die Hill-Sachs-Läsion komplett intraartikulär befindet und von Anteilen des Glenoids bedeckt ist, resultiert keine Instabilität; deren Risiko steigt jedoch, wenn die Hill-Sachs-Läsion in dieser Armhaltung nicht mehr glenoidal korrespondiert (23). Diesbezüglich wurde im Jahre 2007 das Konzept des „Glenoid-Track“ (GT) von Yamamoto et al. (24) publiziert. Der GT ist diejenige Kontaktfläche des Humeruskopfes, welche bei maximaler Außenrotation und horizontaler Extension mit dem Glenoid entsteht. Sofern sich die mediale Begrenzung der Hill-Sachs-Läsion innerhalb des GT befindet, ist keine Instabilität zu erwarten („non-engaging Hill-Sachs“). Ist die mediale Begrenzung allerdings medialer als die mediale Begrenzung des GT, ist mit einer Instabilität zu rechnen („engaging Hill-Sachs“) (23). Zur Vereinfachung der Begrifflichkeit führen Di Giacomo et al. (25) die Bezeichnungen „On-Track-“ und „Off-Track-Hill-Sachs“ ein für „non-engaging-“ respektive „engaging“-Hill-Sachs.

Eine Möglichkeit zur Klassifizierung dieser Läsionen ist die Röntgen-Klassifizierung nach Calandra. Die Hill-Sachs-Läsionen werden dementsprechend in die Schweregrade I, II und III eingeteilt (26), vgl. Tabelle 1. Abbildung 1 zeigt hierbei beispielhaft eine Typ II Hill-Sachs-Läsion in einer a. p.-Röntgenaufnahme der Schulter.

Tabelle 1: Hill-Sachs-Läsion nach Calandra et al. (26)

Typ I	Defekt innerhalb der Gelenkfläche <u>ohne</u> Beteiligung des subchondralen Knochens
Typ II	Defekt innerhalb der Gelenkfläche <u>mit</u> Beteiligung des subchondralen Knochens
Typ III	großer Defekt im subchondralen Knochen



*Abbildung 1: Hill-Sachs-Läsion Typ II sichtbar in der a. p.-Aufnahme
(Bild aus dem Archiv von Frank Gohlke)*

Neben knöchernen Begleitverletzungen kann es zu Verletzungen der Rotatorenmanschette kommen. Kommt es zu einem Verlust von der Hälfte der physiologischen Muskulatur der Rotatorenmanschette, so steigt das Risiko einer Schulterluxation um 50 %. Daher sind vor allem ältere Menschen von dieser Begleitverletzung betroffen (27).

Eine weitere Folge einer Schulterluxation kann ein Knorpelschaden sein. Die Wahrscheinlichkeit von Knorpelschäden bei Patienten mit Schulterinstabilität liegt zwischen 36 und 64 % (28-30). Der Schweregrad wird nach Outerbridge in fünf Grade eingeteilt (31, 32), vgl. Tabelle 2.

Tabelle 2: Outerbridge-Klassifikation von Knorpelläsionen

Schweregrad	Definition
0	gesunder Knorpel
1	Aufweichung / Schwellung des Knorpels
2	oberflächliche Rissbildung mit Durchmesser < 1,27 cm (0,5 Inch)
3	tiefe Rissbildung mit Durchmesser > 1,27 cm (0,5 Inch)
4	freiliegender subchondraler Knochen

Im Zuge einer anterior-inferioren Schulterluxation kann es auch zu einem Abriss bzw. einer Auffaserung des Labrum glenoidale superior kommen. Hier entspringt zusätzlich die lange Bizepssehne (LBS), sodass es zu einer SLAP-Läsion kommen kann. Hierbei handelt es sich um einen kombinierten Ausriss des superioren Labrum-Bizepsanker-Komplexes vom Glenoid. Nach Snyder et al. (33) wird die SLAP-Läsion in 4 Typen klassifiziert. Ihr Vorkommen ist nicht von der Quantität der Schulterluxationen abhängig, sondern primär von der Qualität des Traumas: Je schwerer das Trauma, umso wahrscheinlicher wird eine SLAP-Läsion (34).

1.3 Radiologische Diagnostik von knöchernen Glenoidverletzungen

Die radiologische Diagnostik ist wegweisend für die Auswahl eines angemessenen Therapieregimes. Dieses ist vor allem von dem Ausmaß der Begleitverletzungen abhängig. Das korrekte Erfassen und Bewerten von Begleittläsionen im Schultergelenk kann entscheidend dazu beitragen, das Reluxationsrisiko zu verringern (35).

Die Bildgebung beginnt mit einer Röntgenaufnahme. Diese wird meistens in zwei Ebenen angefertigt, als a. p.-Aufnahme in der Scapulaebene und als Y-Aufnahme. Die Röntgendiagnostik ist eine Art Screening für knöcherne Begleitverletzungen bei Zustand nach einer Schulterluxation. Eine Quantifizierung des Ausmaßes von Begleitverletzungen anhand einer Röntgenaufnahme in zwei Ebenen ist nicht möglich. Um das exakte Verletzungsausmaß bildlich darstellen zu können, müssen Schnittbildverfahren durchgeführt werden. Um Weichteilläsionen zu erfassen, muss eine Kernspintomographie durchgeführt werden. Vor allem für die Diagnostik von Verletzungen der Rotatorenmanschette und des Kapsel-Labrum-Komplexes ist die MRT der Goldstandard. Für die

präoperative Diagnostik von knöchernen BegleitleSIONen bei Schulterinstabilität ist die Computertomographie als Diagnostik angezeigt.

Eine möglichst exakte Evaluation und Quantifizierung einer knöchernen Glenoidverletzung ist notwendig, um die richtige OP-Methode auszuwählen. Grundlage der meisten Messmethoden für knöcherne Glenoidverletzungen ist, dass die inferiore Glenoidfläche einer annähernd runden Fläche entspricht und die Glenoidflächen im Seitenvergleich im physiol. Zustand annähernd symmetrisch sind. Daher ist für viele Messmethoden ein bilateraler Datensatz beider Schultergelenke erforderlich, aus dem der Humeruskopf subtrahiert wird. Messverfahren können an zweidimensionalen (2D) - oder an dreidimensionalen (3D) - Rekonstruktionen durchgeführt werden. Grundsätzlich herrscht in der Literatur Einigkeit darüber, dass die 3D-Computertomographie (CT) der 2D-CT-Diagnostik und der Magnetresonanztomographie (MRT) überlegen ist (35-37). Das größte Problem in der 2D-CT-Bildgebung ist nach Bois et al. (38), die korrekte Schicht für die Messung auszuwählen. Diese Kernproblematik bestehe bei der 3D-CT nicht, da die Messung an einem einzigen Bild durchgeführt werden kann. Bezüglich des unmittelbaren Vergleichs zwischen der 3D-CT- und der 3D-MRT-Bildgebung gilt aktuell grundsätzlich Einigkeit, dass die 3D-CT der 3D-MRT bei der Diagnostik von knöchernen Glenoidverletzungen überlegen ist. Dies liegt an der nicht zufriedenstellenden Bildschärfe der MRT im Signal-contrast zwischen Knochen und angrenzenden Weichteilen, im Gegensatz zur CT, welche Kontraste anhand von unterschiedlichen Gewebisdichten berechnet (39, 40). Es gibt allerdings auch Studien, die trotz des etwas schlechteren Bildkontrasts in der 3D-MRT-Rekonstruktion eine hohe Übereinstimmung zwischen den Messergebnissen in der 3D-CT und denen in der 3D-MRT zeigen konnten (41, 42). Unabhängig davon, welches der beiden Schnittbildverfahren angewandt wird, konnte hingegen gezeigt werden, dass die Fehlerquote bei der Quantifizierung des knöchernen Glenoiddefekts mit ansteigender Defektgröße zunimmt (41).

Für diese Quantifizierung stehen verschiedene Messmethoden zur Auswahl. Es wird grundsätzlich zwischen linearen und zirkulären Messmethoden unterschieden. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht verschiedener Messmethoden und gibt jeweils an, ob ein uni- oder bilaterales CT bzw. eine 2D- oder 3D-Bildgebung notwendig ist (43-45).

Tabelle 3: Übersicht über verschiedene Messmethoden knöcherner Glenoiddefekte

Lineare Messmethoden	Zirkuläre Messmethoden
Griffith-Index (bilaterales 2D-CT)	Pico-Methode (uni- oder bilaterales 3D-CT)
Glenoid-Index nach Chuang (bilaterales 3D-CT)	Sugaya-Methode (bilaterales 3D-CT)
	Wambacher-Methode (bilaterales 2D-CT)

1.4 Operative Therapie der anterioren Schulterinstabilität mit Glenoid-Läsion

Als OP-Indikationen nennen Habermeyer et al. (4) eine Verlagerung von Weichteilgewebe in den Gelenkspalt, eine Dislokation eines Tuberculum-majus-Fragments, eine Ruptur der Subscapularis-Sehne, eine Begleitruptur der Supraspinatus-Sehne sowie eine knöcherne Bankart- bzw. Glenoid-Läsion, die mindestens 15 mm lang und 5 mm breit ist. Handelt es sich um eine traumatische Erstluxation, ist eine operative Versorgung dann angebracht, wenn ein adäquates Trauma vorlag, ein hoher Funktionsanspruch aufgrund des Berufes oder des persönlichen Hobbys besteht, eine Bankart-Läsion in Kombination mit einer Hill-Sachs-Läsion auftritt oder das Alter bei Luxation zwischen 16 und 30 Jahren liegt. Eine Hyperlaxizität sollte vorher möglichst ausgeschlossen sein. Bei einer traumatischen, primären Schulterluxation im Rahmen einer Hyperlaxizität wird eine operative Versorgung erst nach erfolgloser konservativer Therapie erwogen (46).

Grundsätzlich stehen offen-chirurgische Methoden arthroskopischen Methoden gegenüber. Generell werden arthroskopische Methoden häufiger gewählt. In einer 2014 von Zhang et al. (47) durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass in einem Zeitraum von 2004 bis 2009 84 % aller operativen Eingriffe bei einer anterioren Schulterinstabilität im US-amerikanischen Raum arthroskopisch durchgeführt worden sind; nur in 16 % der Fälle wurde eine offene OP-Methode gewählt. Allerdings konnten Mohtadi et al. (48) zeigen, dass entgegen dem Trend zur arthroskopischen Therapie die Relaxationsrate bei offen-chirurgischer Therapie (11 %) signifikant geringer ist als bei arthroskopischer Therapie (23 %). Daher wird vor allem bei jungen Männern mit pathologischer Veränderung der Schulteranatomie (z. B. Hill-Sachs-Läsion, Glenoid-Läsion) aufgrund des hohen Re-

luxationsrisikos ein offen-chirurgisches Verfahren empfohlen. Der Vorteil von arthroskopischen OP-Techniken liegt vor allem darin, dass eine geringere Morbidität, ein kosmetisch ansprechenderes Ergebnis und eine schnellere Rehabilitation unter Schonung des Musculus (M.) subscapularis erzielt werden (49-51).

Kommt es zu einem knöchernen Glenoidverlust und zu einer "inverted-pear"-Situation mit einem knöchernen Glenoidverlust von mehr als 20 %, sollte eine Rekonstruktion der Glenoidfläche mittels Knochenblocktransfer erfolgen. Hier haben sich grundsätzlich zwei Verfahren bewährt: einerseits die J-Span-Plastik nach Resch bzw. der Glenoidaufbau mittels Beckenkammspan unter Verwendung bikortikaler Schrauben und andererseits der Korakoidtransfer nach Latarjet. Bei allen drei Optionen kommt es zu einem Knochenblocktransfer. Das Besondere an der J-Span-Plastik nach Resch ist, dass keinerlei Schrauben zur Fixierung des Spans verwendet werden müssen. Nach Entnahme des Beckenkammspans wird dieser in J-Form präpariert und eine Einkerbung im Skapulahals vorbereitet. Nun wird das längere Ende des J-Spans in die Einkerbung eingekleimt und ist durch die Verhakung der Spongiosaanteile von Skapulahals und Beckenkammspan schraubenlos fixierbar. Nachdem der Beckenkammspan stufenlos an die Glenoidfläche angepasst wurde, wird die Kapsel oberhalb des Spans verschlossen. Beim Korakoidtransfer ist das Grundprinzip die Verlagerung des Processus coracoideus an die Stelle des knöchernen Glenoidverlusts. Bei einer Osteotomie des Korakoids werden die Ursprünge des Caput breve des M. biceps brachii, des M. coracobrachialis und des Ligamentum (Lig.) coracoacromiale nicht abgelöst. Im Folgenden wird das Korakoid mit zwei Schrauben fixiert und das Lig. coracoacromiale mit der Kapsel vernäht. Zum Schluss werden der M. subscapularis und die Gelenkkapsel, die zu Beginn einer OP vertikal inzidiert wurden, oberhalb des versetzten Korakoids verschlossen (4, 52, 53).

Der Therapiealgorithmus bei der Versorgung einer bipolaren Läsion sieht nach Di Giacomo et al. (54) eine Aufteilung in vier Subgruppierungen vor. Patienten und Patientinnen in Gruppe eins und zwei haben einen Glenoiddefekt < 25 % und unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Hill-Sachs-Läsion, einmal On-Track-Hill-Sachs-Läsion (Gruppe eins) und Off-Track-Hill-Sachs-Läsion (Gruppe zwei). Patientinnen und Patienten in Gruppe drei und vier haben einen Glenoiddefekt > 25 % und unterscheiden sich ebenfalls hinsichtlich ihrer Hill-Sachs-Läsion, einmal On-Track-Hill-Sachs-Läsion (Gruppe drei) und Off-Track-Hill-Sachs-Läsion (Gruppe vier). Hierbei wird eine Therapieempfehlung abgegeben, vgl. Tabelle 4.

Tabelle 4: Therapiealgorithmus bipolarer Läsionen der Schulter

Gruppe	Operative Therapie
1	Arthroskopische Bankart-Operation
2	Arthroskopische Bankart-Operation mit Remplissage
3	Glenoidrekonstruktion mittels Knochenblocktransfer
4	Glenoidrekonstruktion mittels Knochenblocktransfer mit Auffüllung der Hill-Sachs-Läsion mittels Knochenblock und/oder Remplissage

Bei Gruppe vier wird zur Auffüllung der Off-Track Hill-Sachs-Läsion entweder eine Refixation der Infraspinatus-Sehne (Remplissage-Operation) oder eine Knochenblocktransplantation empfohlen. Die Remplissage-Operation führt zu einer signifikanten Bewegungseinschränkung der Adduktion, Abduktion und Außenrotation, sodass bei Patienten, welche Überkopf- oder Kontaktsportarten durchführen, eher eine Knochenblocktransplantation empfohlen wird (25).

1.5 Komplikationen bei Knochenblocktransfer-OP

In einer Studie aus dem Jahr 2020 geben Malahias et al. (55) eine Gesamt-Komplikationsrate von 19,9 % für Beckenkammstabilisierungen nach anteriorer Schulterinstabilität an. Für die Bristow-Latarjet-Operation beziffern Griesser et al. (56) in ihrem Paper die Gesamt-Komplikationsrate mit 30 %. Als häufigste Frühkomplikation tritt bei beiden Verfahren ein postoperatives Hämatom auf. Bei beiden OP-Methoden ist die Arthrose die häufigste Spätkomplikation (55, 57). Die folgende Tabelle 5 listet die Komplikationen der einzelnen OP-Verfahren im Detail auf.

Tabelle 5: Übersicht über die einzelnen Komplikationen und deren Wahrscheinlichkeit bei Beckenkammspan- und Korakoid-Transfer

OP-Methode	Beckenkammspantransfer (55, 58, 59)	Korakoid-Transfer (56, 57, 60-62)
Relaxation	bis zu 9 %	bis zu 6,5 %
Neurologische Komplikationen	bis zu 7,8 % (nur Dysästhesien am Beckenkamm)	bis zu 1 % (Dysästhesien/Paresen des N. musculocutaneus/ N. axillaris/ N. suprascapularis)
Postoperatives Hämatom	bis zu 7,7 %	bis zu 5,9 %
Außenrotationsdefizit	bis zu 14°	bis zu 13°
Pseudarthrose	bis zu 2,2 %	bis zu 9,4 %
Graft-Fraktur	bis zu 0,9 %	bis zu 1,5 %
Graft-Osteolyse	bis zu 0,4 %	bis zu 13 %
Sekundärarthrose (de novo/Progress)	bis zu 20 %	bis zu 30 %

1.6 Fragestellung

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit beschreibt die kurz- bis mittelfristigen Ergebnisse nach offener Stabilisierung der anterioren Schulterinstabilität mit Knochenblocktransfer eines Beckenkammspans und Kapselshift. Hierbei liegt das Hauptaugenmerk auf dem klinischen Outcome, der Anzahl an Patienten mit einer Omarthrose sowie auf möglichen Komplikationen wie Nervenläsionen (insbesondere der für die Schulterfunktion wichtigen N. axillaris, musculocutaneus und suprascapularis), postoperativer Muskelatrophie, Dislokationen von eingeführten OP-Materialien wie beispielsweise Schrauben bzw. Unterlegscheiben und insbesondere möglichen postoperativen Relaxationen. Zur Erfassung des klinischen Outcomes fand postoperativ einerseits eine ausführliche klinische Untersuchung der Schulter statt, andererseits wurde anhand von Röntgenaufnahmen nach möglichen Arthrose- und Materialdislokationszeichen gesucht und der Zu-

stand des eingeführten Spans beschrieben. Des Weiteren wurden in Anamnesegesprächen während der körperlichen Nachuntersuchung der aktuell ausgeübte Beruf, das sportliche Aktivitätsniveau und ggf. die ausgeübte Sportart erfragt. Die körperlichen Untersuchungen selbst wurden alle von zwei erfahrenen Ärzten (Chefarzt und Oberärztin der Klinik für Schulterchirurgie am Rhön-Klinikum) durchgeführt. Zudem wurden diverse klinische Erfassungsscores wie der Rowe-Score, der Constant-Score, der Oxford-Score und der Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI)-Score erhoben. Außerdem wurden retrospektiv verschiedene präoperative Daten aus verschiedenen Arztbriefen und vorliegenden radiologischen Datensätzen erhoben. Hierfür wurden einerseits mögliche Begleitpathologien, relevante Komorbiditäten, die Anzahl der Voroperationen, die Anzahl an präoperativen Luxationen und auch allgemeine Daten wie Größe, Gewicht, Geschlecht, Alter bei OP und betroffene Seite erfasst. Anhand von vorliegenden präoperativen 3D-CT-Datensätzen wurde durch verschiedene Messmethoden der glenoidale knöcherne Verlust quantifiziert, die Ergebnisse wurden hinsichtlich einer Übereinstimmung verglichen und es wurde nach signifikanten Unterschieden in den Ergebnissen der Messmethoden gesucht. Außerdem wurden die Lokalisationen der jeweiligen Glenoidverluste beschrieben. Weiterhin wurden Hill-Sachs-Läsionen in den 2D- und 3D-CT-Datensätzen vermessen und auf Basis von CT- und MRT-Aufnahmen nach dem GT-Konzept klassifiziert. Anhand der so erhaltenen Daten wurden nun die Defektgrößen der knöchernen Glenoidläsionen sowie die Ergebnisse der Analyse der Hill-Sachs-Läsionen ins Verhältnis zu dem jeweiligen klinischen Outcome gesetzt und der Frage nach einer möglichen Abhängigkeit zwischen Defektgröße bzw. On-/Off-Track Hill-Sachs-Läsion und klinischem Outcome nachgegangen. Außerdem wurde das klinische Outcome in verschiedenen Subgruppierungen nach Sportausübung, aktuellem Beruf, der Anzahl an präoperativen Luxationen und dem Voroperationsstatus betrachtet. Zuletzt wurde nach Unterschieden im klinischen Outcome bei Patienten und Patientinnen mit Arthrose, einer Hyperlaxität oder mit subkritischen Glenoidverlust gesucht.

Final wird das Ergebnis der Arbeit noch im Spiegel der Literatur hinsichtlich des klinischen Ergebnisses und der Komplikationsrate vergleichend zu anderen OP-Methoden betrachtet. Hier ist vor allem der direkte Literaturvergleich mit anderen offenen OP-Methoden wie bspw. der Bristow-Latarjet-Operation von Interesse. Auch ein direkter Vergleich zu arthroskopischen OP-Verfahren soll gezogen werden. Außerdem wird das Ergebnis der durchgeführten Studie mit anderen Studien verglichen, in denen ebenfalls mit einer Beckenkammspanplastik am Glenoiddefekt gearbeitet wurde.

2 Material und Methoden

2.1 Ethikvotum

Für diese Dissertationsarbeit liegt ein positives Ethikvotum der Ethik-Kommission der Universität Würzburg vor, welches unter dem Aktenzeichen 20220420 01 geführt wird.

2.2 Patientenkollektiv

Zwischen Januar 2012 und November 2015 wurden 49 Patientinnen und Patienten in der Klinik für Schulterchirurgie des Rhön-Klinikums Bad Neustadt aufgrund einer traumatischen anterioren bzw. anterior-inferioren Schulterluxation mittels offener Glenoidrekonstruktion mit einer autologen Beckenkammspanplastik und Kapselshift operiert. Als absolute OP-Indikation galt ein knöcherner Glenoidverlust von $> 20\%$. Eine relative OP-Indikation war ein knöcherner Glenoidverlust von mehr als 10% . Hier lagen i. d. R. weitere sekundäre Faktoren vor, die zur Auswahl dieser OP-Technik geführt haben, z. B. wenn Betroffene bereits arthroskopisch voroperiert wurden, eine große Hill-Sachs-Läsion vorlag, eine höhere berufliche Belastung oder wenn Bindegewebskollagenosen wie bspw. ein Ehlers-Danlos-Syndrom vorlagen. Eine weitere relative OP-Indikation war, wenn der Patient oder die Patientin sportlich aktiv war.

Insgesamt 27 Patienten und Patientinnen ($65,9\%$) konnten in dieser Studie erfasst werden. Diese hatten ein Follow-up von mindestens 12 Monaten. Sechszwanzig Patientinnen und Patienten wurden sowohl klinisch als auch anhand von Fragebögen nachuntersucht. Ein Patient war aufgrund enger beruflicher Einbindung lediglich dazu bereit, die ausgefüllten Fragebögen auf postalischem Weg der Klinik zukommen zu lassen und ein kurzes telefonisches Anamnesegegespräch durchzuführen. Elf Patienten und Patientinnen hatten ein Follow-up im Zeitraum zwischen ein und zwei Jahren. Diese Patientinnen und Patienten wurden im Nachgang erneut telefonisch kontaktiert und nach einer möglichen Relaxation gefragt, nachdem ein postoperativer Zeitraum von zwei Jahren vergangen war. Aufgrund absoluter Beschwerdefreiheit haben diese Patienten und Patientinnen trotz der Empfehlung im Rahmen der postoperativen Qualitätskontrolle keinen Bedarf an einer erneuten klinischen Untersuchung gesehen.

Vierzehn Patientinnen und Patienten wollten aus verschiedenen Gründen nicht zur routinemäßig durchgeführten Nachuntersuchung erscheinen. Sieben Patienten und Patientinnen kamen zu einer postoperativen Nachuntersuchung nach sechs Monaten, wurden

dann allerdings nicht mehr vorstellig. In diesen Fällen konnte trotz proaktiver Kontaktaufnahme sowohl telefonisch als auch postalisch kein Kontakt zu den Patientinnen und Patienten hergestellt werden. Vier Patienten erschienen ebenfalls nur zur ersten postoperativen Kontrolluntersuchung nach sechs Monaten, konnten allerdings telefonisch erreicht werden. Aufgrund beschwerdefreier Schulterfunktion, sahen sie keinen Bedarf, den Weg in die Klinik auf sich zunehmen. Weitere drei Patienten, die ebenfalls lediglich zur ersten postoperativen Nachuntersuchung nach sechs Monaten erschienen waren, waren inzwischen ins weiter entfernte Inland oder ins Ausland verzogen und konnten daher nicht an weiteren Nachuntersuchungen teilnehmen. Die Abbildung 2 zeigt die Einschlusskriterien dieser Studie in Form eines Fließdiagramm. Allgemeine Charakteristika der Studienpopulation sind in Tabelle 6 aufgelistet.

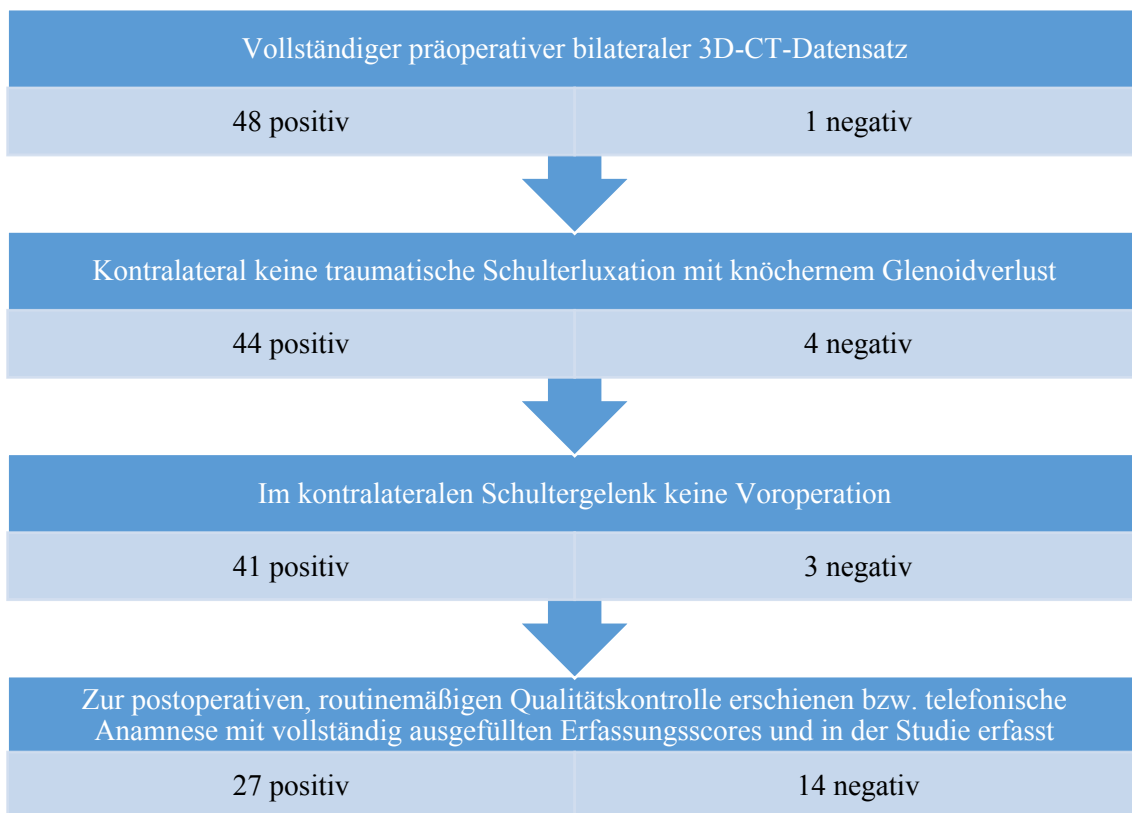


Abbildung 2: Fließdiagramm mit Einschlusskriterien der Studienpopulation

Tabelle 6: Allgemeine Charakteristika der Studienpopulation

Geschlecht der Studienteilnehmer	25 männlich (92,6 %)	2 weiblich (7,4 %)
Altersspanne	19 Jahre (jüngster Teilnehmer)	35 Jahre (ältester Teilnehmer)
Durchschnittsalter	25 Jahre	
Follow-up-Spanne	12 Monate (kürzestes Follow-up)	51 Monate (längstes Follow-up)
Mittleres Follow-up	27,11 Monate	
Betroffene Seite	14 linke Schulter (51,85 %)	13 rechte Schulter (48,15 %)

2.2.1 Voroperationen

Von den 27 Studienteilnehmern und Studienteilnehmerinnen waren mehr als die Hälfte der Patienten (n = 14, 51,9 %) voroperiert. Hiervon wurden elf Patienten und Patientinnen (40,7 %) in anderen Kliniken voroperiert und drei Patienten (11,1 %) in domo, vgl. Abbildung 3.

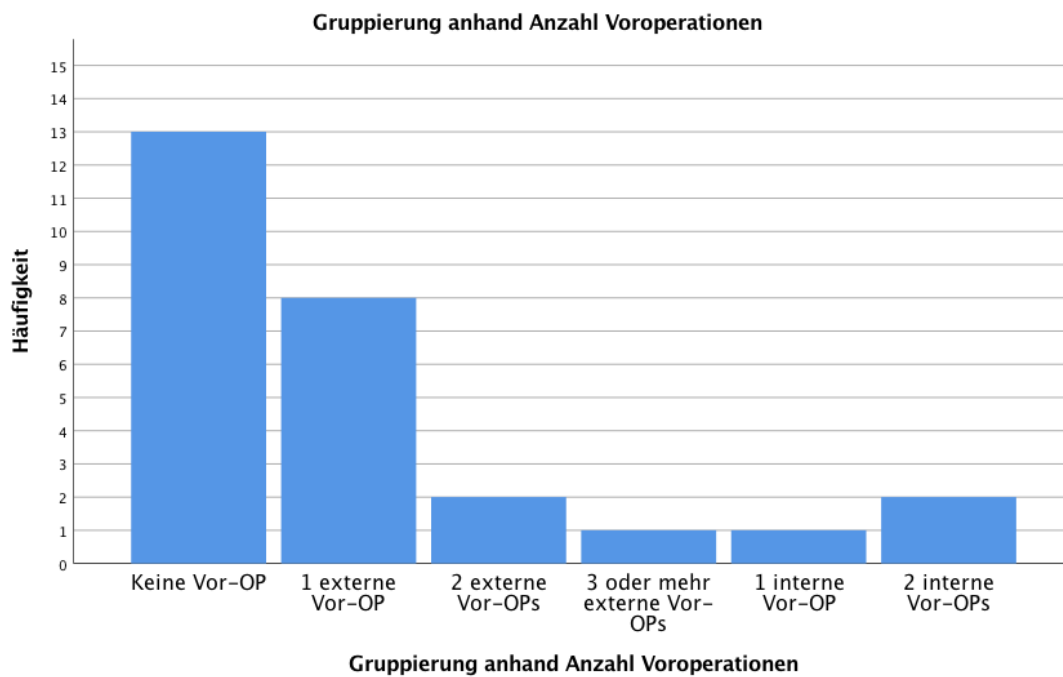


Abbildung 3: Balkendiagramm mit Aufteilung anhand der Anzahl von Voroperationen

2.2.2 Beruf und Sportlevel

Von besonderer klinischer Relevanz ist die Frage, inwiefern die ausgeführte Operation die Patienten und die Patientinnen in ihrem Alltag beeinträchtigt. Deshalb wurden in der postoperativen Kontrolle der Beruf und die sportliche Aktivität bzw. die Art des ausgeübten Sports festgehalten. Die ausgeführten Berufe wurden in drei Gruppen aufgeteilt, die in Tabelle 7 dargestellt sind.

Tabelle 7: Berufsgruppen der Studienpopulation

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Berufe, die überwiegend sitzend ausgeführt werden ohne körperliche Arbeit	Berufe mit leichter bis moderater körperlicher Arbeit	Berufe mit schwerer körperlicher Arbeit
Berufskraftfahrer*in Finanzanlageberater*in Versicherungsmakler*in Bürofachkraft Programmierer*in Schüler*in Student*in (kein Sportstudium)	Elektriker*in Bautechniker*in Gastronomieservicekraft Hotelservicekraft Streifenpolizist*in Koch und Köchin	Zimmermann*frau Maurer*in Monteur*in Lackierer*in Sportstudent*in

Gruppe eins ist mit 13 Studienteilnehmenden (48,15 %) die größte Berufsgruppe der Studie, in Gruppe zwei sind 9 Studienteilnehmenden (33,33 %) und Gruppe drei hat mit 5 Personen (18,52 %) die wenigsten Studienteilnehmenden, vgl. Abbildung 4.

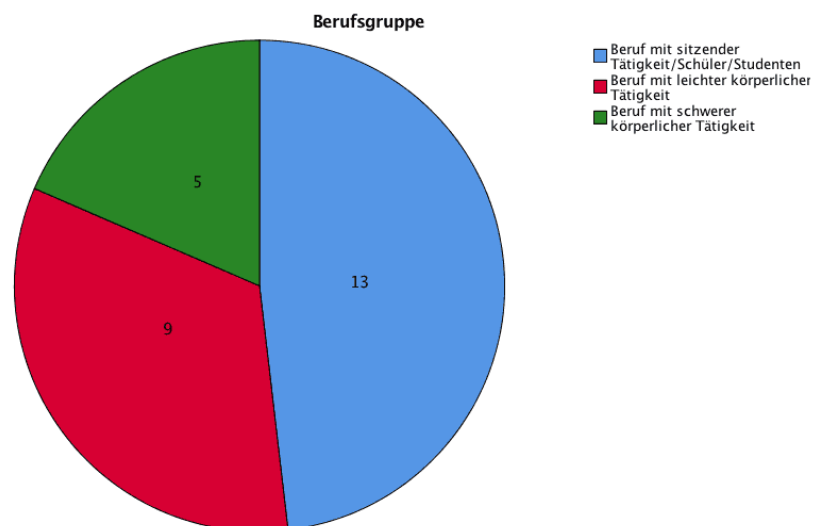


Abbildung 4: Kreisdiagramm mit Aufteilung anhand der einzelnen Berufsgruppen

Ähnlich lässt sich das Niveau der postoperativen sportlichen Aktivität der Patienten und Patientinnen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung anhand der Belastung des Schultergelenkes gruppieren. Es ergeben sich vier Gruppen, die sich nach Ausmaß der Belastung für das GH-Gelenk unterscheiden und in Tabelle 8 aufgelistet sind. Abbildung 5 zeigt wie groß die einzelnen Gruppierungen sind.

Tabelle 8: Sportgruppen innerhalb der Studienpopulation

Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Kein Sport	Sportarten mit keiner bzw. nur geringer Belastung des Schultergelenks	Sportarten mit milder Belastung des Schultergelenks	Sportarten mit schwerer Belastung für das Schultergelenk, Überkopf- und Kontaktsportarten
	Radsport Dart	Schwimmen Fitnessstudio (kein Bodybuilding)	Kampfsport Fußball

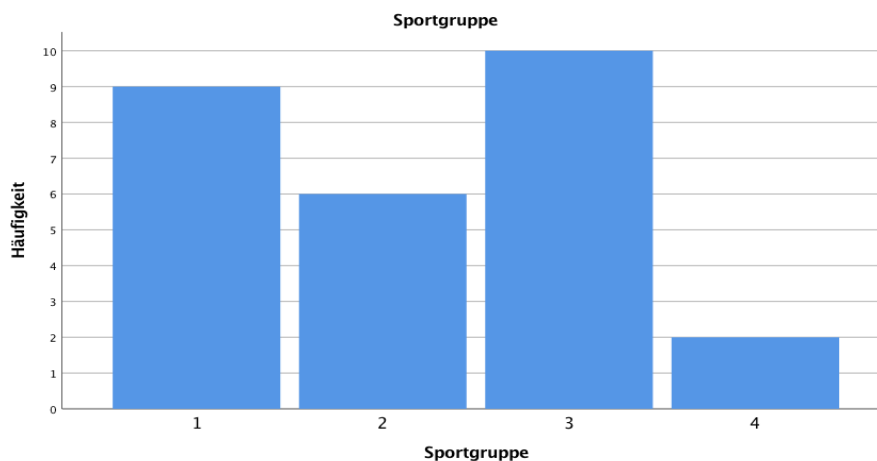


Abbildung 5: Balkendiagramm mit Aufteilung in einzelne Sportgruppen

2.2.3 Hyperlaxizität und Luxationsstatus

Elf Studienteilnehmende (40,74 %) hatten eine nachgewiesene Hyperlaxizität, vgl. Abbildung 6.

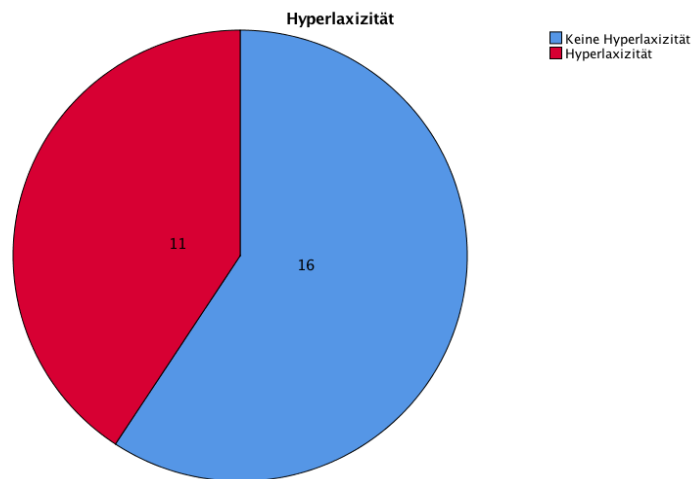


Abbildung 6: Kreisdiagramm mit Aufteilung nach vorhandener/nicht vorhandener Hyperlaxizität

Aufgrund der erheblichen Varianz in der Anzahl an präoperativen Luxationen wurde das Studienkollektiv in drei Gruppen aufgeteilt, vgl. Abbildung 7. Sechs Studienteilnehmende (22,22 %) hatten ihre Schulter seltener als fünfmal luxiert, sieben Studienteilnehmende (25,93 %) zwischen fünf- und zehnmal und 14 Studienteilnehmende (51,85 %) hatten ihre Schulter bereits mehr als zehnmal luxiert.

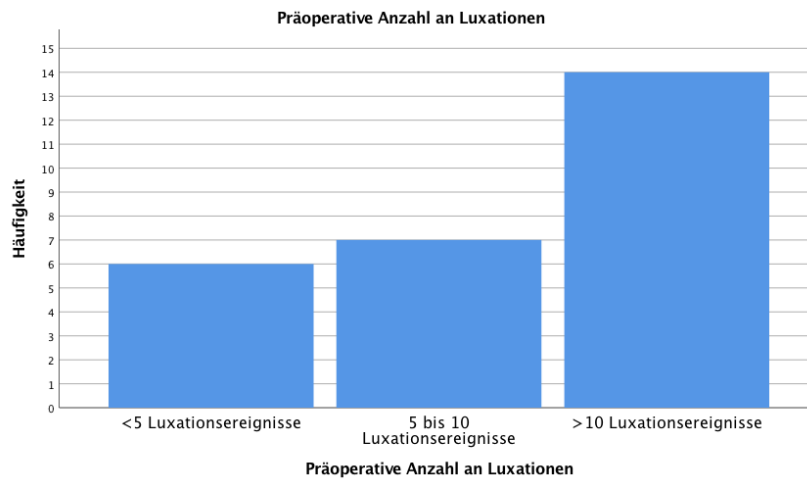


Abbildung 7: Balkendiagramm mit Aufteilung anhand der Anzahl von präoperativen Luxationsereignissen

2.3 Operationsmethode

In allen Fällen wurde die Operation unter Intubationsnarkose und in Beach-Chair-Position durchgeführt. Das Operationsgebiet wurde in üblicher Art und Weise mit sterilen Tüchern abgewischt und abgedeckt. Die Abbildung 8 zeigt ein Foto dieses operativen Set-up. Nun gliederte sich die OP in drei Schritte:

1. Arthroskopische Operation mit Begutachtung der Pathologien und prüfen relevanter anatomischer Strukturen, vgl. Tabelle 9. Im Falle des Vorliegens einer Begleitpathologie (z. B. SLAP -II-Läsion) wurde diese arthroskopisch versorgt.
2. Entnahme des Beckenkammspans an der Crista iliaca.
3. Offene Operation an der Schulter mit Verschraubung des Beckenkammspans, Refixation des Kapsel-Labrum-Komplexes sowie Kapselshift.



Abbildung 8: Beach-Chair-Lagerung im operativen Setup

Im ersten Schritt wurde für die arthroskopische Operation zunächst der dorsale Zugang über eine Stichinzision mit dem Wechselstab gelegt. Darüber wurde die Arthrosko-

piehülse und eine Optik vorgeschoben und mittels Ringerlösung gespült. Bevor therapeutische Schritte eingeleitet wurden, mussten zunächst die in Tabelle 9 bezeichneten Strukturen auf Pathologien untersucht werden.

Tabelle 9: *Untersuchte Strukturen bei der primären diagnostischen Arthroskopie*

GH-Gelenk	Subakromialer Raum
▪ Rotatorenmanschette	▪ Impingement-Region
▪ Synovialmembran	▪ Muskelansätze am Tub. majus
▪ Gelenkkapsel mit Ligamenten und Rezessi	▪ Bursae subacromialis/ subdeltoideae
▪ Knorpelflächen an Humerus/Glenoid	▪ Lig. coracoacromiale
▪ Bizepssehne	▪ Acromioclavikular (AC)-Gelenk
▪ Labrum Glenoidale	▪ Muskelansatz des M. subscapularis

Falls Begleitpathologien auffielen, die einer arthroskopischen Operation zugänglich waren (z. B. SLAP-II-Läsion), wurde zusätzlich ein anterior-superiorer oder anterior-inferiorer Zugang gelegt werden. Dieser Zugang wurde vor allem für das Einbringen von Operationsinstrumenten genutzt. Im Falle einer SLAP-II-Läsion wurde entweder ein SLAP-Repair (bei jüngeren Patienten, < 35 Jahre) oder eine Tenodesse durchgeführt. Das Tuberculum supraglenoidale wurde zunächst mit einem Shaver angefrischt. Im nächsten Schritt wurde darin ein Bio-Suture Tak® Fadenanker (3 × 14,5 mm) eingebracht und der Bizepsanker mit Hilfe dieses Fadenankers stabilisiert. Abschließend wurde die Stabilität mit einem Tasthaken überprüft. In insgesamt elf Fällen (40,7 %) wurde eine arthroskopische SLAP-Repair durchgeführt.

Im zweiten Schritt wurde der Beckenkammspan entnommen. Hierfür wurde ein ca. 6 cm langer Hautschnitt über der Crista iliaca rechts oder links gesetzt. Nun wurde Weichteilgewebe bis auf den Knochen freipräpariert, vgl. Abbildung 9. Nach Abschieben des Periosts wurde nun ein Carter-Rowe-Haken nach medial eingeführt. Dann wurde ein bikortikaler Beckenkammspan auf einer Breite von ca. 2,5 cm unter Belassen der lateralen Corticalis entnommen. Hierfür erfolgte zunächst das Markieren der Sägeschnitte mit dem Elektrokauter und das Anlegen des Meißels, um die Schnittkanten für die oszillierende Säge vorzubereiten. Nun wurden vorsichtig die Sägeschnitte durchgeführt, sodass der Beckenkammspan entnommen werden konnte. In die Defektstelle wurde nun ein

selbstaflösender Gelita-Spon®-Standardschwamm zur Blutstillung der Spongiosa eingefügt. Anschließend wurden die Muskulatur und das Periost readaptiert und eine Redondrainage eingesetzt. Die Wunde konnte nun Schicht für Schicht vernäht werden, bevor der Hautdefekt mit einer fortlaufenden Intrakutannaht verschlossen wurde. Zur Schmerzprophylaxe wurde Procain im Wundgebiet appliziert.

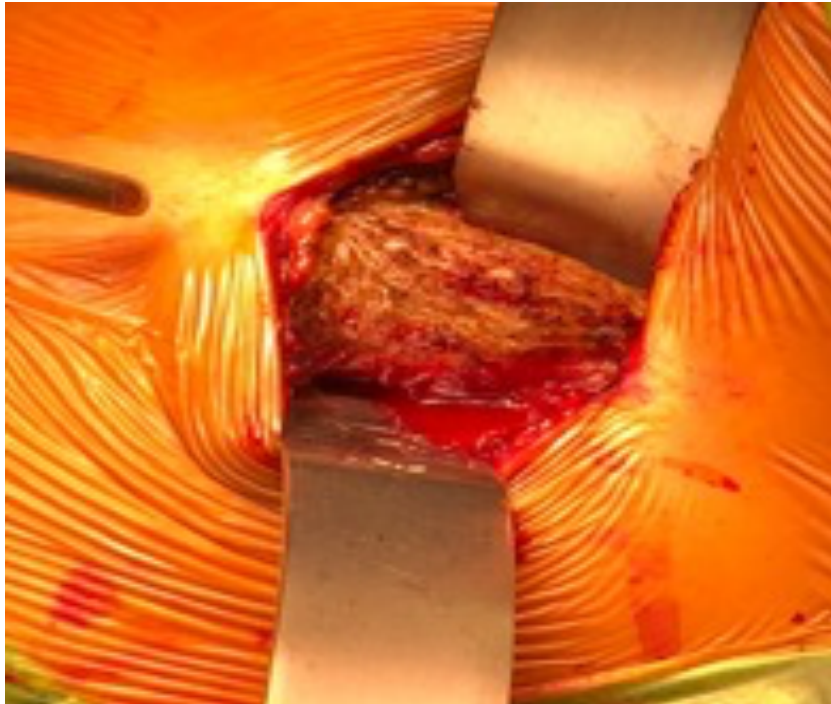


Abbildung 9: Freipräparierte Crista iliaca vor der Span-Entnahme

Der entnommene Beckenkammspan wurde zurecht präpariert und ein bikortikaler Span geformt, vgl. Abbildung 10.

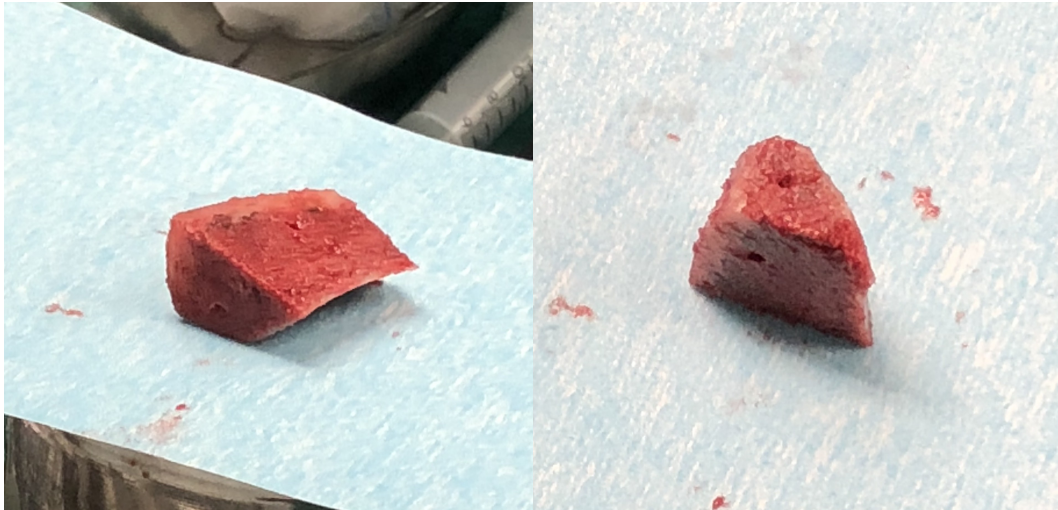


Abbildung 10: Bikortikaler Beckenkammspan nach der Präparierung

Bevor der Span an der glenoidalen Defektstelle eingesetzt werden konnte, musste die entsprechende Stelle in der Schulterregion freipräpariert werden. Es wurde ein ca. 5-6 cm langer Hautschnitt in der mittleren Axillarlinie gesetzt und das deltopectorale Intervall aufgesucht. Die erste anatomische Leitstruktur, die hierfür freigelegt werden musste, ist die Vena (V.) cephalica und ist in Abbildung 11 dargestellt. Anschließend mussten die Conjoint-Tendons, bestehend aus der Sehne des kurzen Bizepskopfes und des M. coracobrachialis, freigelegt werden. Der M. subscapularis konnte nun dargestellt und mit einem Faden angeschlungen werden. Bevor der M. subscapularis nun vorsichtig ohne Beschädigung der Gelenkkapsel von seinem Ansatz abgelöst werden konnte, mussten die Arteria (A.) circumflexae humeri ant./post. dargestellt werden, um sie nicht zu beschädigen. Sofern diese Gefäße eindeutig identifiziert werden konnten, konnte der M. subscapularis in seinem kranialen Zweidrittel oberhalb der A. circumflexa humeri anterior inzidiert und vorsichtig von der Gelenkkapsel abgelöst werden.

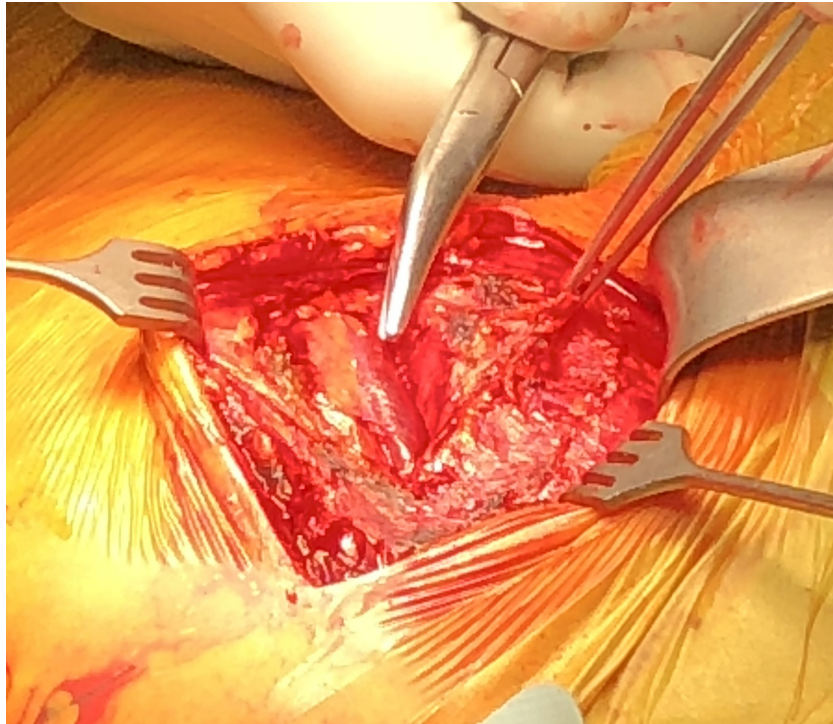


Abbildung 11: Darstellung der V. cephalica als wichtige anatomische Leitstruktur

Anschließend wurde manuell in den Gelenkspalt des GH-Gelenks vorgetastet bis zum Glenoid. Zur Eröffnung der Gelenkkapsel wurde ein T-förmiger Schnitt in der Kapsel gesetzt und Fäden an den Schnittändern für die spätere Kapselraffung platziert. Nun wurde ein Fukuda-Humeruskopfretractor in den Gelenkspalt eingeführt und der Humeruskopf nach lateral verlagert. Markierungsfäden wurden im Labrum glenoidale superior (sup.) und inferior (inf.) gesetzt und anschließend das Labrum glenoidale vom vorderen oberen wie unteren knöchernen Glenoid abgelöst, vgl. Abbildung 12.

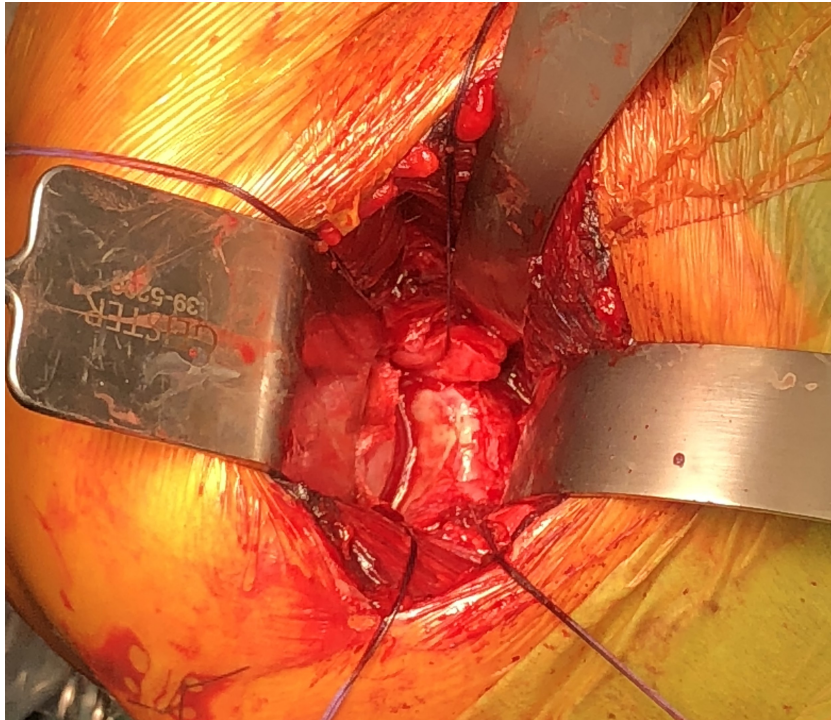


Abbildung 12: Abgelöstes Labrum glenoidale sup. und inf. mit Markierungsfäden

Der Glenoiddefekt wurde mit einer Hochfrequenzfräse angefrischt und der vorbereitete bikortikale Knochenspan in den Glenoiddefekt eingesetzt. Der eingesetzte Span musste vorübergehend mit einem Kirschner-Draht am Glenoid befestigt werden. Neben der kurzfristigen Fixierung des Spans am Glenoid diente der Kirschner-Draht vor allem dazu, die benötigte Schraubenlänge zur endgültigen Befestigung des Spans am Glenoid abzuschätzen, und als Führung beim Einsetzen der Schrauben. Durch dieses Prozedere wurde der Beckenkammspan mit mindestens zwei im Knochen versenkten Titanschrauben mit einem Durchmesser von 3,5 mm am Glenoid fixiert. Die zunächst eingesetzten Kirschner-Drähte konnten nun entfernt werden. Bei ausgedehnter Läsion der langen Bizepssehne wurde eine offen-chirurgische LBS-Tenodese durchgeführt. Hierbei wurde der Ursprung am Tuberculum supraglenoidale abgelöst und die Sehne weiter distal im proximalen Sulcus intertubercularis mit einem Arthrex-Corkscrew®-Anker (3,5 mm) fixiert. Nun wurde der Sehnenstumpf im Rotatorenintervall mit Vicrylnähten vernäht.

Ein wichtiger Bestandteil der OP-Methode ist die Kapselraffung. Hierfür wurde jeweils ein Fadenanker (Y-Knot® Flex, 1,8 mm) im oberen und im unteren Glenoid platziert. Diese Fadenanker wurden nun jeweils mit beiden Markierungsfäden, welche im oberen und unteren Labrum glenoidale gesetzt worden waren, verbunden und anschließend die

T-förmige Inzision der Kapsel verschlossen, vgl. Abbildung 13. Durch diese überlappende Nahttechnik konnte eine Kapselraffung der posttraumatisch dilatierten Gelenkkapsel erzielt werden.

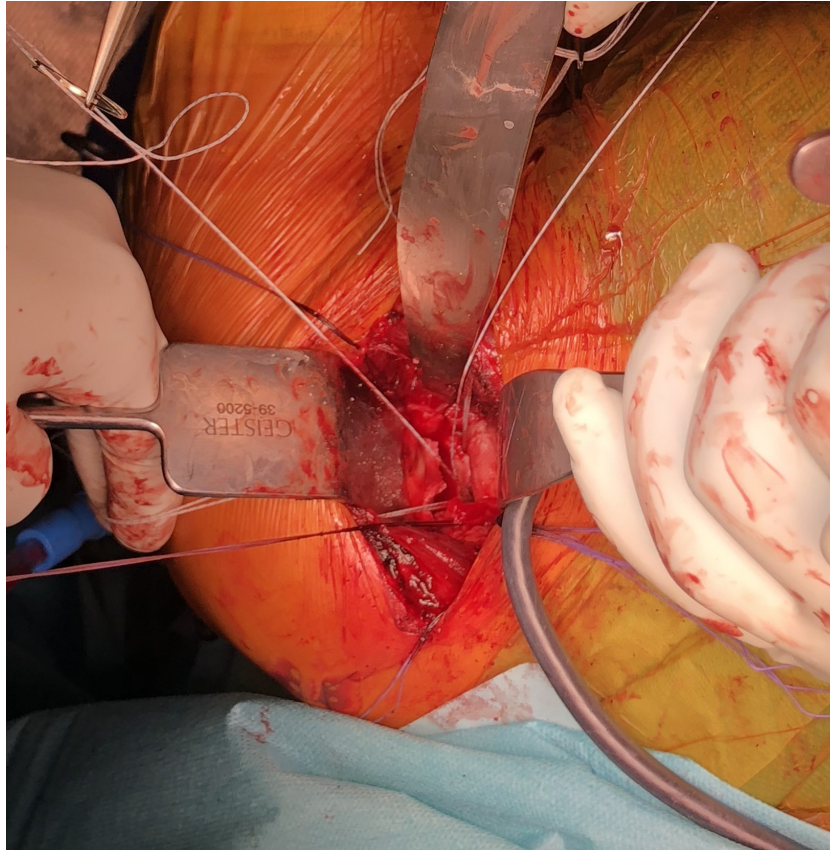


Abbildung 13: Kapselraffung mit Fadenanker Y-Knot® Flex (1,8 mm)

Nun wurde der muskulotendinöse Übergang des M. subscapularis mit mehreren Ethicon® Vicryl™ Plus und zwei Ethicon® Ethibond Excel am Tuberculum minus humeri refixiert. Das OP-Gebiet wurde gespült und eine Wunddrainage eingeführt. Die anfangs gesetzten Inzisionen wurden schichtweise verschlossen und zusätzlich mit Steri-Stripes™ über der intracutanen Hautnaht gesichert.

2.4 Postoperative Stabilisierung und Verlaufskontrollen

Nach Entlassung des Patienten bzw. der Patientin erfolgte eine ambulante Rehabilitation. In den ersten 4 Wochen war lediglich passive Mobilisierung im Schultergelenk erlaubt. Nach 4 Wochen lag der Fokus dann auf der aktiven Mobilisierung. Waren 8 bis 10 Wochen nach Entlassung vergangen, wurde mit dem Kraftaufbau begonnen. Ziel war

es, dass der Patient bzw. die Patientin nach ca. 16 Wochen wieder sein prätraumatisches Kraft- und Beweglichkeitsniveau erreicht hatte und beispielsweise wieder mit Kontakt- und Überkopfsportarten beginnen konnte. Im Rahmen der postoperativen Qualitätskontrolle erfolgte die Erhebung mehrerer Fragebögen sowie die routinemäßige klinische und röntgenologische Untersuchung. Den Patienten und Patientinnen wurde empfohlen, im ersten Jahr nach der Operation zweimal (nach 6 und nach 12 Monaten) und in den darauffolgenden drei Jahren einmal jährlich vorstellig zu werden. Im selben Turnus wurde zwecks PROM (Patient Related Outcome Measures) eine Erhebung diverser Fragebögen und Erfassungsscores durchgeführt. Zur Kontrolle der Schraubenlage und des Span-Remodellings gehörte die routinemäßige Empfehlung einer Low-Dose-CT-Untersuchung des operierten Schultergelenks ca. ein Jahr nach der Operation, die jedoch von den wenigsten Patienten und Patientinnen wahrgenommen wurde. Da nicht alle Patienten und Patientinnen zur ambulanten Nachsorge vorstellig wurden, war in diesen Fällen eine telefonische Kontaktaufnahme erforderlich. Sofern lediglich eine telefonische Kontaktaufnahme erfolgt ist, wurde telefonisch ein kurzes Anamnesegespräch durchgeführt und es wurden Erfassungsscores besprochen. Die Datensätze der Patientinnen und Patienten, die persönlich zur routinemäßigen postoperativen Qualitätskontrolle erschienen sind, und die Datensätze der Patientinnen und Patienten, welche zumindest telefonisch erreicht wurden und zu denen Erfassungsscores ausgefüllt werden konnten, wurden unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien in dieser Promotionsarbeit erfasst.

2.5 Erhebung präoperativer Daten

Anhand der Patientenakte wurden retrospektiv folgende Daten erfasst: Körpergröße und -gewicht, Alter bei OP, betroffene Seite, Begleitverletzungen, relevante Komorbiditäten, Anzahl der Luxationen und Anzahl der Voroperationen.

2.5.1 Radiologische Auswertung des präoperativen Glenoiddefekts

Bestandteil dieser Studie war die Analyse von präoperativ aufgenommenen 3D-CT-Datensätzen. Der Schwerpunkt bei der Auswertung der CT-Schnittbilder war die Defektgröße des knöchernen Glenoidverlustes.

Um die knöchernen Bankart-Läsionen zuverlässig quantifizieren zu können, wurden zwei verschiedene Messmethoden nach Chuang und Wambacher in der 3D-CT verwendet. Angelehnt an die Messmethode von Chuang et al. (44) wird dabei zunächst der

größte Längsdurchmesser x des unbeschädigten Glenoids ausgemessen. Dieser Längsdurchmesser x befindet sich zwischen dem höchsten Punkt des Glenoids A1 und dem Punkt B1, der am weitesten hiervon entfernt ist. Der höchste Punkt A1 befindet sich für gewöhnlich posterior der Basis des Proc. coracoideus; B1 befindet sich meistens am unteren Übergang des Glenoids zur Margo lateralis scapulae. Nun wird der Querdurchmesser y an der breitesten Stelle des Glenoids ausgemessen und mit der Kreisfunktion ein Kreis in das Glenoid gelegt, wobei der Schnittpunkt der beiden zuvor gezogenen Linien den Mittelpunkt des Kreises darstellt. Der Querdurchmesser y befindet sich im rechten Winkel zu x . Anschließend wird das verletzte Glenoid vermessen. Zunächst wird der größte Längsdurchmesser des Glenoids p in genau derselben Art und Weise bestimmt, wie auf der unverletzten Seite. Nun wird angenommen, dass das Glenoid auf der verletzten Seite vor dem Luxationsereignis dem unverletzten Glenoid kontralateral in Form und Größe größtenteils entsprochen hat (63). Der ursprüngliche Radius r des Kreissegmentes, das dem Glenoid vor dem Luxationsereignis entsprochen hat, kann nun wie folgt berechnet werden:

$$0,5 \frac{y}{x} = \frac{r}{p}$$

Folglich kann nach r aufgelöst werden:

$$r = \left(0,5 \times \frac{y}{x}\right) \times p$$

Der Mittelpunkt des Kreissegmentes, der im verletzten Glenoid angesetzt wird, befindet sich auf der Linie p und zwar mit der Distanz r vom untersten Punkt von p entfernt. Dieser Punkt wird M genannt. Nun wird im rechten Winkel von Punkt M aus eine Linie w_1 gezogen, welche die Breite des Ist-Zustandes des beschädigten Glenoids markiert.

Will man nun die ursprüngliche Glenoidbreite w_2 errechnen, muss man folgende Gleichung auflösen:

$$w_2 = \frac{y}{x} \times p$$

Der Glenoid-Index ergibt sich nun aus dem Verhältnis der Ist-Breite w_1 des beschädigten Glenoids zur ehemaligen physiol. Breite w_2 des beschädigten Glenoids:

$$\text{Glenoid - Index} = \frac{w_1}{w_2}$$

Der prozentuale Glenoidverlust ergibt sich also wie folgt:

$$1 - \frac{w1}{w2} \times 100 \%$$

Die Abbildung 14 zeigt das Vorgehen bei der Chuang-Methode im Detail.

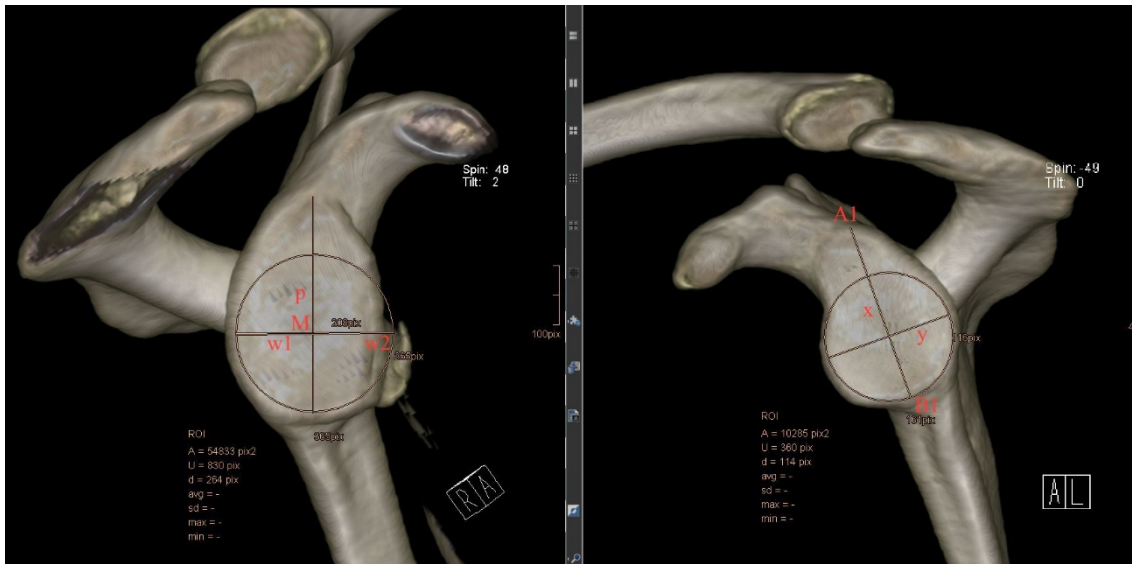


Abbildung 14: Ermittlung der glenoidalen Defektgröße nach Chuang an Patient ID 9

Als zweite Methode wurde ein Verfahren basierend auf der Methode von Wambacher gewählt (45). Wambacher hat als Grundlage für die Messungen axiale 2D-CT-Aufnahmen des Glenoids gewählt. Grundlage der Berechnungen war die 3D-CT. Angelehnt an die Arbeit von Sugaya et al. (63) wird ein Kreis in das unbeschädigte Glenoid gelegt, der den vorhandenen Verhältnissen des Glenoids in Form und Größe am besten entspricht. Dieser Kreis wird nun in denselben Dimensionen so in das beschädigte Glenoid der kontralateralen Seite eingefügt, dass er mit dem Radius r den inferioren, superioren und posterioren Begrenzungen des beschädigten Glenoids am ehesten entspricht. Es ergeben sich zwei Schnittpunkte: erstens der Schnittpunkt A der superioren Abbruchkante der knöchernen Bankart-Läsion mit dem Kreis und zweitens der Schnittpunkt B der inferioren Abbruchkante der knöchernen Bankart-Läsion mit dem Kreis. Nun werden jeweils Linien a und b von den Schnittpunkten A und B zum Mittelpunkt des Kreises C gezogen sowie die Schnittpunkte A und B miteinander verbunden, sodass sich ein Dreieck mit dem Winkel α am Mittelpunkt C ergibt.

Im ersten Schritt muss nun die Kreisfläche D berechnet werden:

$$D = \pi \times r \times r$$

Im zweiten Schritt wird die Fläche E des Kreis D berechnet:

$$E = D \times \frac{\alpha}{360^\circ}$$

Im dritten Schritt wird die Fläche des Dreiecks zwischen A, B und C ermittelt:

$$F = 0,5 \times a \times b \times \sin \alpha$$

Im vierten Schritt wird die reine Defektfläche G ermittelt:

$$G = E - F$$

Im fünften und letzten Schritt wird der prozentuale Anteil der Defektfläche G an der gesamten Kreisfläche D berechnet:

$$\text{Glenoiddefekt in \%} = \frac{G}{D} \times 100 \%$$

Die Abbildung 15 zeigt das Vorgehen der Methodik angelehnt an die Wambacher-Methode im Detail.

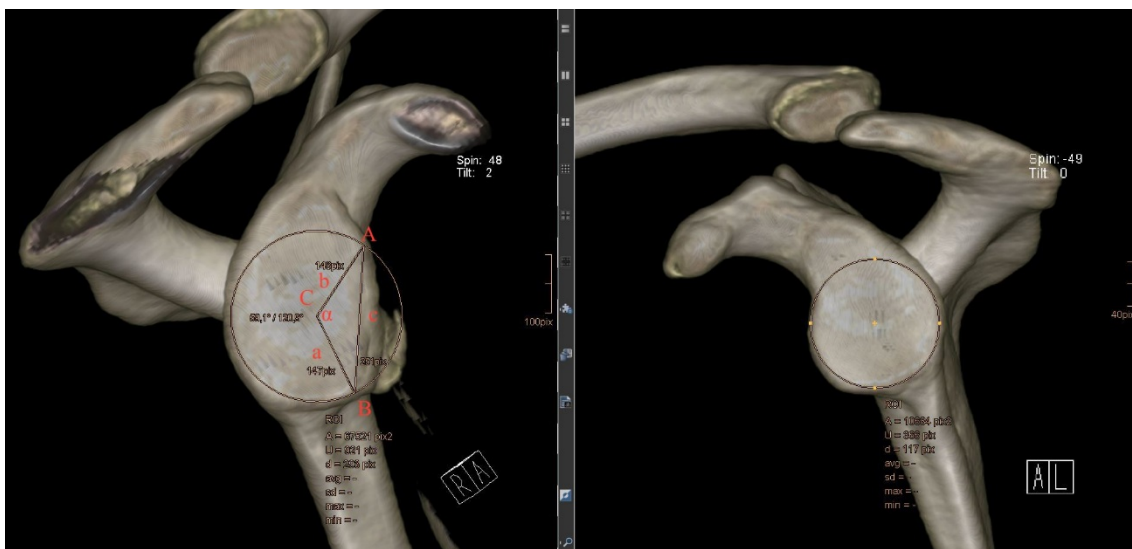


Abbildung 15: Ermittlung der glenoidalen Defektgröße nach Wambacher an Patient ID 9

Um die genaue Lokalisation der knöchernen Glenoidfraktur zu beschreiben, wurde jeder Bankart-Fraktur eine „Uhrzeit“ zugeordnet. Dies wurde aufbauend auf der Methode nach Wambacher durchgeführt (45).

Durch den Winkel α wird die Winkelhalbierende t gezogen. Diese fungiert nun als „Uhrzeiger“, wobei die Längsachse p des Glenoids die Achse zwischen 6 und 12 Uhr darstellt. Um die „Uhrzeit“ nun noch genauer zu erfassen, wird der Winkel zwischen t und p bestimmt. Ein Winkel von 60 Grad entspricht dabei 2 Uhr, 90 Grad entspricht 3 Uhr und 120 Grad 4 Uhr. Diese Uhrzeiten entsprechen Läsionen auf der rechten Seite; Läsionen der linken Seite liegen spiegelverkehrt dazu, können aber logischerweise mit denen der rechten Seite kongruent betrachtet werden.

2.5.2 Radiologische Auswertung einer präoperativen Hill-Sachs-Läsion

Im ersten Schritt wurden die präoperativen Röntgenaufnahmen des Schultergelenks in zwei Ebenen ausgewertet und nach Calandra et al. (26) klassifiziert. Anschließend wurden die 3D-CT-Datensätze ausgewertet. Hier wurde auf Grundlage der Erkenntnisse von Di Giacomo et al. (25) das GT-Konzept angewandt. Zunächst wurde die Breite des intakten Glenoids auf der kontralateralen Seite D bestimmt. Nun wurde die Breite des ipsilateralen Glenoiddefekts d bestimmt. Die Breite des GT ließ sich nun wie folgt ermitteln:

$$\text{Glenoid} - \text{Track} \text{ (mm)} = 0,83 \times D \text{ (mm)} - d \text{ (mm)}$$

Nun musste das Hill-Sachs-Intervall (HSI) ausgemessen werden. Dazu wurde die posteriore Ansicht des Humeruskopfes eingestellt und die Breite der Hill-Sachs-Läsion an ihrer breitesten Stelle ermittelt. Zu diesem Wert musste die Strecke zwischen lateraler Grenze der Hill-Sachs-Läsion und dem medialen Footprint der Rotatorenmanschette am Tuberculum majus humeri addiert werden.

Befand sich die mediale Begrenzung der Hill-Sachs-Läsion innerhalb des GT, handelte es sich um eine On-Track-Läsion, lag sie außerhalb, handelte es sich um eine Off-Track-Läsion.

$$GT > HSI = \text{On} - \text{Track}$$

$$GT < HSI = \text{Off} - \text{Track}$$

Neben dem GT-Konzept wurde eine Vermessung der Hill-Sachs-Läsion durchgeführt. Grundlage der Vermessung war die Arbeit von Ho et al. (64) aus dem Jahr 2018. Zunächst wurden die Tiefe und die Breite der Hill-Sachs-Läsion in den axialen 2D-CT-Bildern in Millimeter ermittelt. Anschließend wurde die Längsausdehnung des Defektes in den 3D-CT-Datensätzen bestimmt. Da keine spezielle Auswertungssoftware zur Verfügung stand, konnte die Längsausdehnung lediglich in Pixeln bestimmt. Daher wurde nun

die Breite der Hill-Sachs-Läsion in Pixeln bestimmt und mit der Breite in mm, die zuvor in den axialen 2D-CT Bildern ermittelt wurde, gleichgesetzt, sodass 1 Pixel in der Maßeinheit Millimeter definiert werden konnte. Die Längsausdehnung in Pixeln konnte so in Millimeter umgerechnet werden.

2.5.3 Radiologische Auswertung des präoperativen SSC-Status

Um die postoperative Funktion des M. subscapularis besser beurteilen zu können, wurden bereits präoperativ bestehende Anzeichen einer SSC-Atrophie und -Verfettung mittels Auswertung von MRT-Aufnahmen eruiert. Dies wurde in einer sagittalen, protonengewichteten bzw. koronaren/transversalen T1-gewichteten Sequenz durchgeführt. Sofern Anzeichen einer Atrophie gefunden wurden, wurde diese angelehnt an eine Methode von Warner et al. (65) beurteilt. Um eine Verfettung des Muskels bewerten zu können, fand eine Auswertung der Bildsequenzen nach Fuchs et al. (66) statt.

2.6 Erhebung von Daten im Rahmen des stationären Krankenhausaufenthalts

Retrospektiv wurden anhand der vorliegenden OP-Berichte und Entlassbriefe folgende Daten gewonnen:

1. Alter bei OP
2. OP-Dauer
3. postoperative stationäre Liegedauer
4. OP-Komplikationen
5. Revisionseingriffe aufgrund möglicher Komplikation

2.7 Erhebung postoperativer Daten

Die postoperative Daten setzen sich aus drei Teilbereichen zusammen. Einerseits wurde im Rahmen der Follow-up-Untersuchung der klinische Zustand des Studienkollektivs in Erfassungsbögen aufgenommen und gleichzeitig eine ausführliche klinische Nachuntersuchung der Schulter durchgeführt, andererseits wurden Röntgenaufnahmen ausgewertet, welche im Zuge jeder postoperativen Nachuntersuchung routinemäßig angefertigt wurden, um die Span- und Schraubenlage zu kontrollieren und Arthrose-Zeichen im Verlauf zu beobachten.

2.8 Erfassungsscores

Zur Erhebung der PROM wurden verschiedene Scores erhoben: Rowe-Score, Constant-Score, Oxford-Shoulder-Score und WOSI-Score.

2.8.1 Rowe-Score

Der Rowe-Score von 1982 besteht aus drei Items (Schmerz, Beweglichkeit, Funktion) (67). Bei einer erreichbaren Maximalpunktzahl von 100 Punkten werden 40 % durch objektive und 60 % durch subjektive Parameter beschrieben. Je höher der erreichte Rowe-Score ausfällt, umso geringer ist das Ausmaß der Instabilität. Unter dem Item Beweglichkeit werden maximal 40 Punkte vergeben, bei den Items Schmerz und Funktion jeweils 30 Punkte. Erzielt ein Studienteilnehmender 90 – 100 Punkte, handelt es sich um ein exzellentes Ergebnis. 70 – 90 Punkte gelten als gutes, 50 – 70 als ausreichendes und eine Punktzahl < 50 als schlechtes Ergebnis. Es wird keine Unterscheidung zwischen Reluxationen, Subluxationen oder starker Funktionseinschränkung vorgenommen. Falls es einem Studienteilnehmenden nicht möglich war, zur Nachuntersuchung zu erscheinen, wurde der Selbsteinschätzungsscore nach Jensen et al. (68) verwendet. In diesem Fall konnte der Fragebogen mit Hilfe eines Telefoninterviews ausgefüllt werden. Es kann gezeigt werden, dass es bei der erreichten Maximalpunktzahl keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Rowe-Score von 1982 und dem Selbsteinschätzungsscore nach Jensen gibt. Neben dem Rowe-Score von 1982 gibt es noch Versionen aus den Jahren 1978, 1981 und 1988. Aufgrund der hohen Korrelation des Rowe-Scores von 1982 mit dem Selbsteinschätzungsscore nach Jensen fanden die anderen Rowe-Scores in dieser Untersuchung keine Anwendung.

2.8.2 Constant-Score

Als zweiter Fragebogen wurde der Constant-Score von 1987 verwendet (69). Der Score besteht aus vier Items mit einer Gesamtpunktzahl von 100 Punkten. Schmerz (max. 15 Punkte) und Aktivität (max. 20 Punkte) reflektieren subjektive Parameter; Beweglichkeit (max. 40 Punkte) und Kraft (max. 25 Punkte) spiegeln objektive Parameter wider. Der Parameter Schmerz wird in Form zweier Skalen von 0 (stärkste Schmerzen) bis 15 (keine Schmerzen) abgefragt: einerseits, ob generell Schmerzen bei normalen täglichen Aktivitäten bestehen, andererseits wird das Ausmaß dieser Schmerzen abgefragt. Der Parameter Aktivität setzt sich zusammen aus dem Ausmaß der Einschränkung im Alltag bzw. im Beruf (0 Punkte = starke Einschränkung, 4 Punkte = keine Einschränkung), bei

sportlicher Betätigung (0 Punkte = starke Einschränkung, 4 Punkte = keine Einschränkung), im Schlaf (0 Punkte = starke Einschränkung, 2 Punkte = keine Einschränkung) und der Arbeitshöhe, in welcher der Arm sinnvoll eingesetzt werden kann (Gürtel = 2 Punkte, Xiphoid = 4 Punkte, Hals = 6 Punkte, Scheitel = 8 Punkte, über Kopf = 10 Punkte). Insgesamt bilden diese beiden subjektiven Parameter 35 % des Constant-Score. Zu den objektiven Parametern gehören Beweglichkeit (max. 40 Punkte) und Kraft (max. 25 Punkte). Der Parameter Beweglichkeit setzt sich aus dem maximalen schmerzfrei aktiven Bewegungsausmaß bei der Flexion, Abduktion sowie Außen- und Innenrotation zusammen. Flexion und Abduktion sind in je 6 Gruppen aufgeteilt und dementsprechend werden Punkte vergeben (geringstes Bewegungsausmaß = 0 Punkte, höchstes Bewegungsausmaß = 10 Punkte), vgl. Tabelle 10. Bei der Außen- und Innenrotation sind je fünf Bewegungsvorgaben angegeben, welche bei erfolgreicher Ausführung jeweils zwei Punkte ergeben, vgl. Tabelle 11. Je nach Ausführbarkeit der einzelnen Bewegungsanforderungen können bis zu 10 Punkte in Summation erreicht werden. Sofern keine der Außen- bzw. Innenrotationsbewegungen durchgeführt werden kann, ergibt sich eine Punktzahl von 0 (70, 71).

Tabelle 10: Flexion und Abduktion im Constant-Score

	0 Punkte	2 Punkte	4 Punkte	6 Punkte	8 Punkte	10 Punkte
Flexion	0–30°	31–60°	61–90°	91–120°	121–150°	> 150°
Abduktion	0–30°	31–60°	61–90°	91–120°	121–150°	> 150°

Tabelle 11: Außen- und Innenrotation im Constant-Score

	2 Punkte	2 Punkte	2 Punkte	2 Punkte	2 Punkte
Außenrotation	Hand hinter den Kopf, Ellenbogen vorne	Hand hinter den Kopf, Ellenbogen nach hinten	Hand auf den Kopf, Ellenbogen vorne	Hand auf den Kopf, Ellenbogen nach hinten	Volle Elevation vom Kopf aus
Innenrotation	Handrücken auf die Glutealregion	Handrücken auf das Sacrum	Handrücken auf LWK 3	Handrücken auf BWK 12	Handrücken auf BWK 7 –8

Als letzter Parameter wird die Kraft bestimmt, in dieser Studie mit Hilfe eines Kräfte-messgeräts der Firma Jamar®. Bezüglich der Kraft-Bemessung gibt es teilweise kontro-verse Diskussionen über die methodische Durchführung. Während einige Autoren und Autorinnen die Kraftbestimmung am Deltaansatz empfehlen, favorisieren andere die Be-stimmung am Handgelenk (72-74).

In dieser Studie wurde Kraft am Handgelenk bestimmt, bei einer Abduktion von 90° in der Scapulaebene. Falls die maximale Abduktion < 90° lag, wurde die Kraft mit 0 bewert-et. Die Bestimmung erfolgte im Sitzen. Pro gehobenem Pfund wurde 1 Punkt vergeben, sodass man bei einer Hebekraft von 12,5 kg und mehr 25 Punkte erreichen konnte. Die ermittelten Score-Werte werden in Bezug zu den alters- und geschlechtsadaptierten Normwerten des Constant-Score nach Katolik et al. (75) gesetzt und so nach Böhm (76) in 5 Gruppen bewertet, vgl. die Tabellen 12 und 13.

Tabelle 12: Alters- und geschlechtsadaptierte Normwerte des Constant-Score nach Katolik et al. (75)

Altersgruppe	Constant-Score Normwert für Männer	Constant-Score Normwert für Frauen
18 – 29	95	88
30 – 39	95	87
40 – 49	96	86
50 – 59	94	84
60 – 69	92	83
> 70	88	81

Tabelle 13: Bewertung des Constant-Score nach Böhm (76)

Bewertung	Constant-Score (%)
exzellent	91 – 100
gut	81 – 90
befriedigend	71 – 80
ausreichend	61 – 70
schlecht	< 61

2.8.3 Oxford-Shoulder-Score

Der Oxford-Shoulder-Score besteht aus zwölf Items, welche die Abhängigkeit verschiedener Alltagsaktivitäten wie Schlaf, Sexualeben und Hobbys von dem Ausmaß der Schulterinstabilität beschreiben. Das Schmerzniveau steht nicht im Vordergrund (77). Alle zwölf Items spiegeln subjektive Parameter wider, welche die Anwesenheit bei einer Nachuntersuchung nicht zwingend notwendig machen. Je Item bestehen fünf Antwortmöglichkeiten, wobei zwischen 1 (bester Wert) und 5 (schlechtester Wert) Punkten vergeben werden. Erreicht ein Studienteilnehmer 12 – 24 Punkte, so gilt dies als sehr

gutes Ergebnis; 25 – 36 Punkte werden als gutes Ergebnis gewertet, 37 – 48 Punkte als mäßiges Ergebnis, und ein Wert zwischen 49 und 60 Punkten wird als schlechtes Ergebnis bewertet.

2.8.4 WOSI-Score

Die deutsche Version des Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI) wurde im Jahr 2010 von Hofstaetter et al. (78) basierend auf der englischen Version von Kirkley et al. (79) entwickelt. Diese betonten in beiden Fällen, dass die 21 Items des WOSI-Index vor allem die Lebensqualität der vergangenen Woche bei Personen mit Historie einer Schulterinstabilität reflektieren. Insgesamt gruppieren sich die 21 Items in vier Teile. Alle Items sind in Form von horizontalen Skalen dargestellt. Auf diesen Skalen wird der Studienteilnehmende gebeten, ein Kreuz auf dem Punkt der Skala zu setzen, der seine subjektive Wahrnehmung am ehesten widerspiegelt. Teil eins erfragt körperliche Beschwerden und besteht aus 10 Items. Teil zwei zielt mit 4 Items auf die Auswirkung der Schulterfunktion auf Sport, Freizeit und Arbeit ab. Teil drei, ebenfalls bestehend aus 4 Items, bewertet die Einschränkung alltäglicher Aktivitäten und Bedürfnisse. Teil vier erfragte mit 3 Items Emotionen und Gefühle, welche sich aufgrund der Schulterinstabilität innerhalb der vorangegangenen Woche ergeben hatten. Jedes Item wird mit maximal 100 Punkten bewertet, wenn eine extrem negative subjektive Wahrnehmung besteht. Das bestmögliche Ergebnis sind 0 Punkte, was aussagt, dass die Schulterinstabilität in der vorangegangenen Woche überhaupt keine Einschränkung der Lebensqualität zur Folge gehabt hat. Das schlechteste mögliche Ergebnis sind 2100 Punkte. Falls das Kreuz weder am linken noch am rechten Ende der horizontalen Skala gesetzt ist, wird die Strecke vom linken Ende der Skala bis zum Kreuz ausgemessen und durch die Gesamtlänge der Skala dividiert. Anschließend wird dieser Quotient mit 100 multipliziert, um die zutreffende Punktzahl zu erhalten.

2.9 Klinische Nachuntersuchung

Sämtliche klinischen Nachuntersuchungen fanden entsprechend den Empfehlungen der „Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e. V.“ statt (80). Sie wurden entweder vom Chefarzt oder von einer Oberärztin der Klinik für Schulterchirurgie am Rhön-Klinikum im Rahmen der routinemäßigen Nachuntersuchung durchgeführt. Zu Beginn der klinischen Nachuntersuchung fand eine Beweglichkeitsprüfung nach der Neutral-Null-Methode statt, welche in Tabelle 14 näher definiert wird.

Tabelle 14: *physiol. Bewegungsausmaß nach Ryf und Weymann (81)*

Bewegungstyp	Physiol. Bewegungsausmaß in Grad
Abduktion / Adduktion	170 – 0 – 40
Flexion / Extension	170 – 0 – 40
Außenrotation / Innenrotation	60 – 0 – 90

Es wurde das aktive Bewegungsausmaß berücksichtigt, jede Bewegung dreimal ausgeführt und dabei das beste Ergebnis dokumentiert. Zur genaueren Erfassung des Bewegungsausmaßes wurde ein Goniometer verwendet. Es wurde zunächst die gesunde Seite und danach die betroffene Seite untersucht. Anschließend wurden der Schürzengriff und der Nackengriff auf beiden Seiten durchgeführt. Beide Griffe sind ein Indikator für die globale Schultergelenksbeweglichkeit (82). Als pathologischer Schürzengriff wird hierbei gewertet, wenn der Domfortsatz von LW 5 nicht erreicht werden kann. Der Nackengriff ist dann pathologisch, wenn die Hand bei nach vorne gerichtetem Ellenbogen lediglich auf den Scheitel oder in den Nacken gelegt wird.

Im nächsten Schritt wurden Druckpunkte am Schultergelenk getastet. Als Druckpunkte dienen der Sulcus intertubercularis, das Tuberculum majus und minus, der Proc. coracoideus und das AC-Gelenk. Wurden Schmerzen bei Druckausübung geäußert, galt der Test als pathologisch. Um Pathologien des AC-Gelenks festhalten zu können, wurde der Cross-over-Test durchgeführt. Als erster isometrischer Muskeltest wurde der 0-Grad-Abduktionstest durchgeführt. Dieser Test wird auch als Starter-Test bezeichnet, da er den Beginn der Abduktionsbewegung abbildet (82). Schwäche sowie Schmerzen gelten hierbei als pathologisch und deuten auf ein Defizit im M. supraspinatus bzw. im M. deltoideus hin. Als zusätzlicher Test, der den M. supraspinatus isoliert untersucht, wurde der Jobe-Test durchgeführt. Um muskuläre Defizite des M. infraspinatus bzw. des M. teres minor diagnostizieren zu können, wurde der Außenrotationsstresstest bei 0-Grad-Abduktion durchgeführt.

Als Viertes wurde der Bellypress-Test durchgeführt. Ein pathologischer Bellypress-Test gilt als Hinweis auf ein muskuläres Defizit des M. subscapularis. Als zweiter Test für den M. subscapularis wurde der Lift-off-Test durchgeführt. Alle isometrischen Muskeltests wurden jeweils im Seitenvergleich getätigt. Um Pathologien der Bizepssehne diagnostizieren zu können, wurden einerseits der Palm-up-Test und andererseits der Yergasson-

Test durchgeführt. Um zu testen, ob eine anteriore Instabilität der Schulter besteht, wurde der vordere Apprehension-Test durchgeführt. Geprüft wird dabei in der Position des Armes von 90 Grad Abduktion und 90° Flexion im Ellenbogengelenk während einer geführten, maximalen Außenrotation; diese Gelenkstellung imitiert also eine Wurfposition. Nun hält der Untersucher oder die Untersucherin mit einer Hand den Unterarm fest und übt mit dem Daumen der anderen Hand Druck auf den Humeruskopf aus. Verspürt der Patient bzw. die Patientin in dieser Position ein Instabilitätsgefühl, welches sich durch den Druck erhöht (manchmal lässt sich auch indirekt mittels Zeige- und Ringfinger eine unwillkürliche Anspannung des M. pectoralis major tasten) gilt der Test als positiv. Wurden lediglich Schmerzen ohne Instabilitätsgefühl geäußert, wurde der Test als negativ gewertet. Neben der lokalen Hyperlaxizität wurden die Patienten und die Patientinnen ebenfalls auf Anzeichen einer allgemeinen Hyperlaxizität untersucht. Um eine Hyperlaxizität der inferioren Schultergelenkscapsel feststellen zu können, wurde der Hyperabduktionstest nach Gagey durchgeführt. Um eine allgemeine Hyperlaxizität diagnostizieren zu können, wurde der Beighton-Score angewandt (83). Es wurde jeweils der Ausprägungsgrad von fünf verschiedenen aktiven bzw. passiven Bewegungen verschiedener Gelenke des Körpers festgehalten. Tabelle 15 zeigt die durchgeführten Bewegungen. Liegt der Score bei 0 – 2 Punkten, gilt der Patient nicht als hypermobil. Erreicht der Patient oder die Patientin 3 – 4 oder 5 – 9 Punkte, liegt eine allgemeine respektive eine starke allgemeine Hypermobilität vor.

Tabelle 15: Beighton-Score (83)

Gelenk	Bewegung
5. Finger links	Dorsalflexion > 90 Grad
5. Finger rechts	Dorsalflexion > 90 Grad
Daumen links	Daumen bis an den Unterarm biegsam
Daumen rechts	Daumen bis an den Unterarm biegsam
Ellenbogen links	Hyperextension > 10 Grad im Ellenbogengelenk
Ellenbogen rechts	Hyperextension > 10 Grad im Ellenbogengelenk
Kniegelenk links	Hyperextension > 10 Grad im Kniegelenk
Kniegelenk rechts	Hyperextension > 10 Grad im Kniegelenk
Hände können flach auf den Boden gelegt werden bei Flexion der Wirbelsäule mit gestreckten Knien	möglich

Um ein subakromiales Schmerzsyndrom erfassen zu können, wurden drei Tests durchgeführt. Einerseits der „Painful Arc“-Test, andererseits der Hawkins- und Neer-Test. Um Pathologien am Labrum glenoidale untersuchen zu können, wurde der O'Brien-Test durchgeführt. So konnten eine SLAP-Läsion und Pathologien der langen Bizepssehne diagnostiziert werden (84).

2.10 Postoperative Bildgebung

Im Rahmen der postoperativen Kontrolluntersuchung wurden im Zuge der Qualitätskontrolle Röntgen-Aufnahmen gemacht, welche anschließend gemeinsam mit der klinischen Nachuntersuchung ausgewertet wurden. Es wurden a. p. und Y-view Aufnahmen angefertigt und untersucht. Diese Aufnahmen wurden mit Röntgenaufnahmen verglichen,

welche postoperativ im Rahmen des stationären Aufenthaltes angefertigt wurden. So konnte beurteilt werden, ob es zu einer Spanresorption des Beckenkammspanns oder zu einer Veränderung der Schraubenposition bzw. zur Dislokation/Lockerung der Unterlegscheiben gekommen war. Von besonderem Interesse war schließlich die Frage, ob eine Arthrose entwickelt war, weshalb nach spezifischen Arthrose-Zeichen gesucht wurde. Sofern Patientinnen und Patienten postoperative Beschwerden äußerten, die im Zusammenhang mit der Schraubenlage oder Spanresorption stehen konnten, wurde ihnen eine erneute CT-Diagnostik empfohlen. Retrospektiv wurde in diesen CT-Aufnahmen das Span-Remodelling bewertet. Sofern postoperative 3D-CT-Aufnahmen vorlagen, wurde der relative Glenoiddurchmesser ermittelt. Dabei wurde das Verhältnis von Längs- und Querdurchmesser auf Basis der Messwerte der kontralateralen Seite im Verlauf kontrolliert. Sofern postoperativ aufgenommene Fremdaufnahmen ausgewertet wurden und nur 2D-CT-Bilder vorlagen, wurde die Spanbreite in Millimeter bestimmt.

2.11 Statistische Auswertung

Die ermittelten Daten dieser Studie wurden zunächst mit Hilfe des Programms Microsoft Excel erfasst und anschließend in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 25 sowie in StataCorp übernommen. Die statistischen Berechnungen wurden nach vorheriger Beratung durch die studentische Beratungsstelle für Statistik der Universität Würzburg eigenständig durchgeführt.

Zunächst wurden die Daten durch den Shapiro-Wilk-Test, das Histogramm und das Q-Q-Plot auf ihre Verteilung getestet. Anschließend wurde eine deskriptive Datenanalyse der ermittelten Daten zu Glenoiddefekten, Hill-Sachs-Läsionen und Score-Ergebnissen vorgenommen. Neben dem Mittelwert und der Ober- und Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls wurden der Median, die Standardabweichung, das Minimum und das Maximum ermittelt. Teilweise wurden Boxplot-Diagramme, Balkendiagramme und Kreisdiagramme zur besseren Veranschaulichung erstellt.

Mit Hilfe des gepaarten T-Tests wurde analysiert, ob signifikante Unterschiede zwischen den Messergebnissen der beiden Messmethoden zu Glenoiddefekten (Chuang- bzw. Wambacher-Methode) bestehen. Die Übereinstimmung der Messergebnisse beider Methoden wurde visuell mittels Bland-Altman-Diagramm analysiert und die 95 %-Übereinstimmungsgrenzen wurden ermittelt. Weiterhin wurde eine Intraklassen-Korrelation zwischen beiden Messmethoden bestimmt.

Es wurde die Pearson-Korrelation zwischen Breite, Tiefe und Länge der Hill-Sachs-Läsion gemessen und analysiert, ob eine Korrelation zwischen Defektgröße nach Chuang und der Breite bzw. der Tiefe der Hill-Sachs-Läsion besteht. Außerdem wurden die einzelnen Mittelwerte der Score-Ergebnisse in den einzelnen Subgruppen bestimmt und miteinander verglichen (Normalverteilung: ANOVA ; keine Normalverteilung: Kruskal-Wallis-Test).

Weiterhin wurden die Mittelwerte der Scores zwischen Studienteilnehmenden mit physiol. Bewegungsausmaß einerseits und Studienteilnehmenden mit eingeschränktem Bewegungsausmaß andererseits verglichen. Im nächsten Schritt wurden die Mittelwerte der Score-Ergebnisse zwischen Studienteilnehmenden mit/ohne Hyperlaxizität, die Mittelwerte der Score-Ergebnisse zwischen Studienteilnehmenden mit/ohne Omarthrose, die Mittelwerte der Score-Ergebnisse von Studienteilnehmenden mit kritischem ($\geq 20\%$) bzw. subkritischem ($< 20\%$) präoperativem Glenoidverlust sowie von Studienteilnehmenden mit und ohne Hill-Sachs-Läsion verglichen. Bei Scores mit Normalverteilung wurde der T-Test durchgeführt. Bei nicht normalverteilten Scores wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Radiologische Datenauswertung und BegleitleSIONen

3.1.1 Methode nach Chuang

Bei allen 27 Studienteilnehmenden konnte der knöcherner Glenoidverlust nach Chuang ermittelt werden. Der Median beträgt 23,2 %. Der Mittelwert liegt bei 23,39 % mit einem 95 %-Konfidenzintervall zwischen 21 % und 25,78 %. Die Standardabweichung liegt bei 6,04 %. Der kleinste ermittelte Wert des prozentualen Glenoidverlusts liegt bei 12 % und der größte ermittelte Wert bei 38 %, sodass sich eine Spannweite von 26 % ergibt. Die ermittelten Daten sind normalverteilt ($p = 0,27$). Abbildung 16 veranschaulicht die absolute Häufigkeitsverteilung der prozentualen Glenoidverluste nach Chuang. Abbildung 17 demonstriert ein Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Chuang.

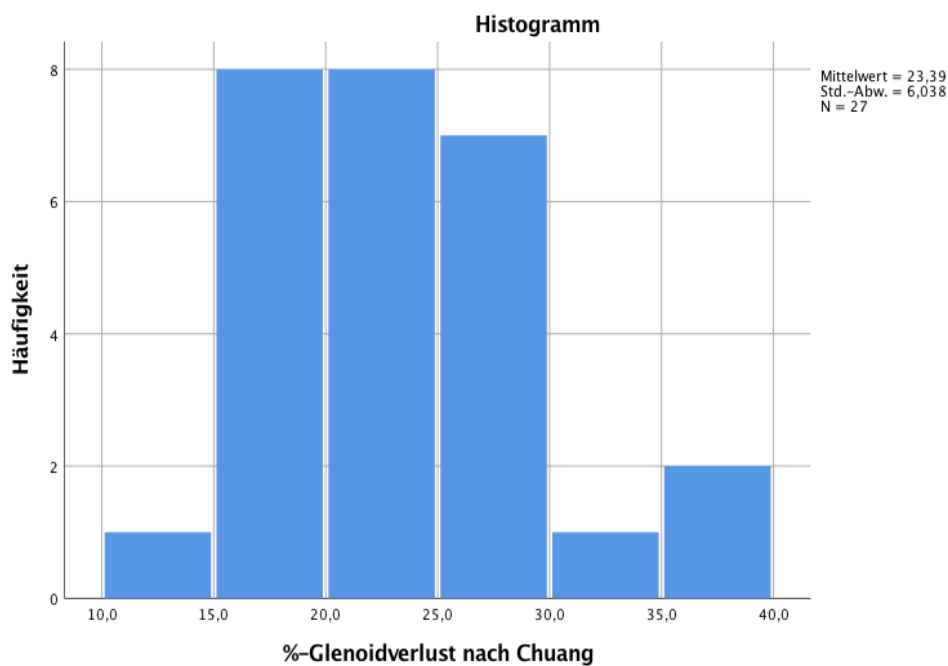


Abbildung 16: Histogramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Chuang

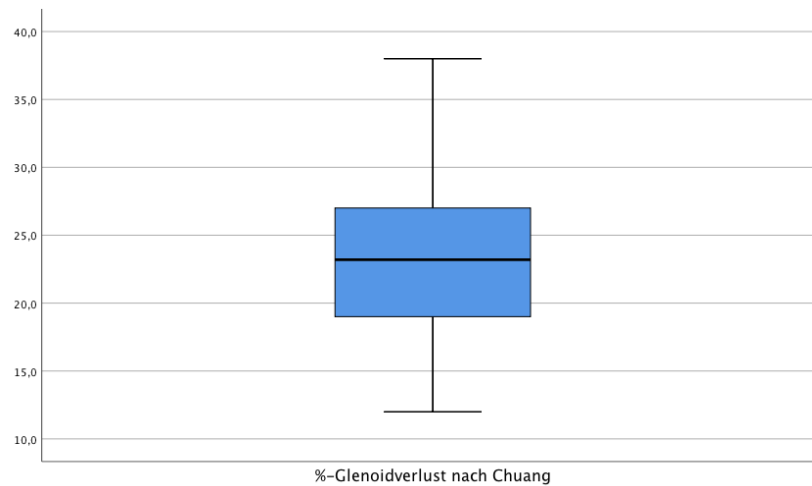


Abbildung 17: Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Chuang

3.1.2 Methode nach Wambacher

Bei allen 27 Studienteilnehmenden konnte der prozentuale Glenoidverlust nach Wambacher et al. (45) berechnet werden. Bei einem Mittelwert von 22,06 % Glenoidverlust ergab sich bei 95 %-Konfidenzintervall eine Untergrenze von 20,04 % und eine Obergrenze von 24,08 %. Der Median liegt bei 21,8 %. Der kleinste ermittelte Glenoidverlust liegt bei 11,6 %, der größte bei 35,2 %, sodass sich eine Spannweite von 23,6 % ergibt. Die ermittelten Daten sind normalverteilt ($p = 0,28$). Abbildung 18 veranschaulicht die absolute Häufigkeitsverteilung der prozentualen Glenoidverluste nach Wambacher. Abbildung 19 demonstriert ein Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Wambacher.

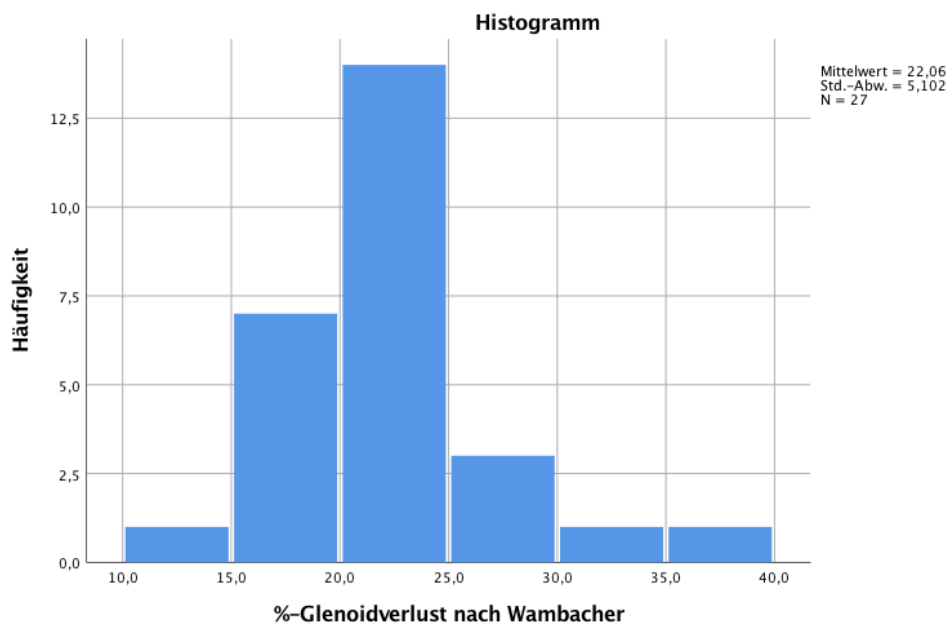


Abbildung 18: Histogramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Wambacher

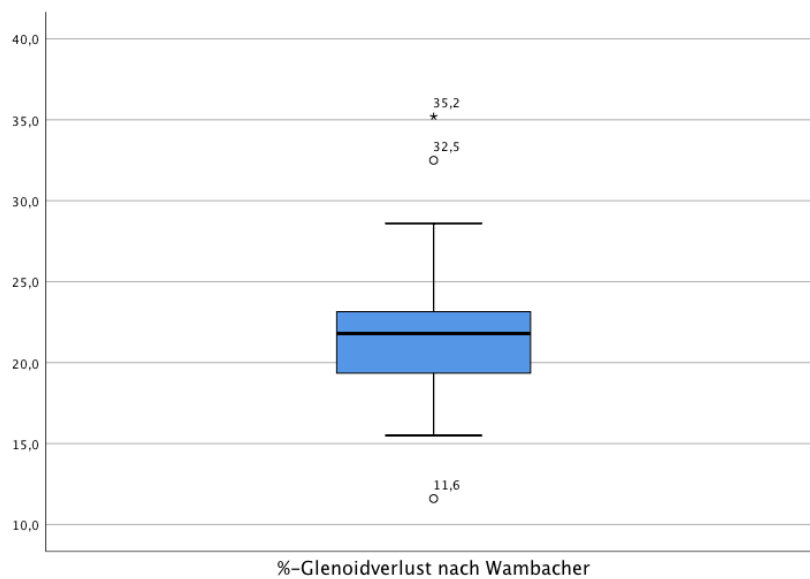


Abbildung 19: Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Wambacher

Das Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach der Messmethode von Wambacher zeigt insgesamt drei Ausreißer. Es handelt sich um die Patienten-IDs 17, 23 und 26. Der Patient 23 stellt hierbei einen extremen Ausreißer dar.

3.1.3 Bestimmung der Unterschiede/Übereinstimmung der Messergebnisse zwischen der Chuang- und der Wambacher-Methode

Sowohl die Messwerte nach Chuang als auch die nach Wambacher sind normalverteilt. Um berechnen zu können, inwiefern sich die Ergebnisse der gelenkigen Verluste in den Messmethoden nach Chuang und nach Wambacher voneinander unterscheiden, wurde ein gepaarter T-Test ($n = 27$) durchgeführt. Dieser ergibt, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Messergebnissen besteht ($p = 0,049$). Das Messergebnis nach der Chuang-Methode liegt im Mittel 1,33 % höher. Um zu berechnen, inwiefern die Ergebnisse übereinstimmen, wurde ein Bland-Altman-Diagramm erstellt, vgl. Abbildung 20. Auf dessen Basis wurden die 95 %-Übereinstimmungsgrenzen ermittelt.

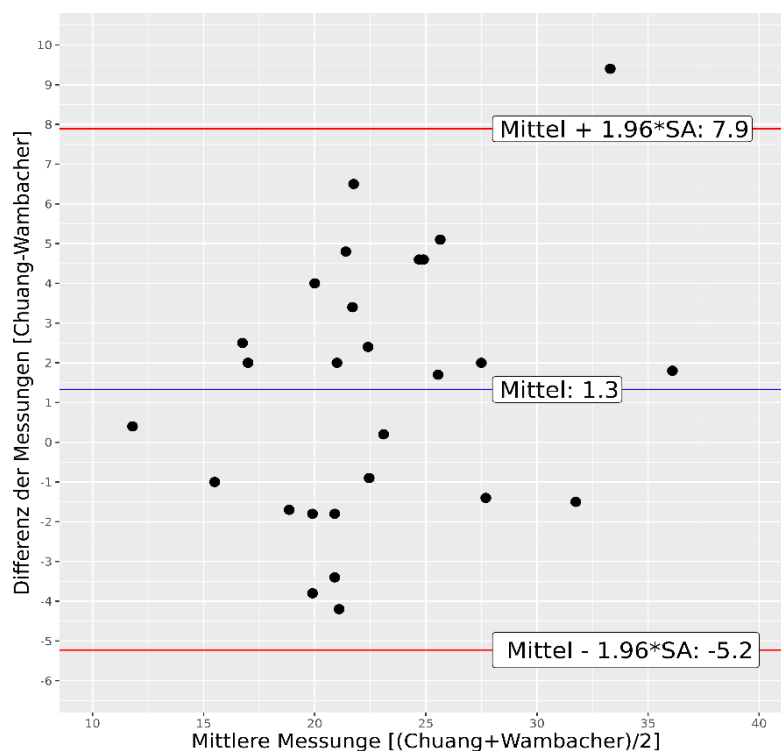


Abbildung 20: Bland-Altman-Diagramm der Chuang- und Wambacher-Messmethode

Die Differenzen zwischen den Ergebnissen der Messmethoden nach Chuang und Wambacher liegen in 95 % der Fälle zwischen $-5,2$ % und $+7,9$ %. Zwischen den beiden Methoden ergibt sich eine Intraklassen-Korrelation von $0,8$. Beide Methoden zeigen einen positiven linearen Zusammenhang, vgl. Abbildung 21.

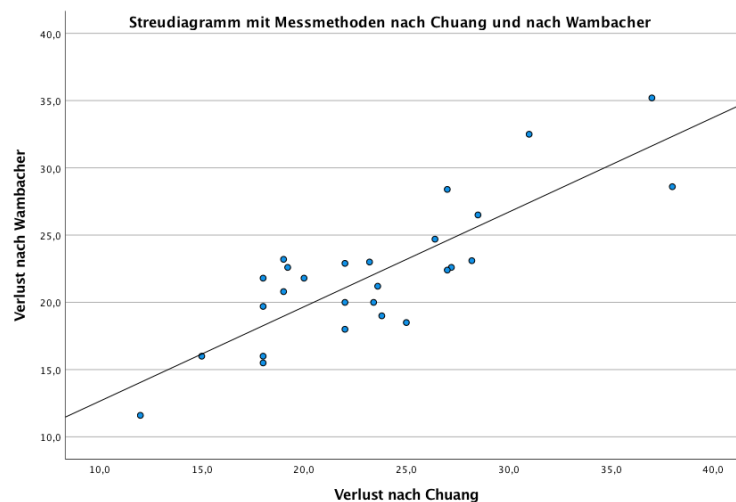


Abbildung 21: Streudiagramm mit positivem, linearem Zusammenhang zwischen Messmethoden nach Chuang und nach Wambacher

3.1.4 Analyse der Defektlokalisierung

Die Analyse der Defektlokalisierung des Glenoids ergibt, dass die Hauptachse der Fraktur im Mittel bei $92,46^\circ$ liegt mit einer Standardabweichung von $6,6^\circ$. Das Minimum liegt bei $75,9^\circ$, das Maximum bei $102,4^\circ$. Bei Umrechnung in entsprechende Uhrzeiten gemäß der Hauptachse der Fraktur im Sinne eines Uhrzeigers ergibt sich, dass die knöchernen Glenoidläsionen zwischen 2:32 Uhr und 3:25 Uhr liegen. Der Mittelwert liegt bei 3:04 Uhr mit einer Standardabweichung von ± 13 Minuten.

Bei 17 Studienteilnehmenden (63 %) hat sich ein anteriorer Glenoiddefekt ergeben. Am zweithäufigsten ist es zu einem anterior-inferior ausgerichteten Glenoiddefekt gekommen. Dieser konnte bei 7 Studienteilnehmenden (25,9 %) ermittelt werden. Am seltensten ist es zu einer anterior-superioren Beschädigung des Glenoids gekommen: Lediglich bei 3 Studienteilnehmenden (11,1 %) hatte die Glenoidfraktur diese Lokalisation. Die Abbildung 22 veranschaulicht die Aufteilung der knöchernen Glenoiddefekte anhand der Frakturausrichtung.

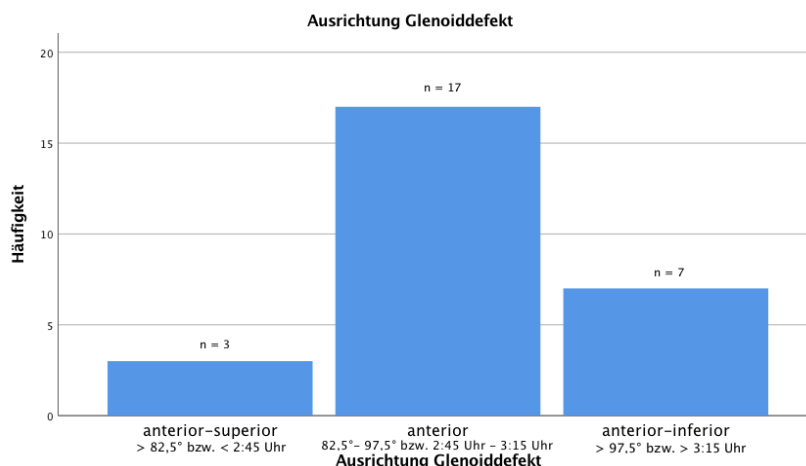


Abbildung 22: Balkendiagramm mit Aufteilung der Glenoiddefekte nach Frakturausrichtung

3.1.5 Analyse der Hill-Sachs-Läsionen

Bei insgesamt 16 Studienteilnehmenden lag eine Hill-Sachs-Läsion vor. In 6 Fällen handelte es sich um eine Calandra Typ-I-Läsion. In 8 Fällen lag eine Calandra Typ-II-Läsion vor und in 2 Fällen konnte eine Calandra Typ-III-Läsion festgestellt werden. In 15 Fällen handelte es sich um eine On-Track Hill-Sachs-Läsion und in einem Fall um eine Off-Track Hill-Sachs-Läsion. Der Mittelwert der Breite der Hill-Sachs-Läsion lag bei 11,6 mm. Der Mittelwert der Tiefe der Hill-Sachs-Läsion lag bei 2,7 mm und der Mittelwert der Länge der Hill-Sachs-Läsion lag bei 15,3 mm. Untereinander zeigen die drei Ausdehnungen in Tiefe, Breite und Länge der Hill-Sachs-Läsion eine signifikante, lineare Korrelation zueinander, vgl. Tabelle 16.

Tabelle 16: Pearson-Korrelationen von Breite, Tiefe und Länge der Hill-Sachs-Läsion mit p-Werten

Dimension	Breite	Tiefe	Länge
Breite	1	0,78 (p = 0,01)	0,57 (p = 0,02)
Tiefe	0,78 (p = 0,01)	1	0,58 (p = 0,02)
Länge	0,57 (p = 0,02)	0,58 (p = 0,02)	1

Tiefe und Breite der Hill-Sachs-Läsionen zeigen einen linearen Zusammenhang und eine positive Korrelation mit der Defektgröße nach Chuang (0,36 bzw. 0,38). Je tiefer und breiter die Hill-Sachs-Läsion ist, umso größer ist die prozentuale Defektgröße des Glenoid nach Chuang. Dieser Zusammenhang ist allerdings nicht signifikant ($p = 0,14$ bzw. $p = 0,17$).

3.1.6 Präoperativer SSC-Status in der MRT

Zwei Studienteilnehmende hatten bereits in der präoperativen MRT-Aufnahme Anzeichen einer Subscapularis-Atrophie und -Verfettung (Pat.-ID 13 und 25). In beiden Fällen lag eine milde Atrophie (Grad I) und milde Verfettung (Goutallier-Grad I) vor. Die folgende Abbildung 23 zeigt beispielhaft für die Verfettung und Atrophie des M. subscapularis jeweils ein MRT- und ein CT-Bild.



Abbildung 23: Präoperative MRT der linken Schulter und CT beider Schultergelenke, Verfettung und Atrophie des M. subscapularis links von Pat.-ID 13

3.1.7 Übersicht über traumabedingte Begleitpathologien

Die Tabelle 17 fasst die in dieser Studie beobachteten Begleitpathologien der Schulterinstabilität zusammen.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Begleitpathologien der Schulterinstabilität

Komplikation	Anzahl der Fälle n
Omarthrose	6
SLAP-Läsion	14
Subjektives Instabilitätsgefühl im Follow-up	3
GLAD-Läsion	1
HAGL-Läsion	4
Läsion der Rotatorenmanschette	4
Nervenläsion	1

3.1.8 Knorpelläsionen

Bei 9 Studienteilnehmenden (33,3 %) wurden arthroskopisch Knorpeldefekte festgestellt (Pat.-ID 2, 4, 5, 8, 12, 14, 17, 21, 25). Die folgende Tabelle 18 zeigt die einzelnen Studienteilnehmenden mit Knorpelschäden sowie den Schweregrad der Knorpelläsion, die Größe des Glenoiddefekts und die Anzahl an Luxationen:

Tabelle 18: Studienteilnehmende mit Knorpelschäden in der Arthroskopie

Pat.-ID	Schweregrad	Glenoiddefekt	Luxationsereignisse
2	IV	20 %	< 5
4	II	19 %	> 10
5	II	25 %	5 – 10
8	II	23 %	> 10
12	II	19 %	> 10
14	III	18 %	5 – 10
17	II	31 %	5 – 10
21	II	22 %	5 – 10
25	IV	38 %	> 10

3.2 Ergebnisse der klinischen Scores

3.2.1 Rowe-Score

Insgesamt konnte bei allen 27 Studienteilnehmenden der Rowe-Score erhoben werden. Die Abbildung 24 zeigt das Boxplot-Diagramm der Ergebnisse des Rowe-Score. Hierbei ist der Mittelwert bei 84,81 mit einer Standardabweichung von 11,56. Die Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls liegt bei 80,24, die Obergrenze bei 89,39. Der ermittelte Median liegt bei 90. Das Ergebnis ist normalverteilt ($p = 0,05$).

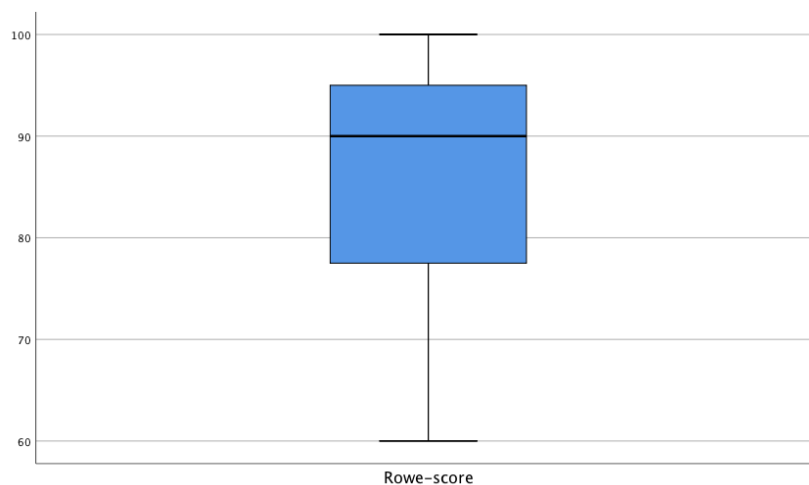


Abbildung 24: Boxplot-Diagramm des Rowe-Scores

Insgesamt haben 14 Studienteilnehmende (51,9 %) ein exzellentes Ergebnis, 10 Studienteilnehmende (37 %) ein gutes und 3 Studienteilnehmende (11,1 %) ein ausreichendes Ergebnis und kein Studienteilnehmender ein schlechtes Ergebnis erzielt, vgl. Abbildung 25.

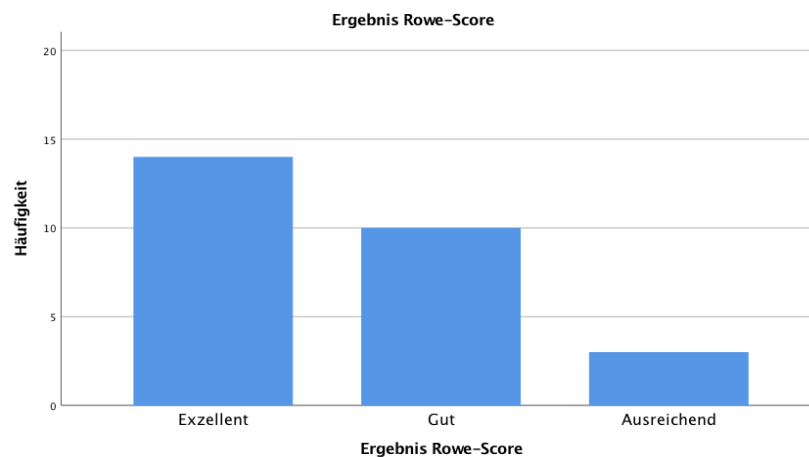


Abbildung 25: Balkendiagramm mit Ergebnissen des Rowe-Scores

3.2.2 Oxford-Score

Bei 27 Studienteilnehmenden ($n = 27$) konnte der Oxford-Score ermittelt werden. Der Mittelwert beträgt 20,56 mit einem 95 %-Konfidenzintervall zwischen 17,60 (Untergrenze) und 23,51 (Obergrenze). Der Median liegt bei 19,00 mit einer Standardabweichung von 7,46. Das beste Score-Ergebnis beträgt 12,00 und das schlechteste Ergebnis 41,00. Das Ergebnis ist nicht normalverteilt ($p = 0,014$). Die Abbildung 26 zeigt ein Boxplot-Diagramm mit den Ergebnissen des Oxford-Scores.

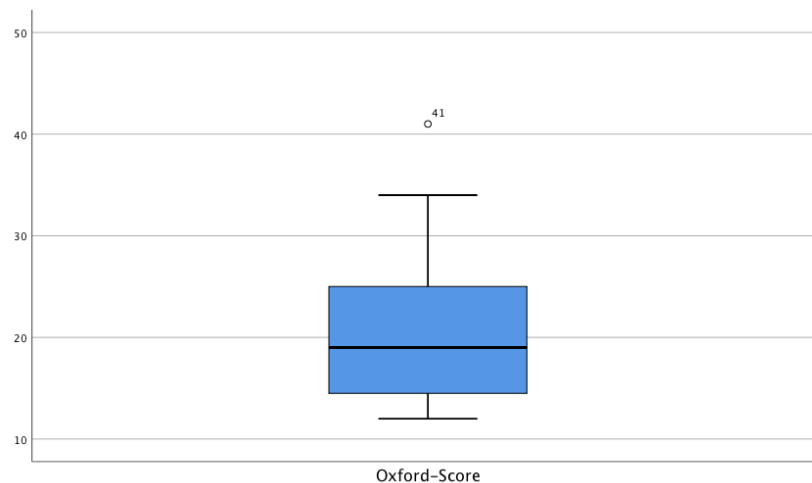


Abbildung 26: Boxplot-Diagramm der Ergebnisse des Oxford-Scores

19 Studienteilnehmende (70,4 %) haben ein sehr gutes, 7 Studienteilnehmende (25,9 %) haben ein gutes, 1 Studienteilnehmender (3,7 %) ein mäßiges Ergebnis und

kein Studienteilnehmer ein schlechtes OP-Ergebnis gemäß des Oxford-Score erzielt, vgl. Abbildung 27.

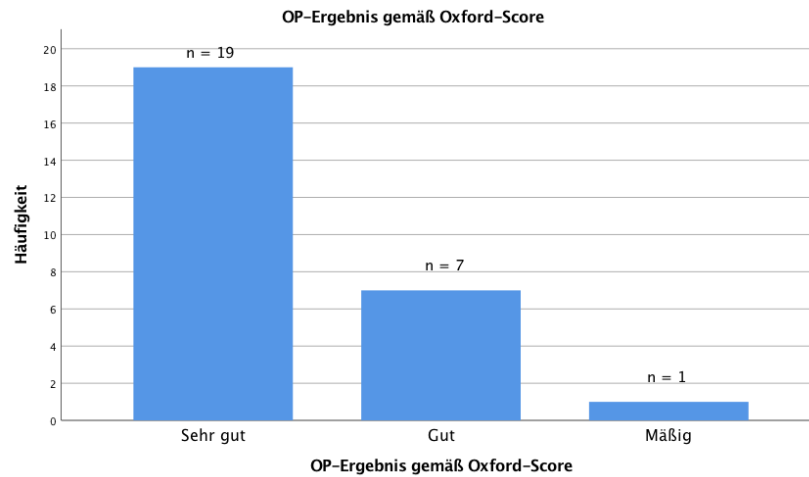


Abbildung 27: Balkendiagramm mit OP-Ergebnis anhand des Oxford-Scores

3.2.3 WOSI-Score

Bei 27 Studienteilnehmenden ($n = 27$) konnte ein WOSI-Score erhoben werden. Der Mittelwert liegt bei 371,70. Die Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls des Mittelwerts liegt bei 243,50 und die Obergrenze bei 499,90. Der Median beträgt 245,00 mit einer Standardabweichung von 324,08. Das niedrigste Score-Ergebnis ist 18 und das höchste 1131. Das Ergebnis ist nicht normalverteilt ($p = 0,002$). Die Abbildung 28 zeigt ein Boxplot-Diagramm der Ergebnisse des WOSI-Score.

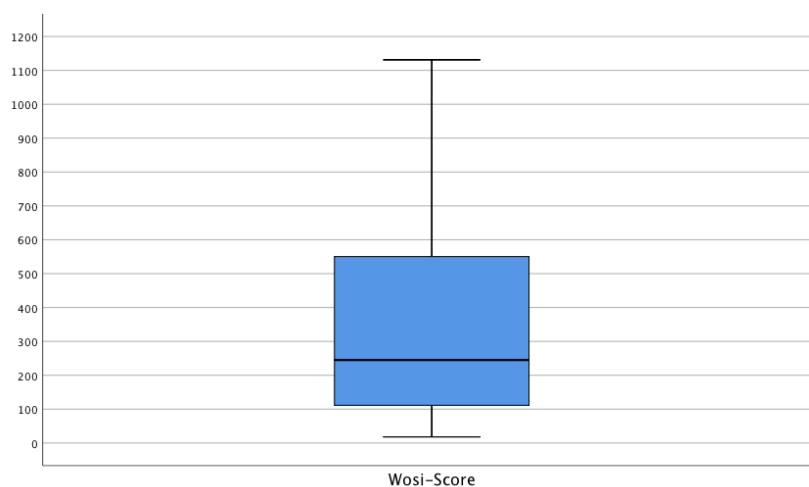


Abbildung 28: Boxplot-Diagramm des WOSI-Score

3.2.4 Constant-Score

Bei insgesamt 27 Studienteilnehmenden ($n = 27$) konnte der Constant-Score sowohl auf der operierten als auch auf der nicht operierten Seite ermittelt werden. Die folgende Tabelle 19 stellt die jeweiligen Ergebnisse gegenüber.

Tabelle 19: Gegenüberstellung der einzelnen statistisch relevanten Werte im Constant-Score der operierten und der nicht operierten Seite

Statistischer Parameter	Operierte Seite	Nicht operierte Seite
Mittelwert	81,93	92,93
Untergrenze 95 %-Konfidenzintervall	77,61	90,55
Obergrenze 95 %-Konfidenzintervall	86,24	95,30
Median	82,00	94,00
Standardabweichung	10,91	6,01
Minimum	57,00	79,00
Maximum	97,00	100,00

Die folgende Tabelle 20 gibt die jeweiligen altersadaptierten Ergebnisse des Constant-Score für die operierte bzw. nicht operierte Seite an.

Tabelle 20: Gegenüberstellung der altersadaptierten Ergebnisse des Constant-Score der operierten und der nicht operierten Schulter in Prozent

Patienten-ID	Constant-Score operierte Seite (%)	Constant-Score nicht operierte Seite (%)
1	82	104
2	60	91
3	84	96
4	93	93
5	73	98
6	98	105
7	92	105
8	86	105
9	100	101
10	85	98
11	100	102
12	76	86
13	80	93
14	88	100
15	83	101
16	85	100
17	83	102
18	91	98
19	99	102
20	96	95
21	82	91
22	101	103
23	100	99
24	102	102
25	60	83
26	89	105
27	74	98

Für die operierte Seite ergibt sich als altersadaptierter Constant-Score ein Mittelwert von 86,74 % mit einem 95 %-Konfidenzintervall zwischen 82,19 % und 91,30 %, vgl. Abbildung 29. Der Median beträgt 86,00 % bei einer Standardabweichung von 11,52 %. Das schlechteste Score-Ergebnis beträgt 60 %, das beste Ergebnis 102 %. Das Ergebnis ist mit einem p-Wert von 0,057 normalverteilt.

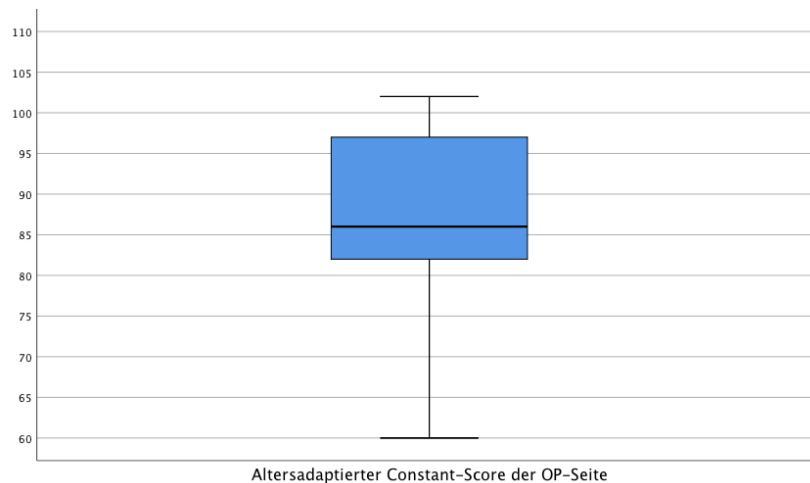


Abbildung 29: Boxplot-Diagramm des altersadaptierten Constant-Score der OP-Seite in Prozent

Für die nicht operierte Seite ergibt sich als altersadaptierter Constant-Score ein Mittelwert von 98,37 % mit einem 95 %-Konfidenzintervall zwischen 96,08 % und 100,66 %. Der Median beträgt 100 % bei einer Standardabweichung von 5,8 %. Das schlechteste Score-Ergebnis beträgt 83 %, das beste 105 %. Das Ergebnis ist mit einem p-Wert von 0,015 nicht normalverteilt. Die Abbildung 30 zeigt ein Boxplot-Diagramm der Ergebnisse des altersadaptierten Constant-Score der nicht operierten Seite.

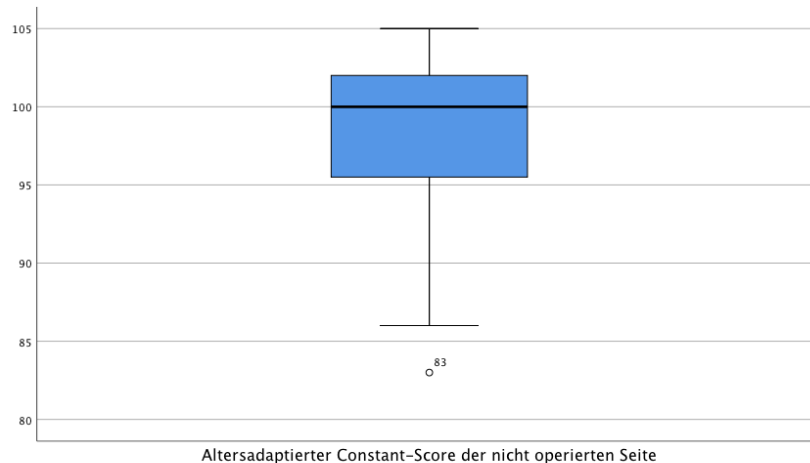


Abbildung 30: Boxplot-Diagramm des altersadaptierten Constant-Score der nicht operierten Seite in Prozent

Der Mittelwert der prozentualen Differenz zwischen dem Constant-Score der operierten und dem der nicht operierten Seite beträgt 11,63 %. Die Abbildung 31 zeigt die Bewertungen des OP-Ergebnisses im Constant-Score der operierten Seite mit entsprechenden Häufigkeiten. Insgesamt ist bei 11 Studienteilnehmenden (40,7 %) ein exzellentes Ergebnis nachweisbar. 10 PStudienteilnehmende (37 %) haben ein gutes und 4 Studienteilnehmende (14,8 %) ein befriedigendes Ergebnis. Kein Studienteilnehmender hat ein ausreichendes Ergebnis (0 %), aber 2 Studienteilnehmende (7,4 %; Pat.-ID 2 und 25) ein schlechtes Ergebnis.

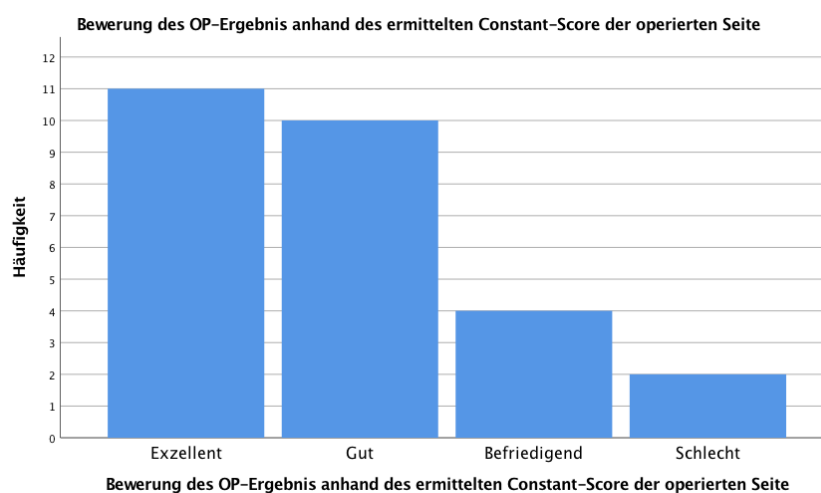


Abbildung 31: Balkendiagramm mit Bewertung des OP-Ergebnisses auf Grundlage des Constant-Score

Zu beachten ist, dass diejenigen Studienteilnehmenden mit einem schlechten Constant-Score auf der operierten Seite einen guten (Pat.-ID 25: 83 %) bzw. exzellenten Constant-Score (Pat.-ID 2: 91 %) auf der nicht operierten Seite erzielt haben.

3.3 Score-Ergebnisse in den einzelnen Subgruppen

3.3.1 Sportgruppen

Beim Vergleich des postoperativen Outcome bei unterschiedlichen Kategorisierungen anhand des postoperativ ausgeübten Sportniveau ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigt die Gruppe 4, abgesehen vom Constant-Score der OP-Seite, das beste Outcome. Tabelle 21 fasst das entsprechende postoperative Outcome gegliedert nach Zuteilung in entsprechende Sportgruppierungen zusammen.

Tabelle 21: Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Sportgruppen

Score	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	Gruppe 4
Rowe	81,11	86,67	85,00	95,00
Oxford	24,44	21,33	16,70	20,00
WOSI	503,22	363,33	279,60	265,50
Constant OP-Seite	76,22	83,00	86,20	83,00
Constant nicht operierte Seite	90,67	91,67	96,70	88,00

3.3.2 Berufsgruppen

Beim Vergleich des postoperativen Outcome anhand des postoperativ ausgeübten Berufes ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigt die Gruppe 1, abgesehen vom Constant-Score der OP-Seite, das beste Outcome. Tabelle 22 fasst das entsprechende postoperative Outcome gegliedert nach Zuteilung in entsprechende Berufsgruppierungen zusammen.

Tabelle 22: Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Berufsgruppen

Score	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Rowe	88,08	82,22	81,00
Oxford	19,38	23,00	19,20
WOSI	289,69	507,89	339,80
Constant OP-Seite	84,15	77,55	84,00
Constant nicht operierte Seite	92,85	90,78	97,00

3.3.3 Anzahl präoperative Luxationen

Beim Vergleich des postoperativen Outcome anhand der präoperativen Anzahl an Luxationen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Tendenziell zeigt die Gruppe 3 das beste Outcome. Tabelle 23 fasst das entsprechende postoperative Outcome gegliedert nach Zuteilung in entsprechende Gruppierungen zusammen.

Tabelle 23: Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Gruppierungen anhand der Anzahl von präoperativen Luxationen

Score	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Rowe	76,67	87,14	87,14
Oxford	24,33	19,57	19,43
WOSI	598,17	364,00	278,50
Constant OP-Seite	76,33	80,43	85,07
Constant nicht operierte Seite	93,00	93,60	94,38

3.3.4 Voroperationen

Die Tabelle 24 zeigt die Mittelwerte der verschiedenen Scores gruppiert nach dem Voroperationsstatus.

Tabelle 24: Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Gruppierungen anhand des Voroperationsstatus'

Score	Gruppe 1 keine Voroperationen	Gruppe 2 externe Voroperationen	Gruppe 3 interne Voroperationen
Rowe	84,62	85,45	83,33
Oxford	20,23	19,73	25,00
WOSI	362,31	317,09	612,17
Constant OP-Seite	85,00	81,18	71,33
Constant nicht operierte Seite	94,85	92,27	87,00

3.3.5 Hyperlaxizität

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

3.3.6 Omarthrose

Es konnten signifikant unterschiedliche Ergebnisse beim Vergleich der Mittelwerte von Rowe-Score ($p = 0,048$), Oxford-Score ($p = 0,034$), WOSI-Score ($p = 0,012$) und Constant-Score der operierten Seite ($p = 0,007$) festgestellt werden. Studienteilnehmende mit Omarthrose ($n = 6$) schnitten deutlich schlechter ab als Studienteilnehmende ohne degenerative Veränderungen des operierten Schultergelenks, vgl. Tabelle 25.

Tabelle 25: Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen und Studienteilnehmenden mit bzw. ohne Omarthrose

Score	Arthrose	Keine Arthrose	p-Wert im T-Test
Rowe-Score	76,67	87,14	0,048
Oxford-Score	26,17	18,95	0,028
WOSI-Score	654,67	290,86	0,012
Constant-Score OP-Seite	71,83	84,81	0,007

3.3.7 Kritischer vs. subkritischer Glenoidverlust

Es konnten keine signifikanten Unterschiede im klinischen Ergebnis zwischen Studienteilnehmenden mit subkritischen Glenoidverlust ($< 20\%$; $n = 9$) und Studienteilnehmenden mit kritischem Glenoidverlust ($\geq 20\%$; $n = 18$) festgestellt werden. So waren die Resultate der Studienteilnehmenden mit subkritischem Glenoidverlust in den Scoring-Systemen Rowe (88,89 vs. 82,78), Oxford (17,67 vs. 22,00), Constant (85,78 vs. 80,00) und WOSI (243,11 vs. 436,00) im Mittel tendenziell alle besser, allerdings waren diese Unterschiede in keinem Score signifikant, vgl. Tabelle 26. Die Abbildung 32 veranschaulicht exemplarisch den Mittelwertsvergleich der Ergebnisse im Rowe-Score bei Studienteilnehmenden mit kritischem und subkritischem knöchernen Glenoidverlust.

Tabelle 26: Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen bei Studienteilnehmenden mit kritischem bzw. subkritischem Glenoidverlust

Score	Subkritischer Glenoidverlust < 20 %	Kritischer Glenoidverlust ≥ 20 %	p-Wert
Rowe-Score	88,89	82,78	0,201
Oxford-Score	17,67	22,00	0,215
Constant-Score der OP-Seite	85,78	80,00	0,200
WOSI	243,11	436,00	0,148

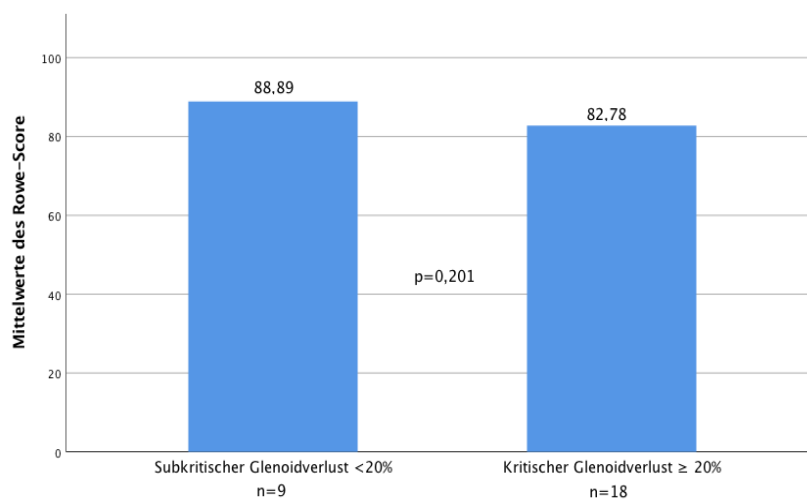


Abbildung 32: Balkendiagramm der Mittelwerte des Rowe-Scores bei Studienteilnehmenden mit kritischem und subkritischem Glenoidverlust im Vergleich

3.3.8 SLAP-Repair

Insgesamt hatten 14 Studienteilnehmende eine SLAP-Läsion erlitten (51,9 %). In zwei Fällen lag eine SLAP-I-Läsion vor (3,7 %), welche nicht operativ behandelt wurde. In elf Fällen lag eine SLAP-II-Läsion vor (40,7 %). Studienteilnehmende mit einer SLAP-II-Läsion erhielten eine SLAP-Repair. Bei einem Studienteilnehmenden lag eine SLAP-IV-

Läsion vor (3,7 %). Bei diesem wurde eine LBS-Tenodese durchgeführt, da mehr als 50 % des Sehnenquerschnitts betroffen waren.

Es konnten keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome zwischen Studienteilnehmenden mit oder ohne SLAP-Repair ermittelt werden.

3.3.9 Hill-Sachs-Läsion

Es konnten keine signifikanten Ergebnisse im klinischen Outcome zwischen Studienteilnehmenden mit (n = 16) und ohne Hill-Sachs-Läsion (n = 11) festgestellt werden, vgl. Tabelle 27.

Tabelle 27: Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen bei Studienteilnehmenden mit bzw. ohne Hill-Sachs-Läsion

Score	Keine Hill-Sachs-Läsion	Hill-Sachs-Läsion	p-Wert
Rowe-Score	86,82	83,44	0,46
Oxford-Score	22,82	19	0,21
Constant-Score der OP-Seite	80,00	83,25	0,46
WOSI	478,55	298,25	0,16

Bei 15 Studienteilnehmenden lag eine On-Track Hill-Sachs-Läsion vor. Die einzelnen Mittelwerte der Scoring-Systeme lagen bei 83,67 im Rowe-Score, 19,13 im Oxford-Score, 303,2 im WOSI-Score und bei 83,53 im Constant-Score. Bei einem Studienteilnehmenden lag eine Off-Track Hill-Sachs-Läsion vor. Die Scoring-Ergebnisse lagen bei 80 (Rowe-Score), 17 (Oxford-Score), 224 (WOSI-Score) und 79 (Constant-Score).

3.4 OP-Daten und intra- sowie postoperative Komplikationen

Die durchschnittliche OP-Dauer inkl. Arthroskopie betrug 167 Minuten, die durchschnittliche stationäre Liegedauer fünf Tage. Bei keinem Studienteilnehmenden kam es zu einer intraoperativen Nervenläsion, allerdings beklagten postoperativ drei Studienteilnehmende (11,1 %) ein Schmerzgefühl an der Beckenkamm-Entnahmestelle. Bei diesen

resultierte ein Hämatom, welches sich gleichzeitig entzündete und mittels Antibiose behandelt wurde (Pat.-ID 2, 22 und 26). Bei zwei dieser drei Studienteilnehmenden musste das Hämatom zusätzlich operativ ausgeräumt werden.

Bei einem Studienteilnehmenden kam es zu einer Rezidivluxation (Pat.-ID 26). Dieser wurde im Nachhinein mittels Coracoid-Transfer nach Latarjet versorgt. Die Reinstabilitätsrate liegt bei 3,7 %. Es kam zu einer offenen Schraubenrevision aufgrund von schmerzverursachendem Schraubenüberstand (Pat.-ID 4, 3,7 %). Kein Studienteilnehmender erlitt eine intraoperative Nervenläsion des Plexus brachialis bzw. des N. axillaris. Zwei Studienteilnehmende beklagten Dysästhesien im Bereich des N. cutaneus femoris lateralis (7 %), welche allerdings im Laufe des stationären Verlaufs komplett rückläufig waren. Kumuliert haben sich insgesamt 7 Komplikationen ergeben, die Gesamtkomplikationsrate liegt daher bei 25,9 %. Anhand der Schwere der Komplikationen lässt sich die Gesamtkomplikationsrate noch weiter differenzieren: In zwei Fällen handelte es sich um Major-Komplikationen (je eine Reluxation und Schraubenrevision). Die Major-Komplikationsrate liegt bei 7,4 %. In fünf Fällen handelte es sich um Minor-Komplikationen (Hämatom an Spanentnahmestelle und rückläufige Dysästhesien). Die Minor-Komplikationsrate liegt bei 18,5 %.

Drei der sechs Studienteilnehmenden mit Arthrose haben präoperativ keine arthrotischen Veränderungen des GH-Gelenks im Röntgenbild gehabt. Diese wurden erst im Follow-up festgestellt. Bei einem Studienteilnehmenden haben sich milde arthrotische Veränderungen feststellen lassen (Stadium I). Bei zwei Studienteilnehmenden haben sich moderate arthrotisch-degenerative Veränderungen ergeben (Stadium II). Bei allen drei Studienteilnehmenden zeigten sich intraoperativ bereits Knorpeldefekte.

3.5 Körperliche Nachuntersuchung

Alle in dieser Studie erfassten Patienten und Patientinnen (n = 27) wurden körperlich nachuntersucht. 20 Studienteilnehmende (74,1 %) hatten eine physiol. Abduktion der operierten Schulter in der Scapulaebene mit $\geq 150^\circ$. Bei drei Studienteilnehmenden (11,1 %) wurde eine leicht eingeschränkte Abduktion (in der Scapulaebene) zwischen 120° und 149° festgestellt (Pat.-ID 7, 8 und 15) und vier Studienteilnehmenden (14,8 %) hatten eine insgesamt stark eingeschränkte Abduktion $< 120^\circ$ (Pat.-ID 2, 5, 21 und 27), vgl. Tabelle 28. Die Studienteilnehmenden mit leichter bzw. starker Einschränkung der Abduktion hatten auf der nicht operierten Seite allesamt eine physiol. Abduktion. Das

durchschnittliche Abduktionsdefizit der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Abduktionsfunktion ($n = 7$) lag bei $38,6^\circ$. Insgesamt betrachtet beträgt das Abduktionsdefizit $16,15^\circ$.

Tabelle 28: Score-Ergebnisse der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Abduktionsfunktion der operierten Seite

Pat.-ID	Abduktion	Rowe-Score	Oxford-Score	Constant-Score	WOSI-Score
2	90°	60	34	57	1131
5	110°	75	26	69	553
7	120°	85	13	87	47
8	130°	65	25	82	527
15	130°	70	18	79	245
21	90°	95	22	78	414
27	110°	75	41	70	1061

Beim Vergleich der Score-Ergebnisse von Studienteilnehmenden mit eingeschränkter vs. physiol. Abduktion ergeben sich teilweise signifikante Unterschiede, vgl. Tabelle 29. Studienteilnehmende mit eingeschränkter Abduktion ($n = 7$) hatten mit einem durchschnittlichen Rowe-Score von 75 ein signifikant schlechteres Ergebnis ($p = 0,01$) als Studienteilnehmende mit physiol. Abduktion ($n = 20$; Mittelwert: 87,6). Auch das Ergebnis des Constant-Score auf der operierten Seite war bei Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Abduktion ($n = 7$) mit einem Mittelwert von 74,6 signifikant ($p = 0,05$) schlechter als bei Studienteilnehmenden mit physiol. Abduktion ($n = 20$; Mittelwert = 83,8). Für den Oxford-Score ($p = 0,09$) und WOSI-Score ($p = 0,08$) konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Tabelle 29: Mittelwerte der Scores der beiden unterschiedlichen Gruppen mit physiol. und eingeschränkter Abduktion im Vergleich

Gruppe	Rowe-Score	Oxford-Score	Constant-Score	WOSI-Score
Physiol. Abduktion	87,6	19,00	83,8	275,4
Eingeschränkte Abduktion	75	25,57	74,6	400,3

24 Studienteilnehmende (88,9 %) hatten eine physiol. Adduktion (mindestens 30°) in der klinischen Nachuntersuchung und drei Studienteilnehmende (11,1 %; Pat.-ID 5, 21 und 22) hatten eine eingeschränkte Adduktion (< 30°). Die Adduktion auf der nicht operierten Seite der Studienteilnehmenden 5, 21 und 22 war im physiol. Bereich. Das durchschnittliche Adduktionsdefizit der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Adduktionsfunktion (n = 3) lag bei 10°.

Beim Vergleich der Mittelwerte der beiden Gruppen konnte für keinen der Scores ein signifikanter Unterschied ermittelt werden, vgl. Tabelle 30.

Tabelle 30: Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Adduktionsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

	Rowe-Score	Oxford-Score	Constant-Score	WOSI-Score
Physiol. Adduktion	83,48	20,83	81,4	38,65
Eingeschränkte Adduktion	90	20,33	81	345
p-Wert	0,36	0,87	0,95	0,84

21 Studienteilnehmende (77,8 %) hatten eine physiol. Anteversion (mindestens 150°) in der klinischen Nachuntersuchung. Sechs Studienteilnehmende (22,2 %; Pat.-ID 2, 5, 7, 13, 15 und 27) hatten eine eingeschränkte Anteversion (< 150°). Die Anteversion dieser Studienteilnehmenden auf der nicht operierten Seite war im physiol. Bereich. Das durch-

schnittliche Anteversionsdefizit der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Anteversionsfunktion ($n = 6$) lag bei 15° . Das durchschnittliche Anteversionsdefizit beträgt $11,16^\circ$.

Studienteilnehmende mit eingeschränkter Anteversion haben ein signifikant schlechteres Ergebnis im Rowe-Score und im Constant-Score als Studienteilnehmende mit physiol. Anteversion erzielt, während sich beim Oxford- und WOSI- Score keine signifikanten Unterschiede zeigen, vgl. Tabelle 31.

Tabelle 31: Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Anteversionsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

	Rowe-Score	Oxford-Score	Constant-Score	WOSI-Score
Physiol. Anteversion	86,75	19,25	84,15	326,5
Eingeschränkte Anteversion	75,83	25,83	72	565,83
p-Wert	0,04	0,12	0,01	0,12

Alle 27 Studienteilnehmenden ($n = 27$) hatten eine physiol. Retroversion von mindestens 30° .

18 Studienteilnehmende (66,7 %) hatten bei der körperlichen Nachuntersuchung eine physiol. Außenrotation bei angelehntem Oberarm von mindestens 50° . Neun Studienteilnehmende (33,3 %; Pat.-ID 1, 2, 5, 6, 7, 8, 16, 17 und 21) hatten eine eingeschränkte Außenrotationsfunktion ($< 50^\circ$). Lediglich Pat. ID 17 hatte auch auf der nicht operierten Seite eine eingeschränkte Außenrotationsfunktion. Das durchschnittliche Außenrotationsdefizit der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Außenrotationsfunktion ($n = 9$) lag bei $22,8^\circ$. Insgesamt lag das Außenrotationsdefizit bei $10,96^\circ$.

Zwischen den beiden Gruppen gab es lediglich signifikante Unterschiede im Rowe-Score ($p = 0,02$), vgl. Tabelle 32. Hier haben Studienteilnehmende mit eingeschränkter Außenrotation signifikant schlechter abgeschnitten. Hinsichtlich der anderen drei Score-Ergebnisse konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

Tabelle 32: Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Außenrotationsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test

	Rowe-Score	Oxford-Score	Constant-Score	WOSI-Score
Physiol. Außenrotation	87,94	20,65	83	362,1
Eingeschränkte Außenrotation	77,22	21	78,22	418,8
p-Wert	0,02	0,83	0,28	0,68

Alle 27 Studienteilnehmenden (n = 27) hatten eine physiol. Innenrotation von mindestens 80°. Insgesamt hatten 13 Studienteilnehmende (n = 13) Bewegungseinschränkungen in mindestens einer Ebene (48,1 %). Zwischen den beiden Gruppen gab es lediglich im Rowe-Score signifikante Unterschiede (p = 0,01). Hier haben Studienteilnehmende mit Bewegungseinschränkung in mindestens einer Ebene signifikant schlechter abgeschnitten (79,23) im Vergleich zu Studienteilnehmenden ohne Bewegungseinschränkung (90,0). Bei allen weiteren Score-Ergebnissen konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden.

25 Studienteilnehmende (n = 25) hatten einen unauffälligen Nackengriff (92,6 %). Zwei Studienteilnehmende (n = 2; Pat.-ID 1 und 7) hatten einen auffälligen, pathologischen Nackengriff (7,7 %). Der Schürzengriff war nur bei einem Studienteilnehmenden (n = 1; Pat.-ID 1) pathologisch (3,7 %), während er bei 26 Studienteilnehmenden (n = 26) unauffällig war (96,3 %). Insgesamt fünf Studienteilnehmende (18,5 %) klagten über Druckschmerz über dem Sulcus intertubercularis (n = 5; Pat.-ID 3, 8, 15, 25, 27). Diese hatten eine SLAP-Läsion im Rahmen der Luxation erlitten. Bei vier dieser fünf Studienteilnehmenden wurde eine SLAP-Repair durchgeführt (Pat.-ID 8, 15, 25 und 27). Bei einem Studienteilnehmenden wurde eine LBS-Tenodese durchgeführt (Pat.-ID 3). Drei Studienteilnehmende (11,1 %) reagierten mit Schmerzempfinden bei Druckausübung auf das AC-Gelenk. Ein Studienteilnehmender (3,7 %) signalisierte Schmerzen bei Druckausübung auf das Tub. maius. Drei Studienteilnehmende (11,1 %; Pat.-ID 9, 17 und 27) zeigten einen pathologischen Cross-over-Test. Fünf Studienteilnehmende zeigten einen positiven 0°-Abduktions-Test (18,5 %; Pat.-ID 2, 10, 16, 17 und 26). Der Jobe-Test war bei vier Studienteilnehmenden positiv (14,8 %; Pat.-ID 2, 10, 17 und 26). In zwei Fällen (7,4 %; Pat.-ID 10 und 16) war der Außenrotationsstress-Test bei 0°-Abduktion patholo-

gisch. Zwei Studienteilnehmende (7,4 %; Pat.-ID 13 und 25) zeigten einen pathologischen Bellypress-Test sowie einen pathologischen Lift-off-Test. Der Palm-up-Test war nur in einem Fall positiv (3,7 %, Pat.-ID 27). Der Yergasson-Test war bei keinem Studienteilnehmenden positiv. Zwei Studienteilnehmende (7,4 %; Pat.-ID 25 und 26) zeigten ein pathologisches vorderes Apprehension-Zeichen. In drei Fällen (11,1 %; Pat.-ID 8, 18 und 25) konnte ein hinteres Apprehension-Zeichen diagnostiziert werden. Insgesamt konnte in elf Fällen (40,7 %; Pat.-ID 7, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21 und 26) ein positives Gagey-Zeichen im Sinne einer Hyperlaxizität festgehalten werden. Der Painful-Arc wurde bei vier Studienteilnehmenden (14,8 %; Pat.-ID 2, 16, 17 und 27) pathologisch für ein Impingement getestet. Zwei Studienteilnehmende (7,4 %; Pat.-ID 2 und 17) zeigten sowohl einen positiven Hawkins- als auch Neer-Test im Sinne eines Impingement. Zwei Studienteilnehmende (7,4 %; Pat.-ID 17 und 27) zeigten einen pathologischen O'Brien-Test als Hinweis auf eine Pathologie des Labrum glenoidale.

Sieben Studienteilnehmende (n = 7) gaben an, Schmerzen in der operierten Schulter im Alltag zu verspüren (25,9 %). Fünf von diesen sieben Studienteilnehmenden hatten Schmerzen bei Druckausübung auf die LBS und bei vier dieser fünf Studienteilnehmenden wurde im Rahmen der Beckenkammstabilisierung eine SLAP-Repair durchgeführt. Einer der beiden Studienteilnehmenden (Pat.-ID 2) mit Schmerzen im Alltag ohne LBS-Symptomatik hatte eine erhebliche Einschränkung der Schulterbeweglichkeit. Die maximale Abduktion lag exemplarisch bei lediglich 90°. Insgesamt hatten vier Studienteilnehmende (n = 4; Pat.-ID 2, 8, 15 und 27) gleichzeitig eine Schmerzsymptomatik im Schultergelenk und eine Bewegungseinschränkung in mindestens einer Ebene. Zwei von diesen vier Studienteilnehmenden hatten bereits eine manifeste Arthrose (n = 2): Pat.-ID 2 hatte im Röntgenbild milde Arthrosezeichen (Stadium I nach Samilson und Prieto). Der Glenoiddefekt lag bei 20 %. Pat.-ID 8 zeigte eine moderat fortgeschrittene Omarthrose (Stadium II nach Samilson und Prieto). Der Glenoiddefekt lag bei 23,2 %.

3.6 Relaxationsanamnese

Alle 27 Studienteilnehmenden wurden im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung gefragt, ob ein erneutes Luxationsereignis der operierten Schulter stattgefunden hat. Der Patient mit der ID 26 gab an, dass die Schulter zwischenzeitlich relaxiert war. Elf Studienteilnehmende mit einem Follow-up zwischen ein und zwei Jahren wurden zwei Jahre postoperativ telefonisch erneut nach einer Relaxation gefragt. Außer einem Studienteilnehmenden hat kein weiterer Studienteilnehmer eine Rezidivluxation erlitten. Die Relaxationsquote beträgt 3,7 %.

3.7 Postoperative Bildgebung

Bei allen 27 Studienteilnehmenden (100 %) wurden in der postoperativen Routineuntersuchung Röntgen-Kontrollaufnahmen durchgeführt. Bei allen zeigte sich im Röntgenbild eine partielle Spanresorption. In einem Fall (3,7 %) wurde eine Schraubenrevision durchgeführt. In insgesamt 16 Fällen (59,3 %) kam es im Zuge einer partiellen Spanresorption zu einer Lockerung einer der beiden bzw. beider Unterlegscheiben der Osteosyntheseschrauben. Bei fünf Studienteilnehmenden (18,5 %) konnte beobachtet werden, dass lediglich die superiore Unterlegscheibe der Schrauben gelockert ist. Bei fünf anderen Studienteilnehmenden (18,5 %) kam es zu einer Lockerung der inferioren Unterlegscheibe. In sechs weiteren Fällen (22,2 %) ist eine Lockerung beider Unterlegscheiben zu beobachten gewesen. Bei keinem Studienteilnehmenden wurde ein intraartikulärer Schraubendurchbruch oder eine Schraubenlockerung festgestellt. In zwei Fällen (7,4 %) konnte eine Humeruskopf-Dezentrierung diagnostiziert werden. In sechs Fällen (22,2 %) wurde eine Omarthrose festgestellt. In drei Fällen befand sich die Arthrose im Anfangsstadium Grad I (Pat.-ID 2, 5 und 21). Die drei anderen Fälle waren fortgeschrittener im Grad II (Pat.-ID 4, 8 und 25). Drei Studienteilnehmende (Pat.-ID 5, 8 und 21) hatten bereits präoperativ degenerative Veränderungen. Es fand keinerlei Progress statt (Pat.-ID 5: Stadium I / Pat.-ID 8: Stadium II / Pat.-ID 21: Stadium I). Bei drei Studienteilnehmenden konnten erst postoperativ degenerative Veränderungen des GH-Gelenks festgestellt werden. Bei einem Studienteilnehmenden (Pat.-ID 2) haben sich milde degenerative Veränderungen entwickelt, während in zwei Fällen (Pat.-ID 4 und 25) moderate Veränderungen festgestellt worden sind.

Bei vier der 27 Studienteilnehmenden liegen postoperative CT-Aufnahmen vor (Pat.-ID 2, 18, 21, 25), davon wurden drei im Rhön-Klinikum angefertigt, eine extern. Sofern die Aufnahmen in domo durchgeführt worden sind, liegen zusätzlich zu den 2D-Schnittbildern auch 3D-Rekonstruktionen vor.

Bei Pat.-ID 2 liegen zwei postoperative 3D-CT-Aufnahmen vor, die in Abbildung 33 erfasst sind. Der Glenoid-Index des verletzten Glenoids liegt bei 0,8. Einen Monat postoperativ liegt der Glenoid-Index bei 1,28. In der 2D-CT hat der Span eine Breite von 13,3 mm. 28,58 Monate postoperativ liegt der Glenoid-Index bei 1,04. In der 2D-CT hat der Span eine Breite von 8,4 mm.

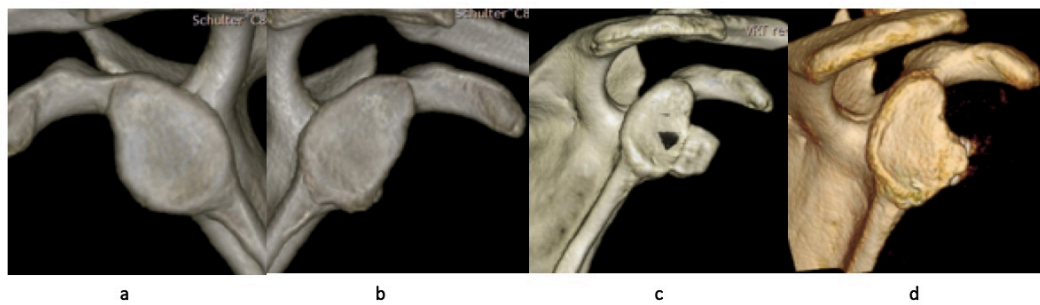


Abbildung 33: Kontralaterales unverletztes Glenoid (a); verletztes Glenoid präoperativ (b) sowie mit Span-Remodelling im postoperativen Verlauf nach einem Monat (c) und nach 28,58 Monaten (d)

Bei Pat.-ID 18 liegen lediglich 2D-CT-Aufnahmen vor, vgl. Abbildung 34. Nach 1,58 Monaten ist der Span noch 14 mm breit. 15,15 Monate postoperativ ist die Spanbreite auf 7 mm Breite geschrumpft.

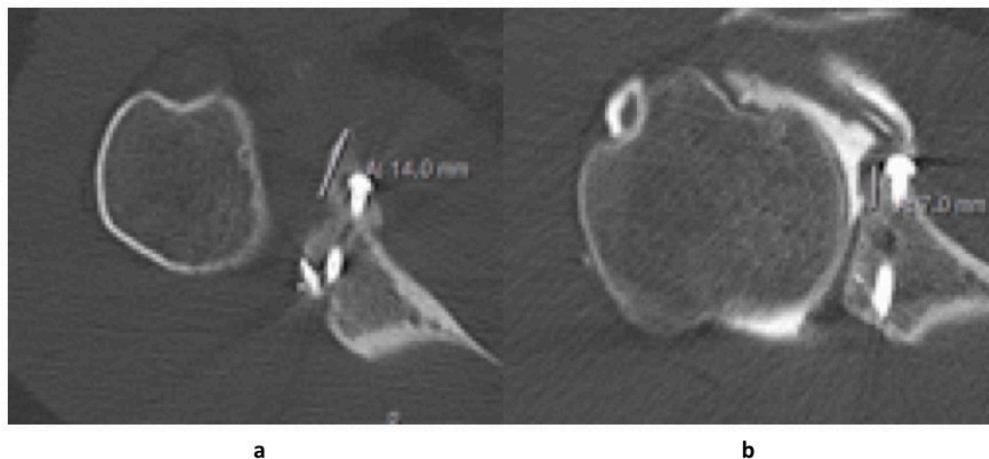


Abbildung 34: 2D-CT-Verlaufskontrolle mit partieller Spanresorption bei Patient ID 18 nach 1,58 Monaten (a) und nach 15,15 Monaten (b)

Für Pat.-ID 21 liegt ein 3D-Verlaufs-CT 43,96 Monate postoperativ vor, vgl. Abbildung 35. Der Glenoid-Index liegt bei 0,77. Im Verlaufs-CT liegt der Glenoid-Index bei 0,94 und die Spanbreite bei 5 mm.



Abbildung 35: 3D-CT präoperativ (a) und postoperative Verlaufskontrolle nach 43,96 Monaten mit inferiorer Spanresorption (b) bei ID 21

Bei Pat.-ID 25 liegt ein 3D-Verlaufs-CT 49,71 Monate postoperativ vor, vgl. Abbildung 36. Der präoperative Glenoid-Index lag bei 0,62. Im Verlaufs-CT lag der Glenoid-Index bei 1,04 und die Spanbreite bei 15 mm.



Abbildung 36: 3D-CT präoperativ (a) und Verlaufskontrolle mit minimaler inferiorer Spanresorption (b) bei Pat.-ID 25

Abbildung 37 fasst das Span-Remodelling auf Basis der Beobachtungen dieser Arbeit schematisch zusammen.

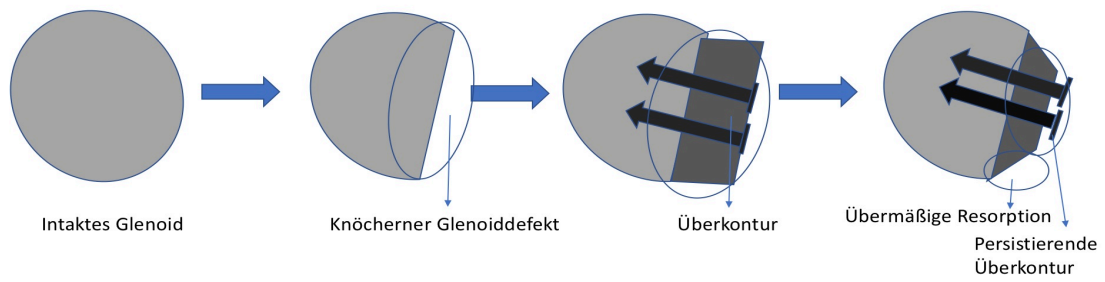


Abbildung 37: Schematische Darstellung des Span-Remodellings

4 Diskussion

Die vorliegende Studie soll zeigen, zu welchen Ergebnissen die operative Versorgung traumatischer knöcherner Glenoidläsionen mittels Beckenkammstabilisierung mit Kapselshift bei 27 Patienten und Patientinnen mit einem mittleren Follow-up von 27,11 Monaten geführt hat. Diese Ergebnisse sollen im Folgenden mit Studien verglichen werden, in denen entweder eine ähnliche OP-Methode oder eine andere Knochenblock-Rekonstruktion verwendet wurde. Besonderer Fokus liegt auf dem Vergleich mit dem Korakoid-Transfer nach Latarjet. Vor allem das klinische Outcome beider OP-Methoden hinsichtlich postoperativer Komplikationen soll verglichen werden. Außerdem soll diskutiert werden, ab welchem prozentualen Glenoidverlust die Indikation zum Knochenblocktransfer gestellt werden sollte. Schließlich sollen die beiden Messmethoden nach Chuang und Wambacher in Bezug auf ihre Reliabilität, Vergleichbarkeit der Ergebnisse und die praktische Durchführbarkeit im klinischen Alltag diskutiert und mögliche Schlussfolgerungen hinsichtlich der optimalen präoperativen Meßmethode gezogen werden.

4.1 Klinisches Outcome

In dieser Studie liegt der Rowe-Score im Mittel bei 84,81. 88,9 % (24 Studienteilnehmende) haben ein exzellentes (51,9 %) oder ein gutes (37 %) klinisches Ergebnis. Dieses überwiegend exzellente bzw. gute klinische Ergebnis hat sich unter anderem durch den Oxford-, den Constant- und den WOSI-Score bestätigen lassen. Gemäß dem Oxford-Score liegt der Mittelwert bei 20,56 und zusammengefasst kann bei 96,3 % der Studienteilnehmenden (n = 26) ein sehr gutes (70,4 %) bzw. gutes (25,9 %) Ergebnis festgestellt werden. Der Mittelwert des WOSI-Score liegt bei 82,3 % und im altersadaptierten Constant-Score bei 86,74 auf der operierten Seite. Der Unterschied des Constant-Scores zwischen der operierten und nicht operierten Seite beträgt 11,63 %.

Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit dem aktuellen Stand der Literatur für vergleichbare OP-Methoden. Warner et al. (58) konnten bei einem ähnlichen Follow-up (33 Monate) ein etwas besseres Ergebnis im Rowe-Score (94 Punkte) erzielen. In diesem Fall ist allerdings zu beachten, dass die Kohorte mit 11 Studienteilnehmenden deutlich kleiner war. Bei ähnlicher Anzahl an Patientinnen und Patienten (n = 32) konnten Bockmann et al. (85) einen Constant-Score von 87 und einen WOSI-Score von 71 % ermitteln. Auch eine von Moroder et al. (86) im Jahr 2014 publizierte Studie berichtet über ähnliche klinische Ergebnisse. Bei einem mittleren Follow-up von 34,6 Monaten und einer Anzahl von n = 9 Studienteilnehmenden wurden ein Rowe-Score von 85 und ein WOSI-Score

von 82 % erzielt. Eine weitere Studie, die mittelfristige Ergebnisse nach Beckenkammstabilisierung eines knöchernen Glenoiddefektes beschreibt, wurde von Kraus et al. (87) durchgeführt. Mit einem mittleren Follow-up von 21 Monaten konnten 15 Studienteilnehmende klinisch erfasst und ein Constant-Score von 85, ein Rowe-Score von 88 und ein WOSI-Score von 77 % beschrieben werden.

Bei der Auswertung der im Rahmen der Nachuntersuchung durchgeführten Röntgen-Untersuchung des Schultergelenks zeigten sich in sechs Fällen (22,2 %) arthrotisch-degenerative Veränderungen. Diese Studienteilnehmenden zeigten präoperativ-arthroskopisch Knorpelschäden. In drei Fällen lag eine milde Arthrose vor (11,1 %), während in drei weiteren Fällen die Arthrose bereits moderat fortgeschritten war (11,1 %). Hierbei zeigten drei Studienteilnehmende bereits präoperativ degenerative Veränderungen im Röntgenbild. Bei allen drei Fällen konnte kein Fortschritt der degenerativen Veränderungen beobachtet werden. Drei der sechs Studienteilnehmenden haben postoperativ in der Röntgenkontrolle erkennbare degenerative Veränderungen entwickelt.

Eine wichtige Ursache für die arthrotischen Veränderungen sind traumatische Schäden des Gelenkknorpels. In neun Fällen konnten intraoperativ Knorpelläsionen des Glenoids festgestellt werden. Bei sechs dieser neun Fälle wurde im Follow-up eine Arthrose diagnostiziert. Auch die drei Studienteilnehmenden, bei denen im präoperativen Röntgenbild keine Hinweise auf eine Arthrose ersichtlich waren, hatten bereits zum Zeitpunkt der OP einen Knorpelschaden, sodass diese arthrotischen Veränderungen sich am ehesten noch im Frühstadium befanden und somit nicht mittels Röntgen diagnostiziert werden konnten. Von den insgesamt sechs Studienteilnehmenden mit radiologischen Zeichen einer Omarthrose in der Röntgen-Kontrollaufnahme im Follow-up hatten 100 % bereits präoperativ entstandene, signifikante Knorpelläsionen. Daher gehen ist davon auszugehen, dass eine präoperative, traumaassoziierte Knorpelbeschädigung das Risiko, eine Omarthrose zu entwickeln, erheblich steigert. Eine Zunahme der Arthrose ist grundsätzlich immer anzunehmen und ist abhängig vom Nachuntersuchungszeitraum. Grund dafür ist, dass die Gelenkfläche im Zuge der Augmentation durch eine nicht mit Knorpel überzogene Schicht aus der Crista iliaca erweitert wird (88). Weiterhin fiel bei der Analyse der postoperativ aufgenommenen CT-Aufnahmen auf, dass trotz des Span-Remodellings eine kleine Reststufe zur augmentierten Glenoidfläche verbleibt, sodass auch dies den arthrotischen Prozess begünstigen kann. Ob die Ursache der im Follow-up diagnostizierten Arthrose in drei Fällen wirklich die Beschädigung des Knorpels war und

sich diese zum Zeitpunkt der OP noch im absoluten Frühstadium befand und daher röntgenmorphologisch noch nicht diagnostizierbar war oder die Arthrose mit der Operation verschärft wurde, lässt sich retrospektiv nicht klären.

Auch in anderen Studien mit mittelfristigen Ergebnissen nach Schultergelenksstabilisierung mittels Beckenkammspan konnten bereits mittelfristig arthrotische Veränderungen festgestellt werden. Während Scheibel et al. (89) eine ähnlich hohe Arthrose-Quote von 20 % bei mittlerem Follow-up von 37,9 Monaten beschrieben haben, zeigten Boehm et al. (90) trotz kürzerem Follow-up von nur 20,6 Monaten einen deutlich höheren Anteil an Studienteilnehmenden mit Arthrose (47 %, n = 7), wobei zu beachten ist, dass bei vier der sieben Studienteilnehmenden mit Arthrose kein Progress der degenerativen Veränderungen im Vergleich zum präoperativen Stadium festgestellt werden konnte. In einer im Jahr 2004 publizierten Studie von Buscayret et al. (91) konnte demonstriert werden, dass die Entwicklung einer präoperativen Arthrose bei knöchernen Glenoidläsionen wahrscheinlicher ist als bei unbeschädigtem Glenoid; das Risiko dafür beziffern sie mit 35,1 %. Im Vergleich dazu entwickeln nur 2,7 % der Patientinnen und Patienten ohne Glenoid-Läsion eine präoperative Arthrose. Neben dem glenoidalen Knorpelschaden ist laut Buscayret et al. vor allem das Alter bei Erstluxation entscheidend: Je älter der Patient oder die Patientin bei initialer Luxation ist, umso wahrscheinlicher ist es, dass dieser eine präoperative und/oder postoperative Arthrose entwickelt. Diese Ansicht wird gestützt durch Hovelius et al. (62), die die Ansicht vertreten, dass in Fällen, bei denen die Erstluxation vor dem 23. Lebensjahr stattfindet, das Risiko, eine Arthrose zu entwickeln, signifikant geringer ist, als in Fällen mit einer späteren erstmaligen Schulterinstabilität. Diese Schlussfolgerung ist nach Lunn et al. (92) allerdings zu hinterfragen, da diese in ihrer Studie keinerlei Zusammenhang zwischen Alter bei Erstluxation und Arthrose-Entwicklung finden konnten. In dieser Studie war es vielen Studienteilnehmenden nicht möglich, das Alter bei Erstluxation präzise anzugeben. Der Grund lag meistens darin, dass aufgrund zahlreicher Luxationsereignisse Unsicherheit bestand, wann genau die initiale Luxation erfolgt ist.

Außer dem Alter bei Erstluxation postulieren Buscayret et al., dass die Anzahl der Luxationen mit der postoperativen Arthrose korreliert, aber nicht mit der präoperativen Arthrose (91). Drei der in dieser Studie erfassten Teilnehmenden haben erst postoperativ Arthrose-Zeichen im Röntgen entwickelt. Pat.-ID 2 mit milder Arthrose hat präoperativ drei Schulterluxationen erlitten. Die beiden Studienteilnehmenden mit postoperativer Arthrose Grad 2 (Pat.-4 und 25) hatten zuvor 12 bzw. 11 Luxationsereignisse. Allerdings haben zwölf andere Studienteilnehmende mit mehr als 10 Luxationsereignissen bisher

keine postoperative Arthrose entwickelt. Ein protektiver Faktor vor der Entwicklung einer Arthrose kann eine Hyperlaxizität sein. Elf Studienteilnehmende hatten eine Hyperlaxizität. Bei neun dieser elf Studienteilnehmenden fanden mindestens 5 Luxationsereignisse statt. In sechs Fällen fanden sogar 11 oder mehr Luxationsereignisse statt. Betrachtet man den Anteil von Studienteilnehmenden dieser Studie mit Hyperlaxizität und Omarthrose, so fällt auf, dass dieser gering ist. Nur zwei von elf Studienteilnehmenden hatten sowohl eine manifeste Hyperlaxizität als auch eine Omarthrose. Folglich ist eine Hyperlaxizität zwar ein begünstigender Faktor für die Entstehung einer Luxation, ist jedoch bezüglich der Entwicklung einer Arthrose protektiv wirkend.

Eine weitere Ursache für eine postoperative Arthrose der Schulter kann ein Schraubenüberstand sein, der sich im Rahmen des Span-Remodellings ergibt. In allen vier vorliegenden, postoperativen CT-Aufnahmen fiel auf, dass das Remodelling primär am Unterend des Knochenblocks resultiert und nur sekundär um die Schraubenhälse. Die potenziellen Komplikationen des Span-Remodellings sind bereits in mehreren Studien beschrieben (58, 85). Im Falle eines Schraubenüberstands und intraartikulärer Graft-Fixierung steigt das Risiko, dass der knorpelbeschichtete Humeruskopf in Kontakt mit den Schrauben kommt. Es ist zu vermuten, dass es bei übermäßigen Translationsbewegungen zu rezidivierenden Mikrotraumen des Knorpels kommen kann, die die Arthrose-Entwicklung beschleunigen. Abbildung 38 schematisiert diesen Pathomechanismus. Diese Vermutung kann die moderaten arthrotischen Veränderungen (Grad II) von Pat.-ID 4 erklären. Der Patient musste aufgrund schmerzhafter Dislokationsarthropathie 26,3 Monate nach der Beckenkammstabilisierung offen revidiert werden. Aufgrund eines Schraubenüberstands von 5–6 mm wurden die Schrauben, um den direkt benachbarten N, axillaris nicht zu gefährden, über einen offenen horizontalen Subscapularis-Split entfernt, obwohl sie die Gelenklinie nicht überragten. Nach Spanresorption kann es bei übermäßiger Translation zu einem Kontakt zwischen dem Knorpelüberzug am Humeruskopf und dem frei stehenden Schraubenhals kommen. Dem soll der operative Kapselshift entgegenwirken. Das Ausmaß des Kapselshifts ist entscheidend dafür, dass eine Verminderung des Kapselvolumens bewirkt wird, um einer übermäßigen Translationsbewegung mit rezidivierenden Mikrotraumen am Knorpelüberzug protektiv entgegenzuwirken. Bei zu stark forciertem Kapselshift und dadurch zu stark ausgeprägter Verkürzung und postoperativer Bewegungseinschränkung kann es allerdings zu einem signifikant schlechteren klinischen Outcome kommen, sodass der Operierende hier das richtige Ausmaß des Kapselshifts finden muss.

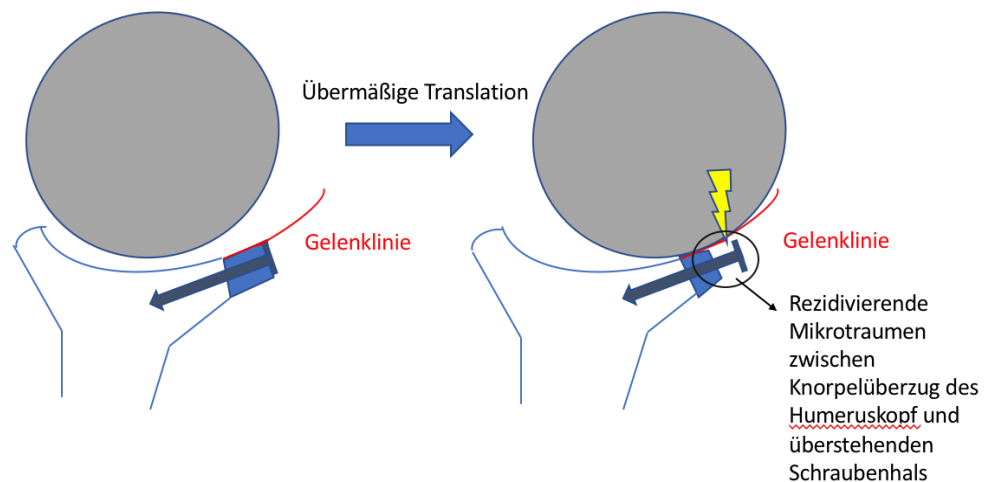


Abbildung 38: Schematische Darstellung der Entstehung von rezidivierenden Mikrotraumen zwischen dem Knorpelüberzug am Humeruskopf und überstehendem Schraubenhals bei übermäßiger Translation

Anders als beispielsweise von Warner et al. (58) oder Bockmann et al. (85) zuvor beschrieben, konnte bei keinem Studienteilnehmenden eine Schraubenlockerung festgestellt werden. Nach der Schraubenentfernung und einem Gesamt-Follow-up von 40,1 Monaten zeigte Pat.-ID 4 trotz erkennbarer Omarthrose ein zufriedenstellendes klinisches Ergebnis und Zufriedenheit mit dem Endbefund (Rowe-Score: 95 / Oxford-Score: 16 / altersadaptierter Constant-Score: 93).

Drei Studienteilnehmende hatten bereits in präoperativen Röntgen-Aufnahmen Anzeichen einer Arthrose. Um das Risiko einer präoperativen Arthrose zu minimieren, empfehlen Buscayret et al. (91), nach Erstluxation schnell eine operative Therapie anzustreben, sofern eine Operation die Therapie der Wahl darstellt. Denn auch eine verlängerte Dauer zwischen Erstluxation und Operation erhöht das Risiko einer präoperativen Arthrose durch die Progression der Knorpelschäden.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Anteil an Studienteilnehmenden, die eine Arthrose im GH-Gelenk entwickeln, weiter ansteigen wird. Dies haben zahlreiche Studien zu den langfristigen Ergebnissen einer Beckenkammstabilisierung bei anteriorer Schulterinstabilität gezeigt (59, 93-95). Bei Follow-up-Zeiträumen zwischen 8,5 und 29 Jahren liegt der Arthrose-Anteil bei 47 – 86 %. Wie entscheidend eine degenerative Veränderung des GH-Gelenks das klinische Outcome beeinflusst, wird bei dem Vergleich von Score-Ergebnissen zwischen Studienteilnehmenden mit bzw. ohne Omarthrose deutlich. In allen in dieser Studie verwendeten Scoring-Systemen haben Patienten mit

Arthrose signifikant schlechter abgeschnitten. Kee et al. (96) konnten einen vergleichbaren Zusammenhang auch bei Patienten und Patientinnen feststellen, die mit der Latarjet-Methode versorgt wurden. Diese Beobachtung verhält sich allerdings konträr zu der von Rahme et al. (95), die in langfristigen Follow-up-Untersuchungen von 87 Studienteilnehmenden über durchschnittlich 29 Jahre zwar einen Arthrose-Anteil von 47 % beobachten konnten, dennoch konnte kein signifikanter klinischer Unterschied zu Studienteilnehmenden ohne Arthrose gefunden werden. In dieser Studie haben im Rowe-Score zwar sowohl Teilnehmende mit (76,67) als auch ohne Arthrose (87,14) ein gutes Ergebnis erzielt, dennoch fällt dieser Unterschied zwischen beiden Gruppen signifikant aus (0,048). Auch beim Oxford-Score haben Studienteilnehmende mit Arthrose immer noch ein gutes Ergebnis (26,17). Allerdings ist der Unterschied zu Studienteilnehmenden ohne Arthrose (18,95; sehr gutes Ergebnis) signifikant. Dieser signifikante Unterschied zeigt sich auch im WOSI- ($p = 0,012$) und im Constant-Score ($p = 0,007$). Zu betonen ist allerdings, dass keiner der Studienteilnehmenden mit Arthrose ein klinisch schlechtes Ergebnis erzielt hat. Die Arthrose-Entwicklung kann beispielsweise dadurch verhindert werden, dass die Kapsel nach Span-Fixierung intraartikulär am anatomisch intakten Glenoid fixiert wird und der Graft extraartikulär fixiert wird. Ob die Operation offen oder arthroskopisch durchgeführt wird, spielt für die Entwicklung einer Arthrose keine Rolle (91, 97, 98). Insgesamt ist festzuhalten, dass auch eine klinisch erfolgreiche Operation den Progress einer Arthrose nicht aufhalten, sondern im besten Fall lediglich verlangsamen kann (99).

Neben den Scoring-Systemen und der Arthrose-Entwicklung ist klinisch ebenfalls relevant, inwiefern sich bei Studienteilnehmenden ein Außenrotationsdefizit ergeben hat. Das Außenrotationsdefizit lag durchschnittlich bei $10,96^\circ$. Dies ist vergleichbar mit Werten aus der Literatur (58, 59, 100). Das Außenrotationsdefizit liegt hier zwischen $4,1^\circ$ und 14° . Dieses Außenrotationsdefizit wird laut Burkhart und De Beer ganz bewusst in Kauf genommen und ist im Rahmen des offenen Kapselshifts bei einer gleichzeitig bestehenden Hill-Sachs-Läsion erwünscht. Durch eine verringerte Außenrotation kann verhindert werden, dass aus einer On-Track eine Off-Track Hill-Sachs-Läsion entstehen kann (13). Ein weiterer Grund für das Außenrotationsdefizit kann die Arthrose des GH-Gelenks sein (91). Die Arbeitsgruppe von Buscayret konnte einen proportionalen Zusammenhang zwischen Ausmaß des Außenrotationsdefizites und dem Arthrose-Grad finden. Auch diese Schlussfolgerung von Buscayret muss kritisch hinterfragt werden, da van der Zwaag et al. (101) hier keinerlei Zusammenhang finden konnten. In der hier vorliegenden Studie konnte in neun Fällen ein Außenrotationsdefizit festgestellt werden

(33,3 %). Bei vier dieser neun Fälle lag eine Omarthrose vor (44,4 %). Unter denjenigen Studienteilnehmenden, die kein Außenrotationsdefizit hatten ($n = 18$), hatten nur zwei degenerative Veränderungen des GH-Gelenks (11,1 %). Die Ergebnisse dieser Studie bekräftigen die Ansicht von Buscayret, da der Anteil an Studienteilnehmenden mit Außenrotationsdefizit und gleichzeitigem Vorliegen einer Arthrose überzufällig höher ist, als der Anteil der Studienteilnehmenden, bei denen zwar kein Außenrotationsdefizit vorlag, aber dennoch eine Omarthrose diagnostiziert werden konnte. Das Vorliegen eines Außenrotationsdefizits kann somit als Indikator für das mögliche Vorliegen einer Arthrose fungieren und Hinweis auf den klinischen Zustand sein. Studienteilnehmende mit eingeschränkter Außenrotation erzielten signifikant schlechtere Rowe-Scores (77,22 vs. 87,94, $p = 0,02$). Auch Studienteilnehmende mit einer eingeschränkten Abduktion erzielten signifikant schlechtere Rowe-Score Ergebnisse (75 vs. 87,6, $p = 0,01$). Dies ist eine logische Konsequenz daraus, dass 40 % der Punktwerte im Rowe-Score für die Schulterbeweglichkeit vergeben werden (67). Der Kapselshift ist ein wichtiger Bestandteil des Therapieregimes. Eine wichtige Erkenntnis dieser Studie ist, dass der protektive Nutzen der Kapselraffung (= Einschränkung des Bewegungsausmaßes, daher geringeres Relaxationsrisiko) deutlich den Nachteil überwiegt, aufgrund der Einschränkung der Beweglichkeit ein etwas schlechteres klinisches Outcome in den Scoring-Systemen zu erzielen, denn die Relaxationsrate ist der wichtigste Parameter, den Therapieerfolg zu bemessen.

Eine Beckenkammstabilisierung bei Schulterinstabilität kann entweder offen oder arthroskopisch durchgeführt werden. In dieser Studie wurden alle Patientinnen und Patienten offen operiert. Der Grund liegt darin, dass mehr als die Hälfte der Studienteilnehmenden ($n = 14$, 52 %) bereits voroperiert waren und daher mit Verwachsungen zu rechnen war, viele Studienteilnehmende an einer Hyperlaxizität litten oder der Studienteilnehmende eine erneute arthroskopische Operation abgelehnt hat. Konsequenz davon war, dass es zu einer partiellen Ablösung mit Reinsertion des M. subscapularis kommen musste. Hier wurde eine vertikale Inzision der oberen Hälfte des muskulotendinösen Übergangs des M. subscapularis wenige Zentimeter vor dem Ansatz am Tuberculum minus humeri durchgeführt. Eine weitestgehende Schonung des M. subscapularis wäre zwar prinzipiell durch ein arthroskopisches Therapieregime möglich gewesen, allerdings war dies aufgrund spezieller Charakteristika des Studienkollektivs nicht möglich.

Nur zwei Studienteilnehmende zeigten eine Störung der SSC-Funktion (ID 13 und 25). In beiden Fällen zeigte sich ein pathologischer Bellypress- und Lift-off-Test. Der Test wurde bei fehlendem Kraftaufbau als pathologisch gewertet. Beide Studienteilnehmende zeigten in den präoperativ aufgenommenen MRT- und CT-Aufnahmen bereits eine milde

Atrophie und Verfettung. Wichtige Ursache können allerdings auch offene Voroperationen sein. Beide Studienteilnehmende waren bereits mittels offenem Bankart-Repair voroperiert. Es ist bekannt, dass die Subscapularis-Funktion durch eine wiederholte offene Bankart-Operation entscheidend negativ beeinträchtigt werden kann. Nur selten erfolgt dabei die Inzision lateraler unter Durchtrennung der Gelenkkapsel. Dies wurde von Sachs et al. (102) vorgeschlagen. Bei Pat.-ID 25 zeigte sich keine Progression der Atrophie und Verfettung in einer CT-Aufnahme, die 49,7 Monate postoperativ aufgenommen wurde. Denkbar wäre, in denjenigen Fällen, in denen bereits eine Voroperation mit vertikaler Inzision des M. subscapularis stattgefunden hat, eine transversale Inzision durchzuführen, um eine repetitive iatrogene Lädierung des Muskels an der gleichen Stelle zu vermeiden und so das klinische Outcome bei diesen Patientinnen und Patienten zu verbessern. Diese Art, den M. subscapularis zu eröffnen, wird beispielsweise von Moroder et al. (103) regelmäßig durchgeführt, allerdings bleibt zu beachten, dass der Anteil an mittels Inzision des M. subscapularis Voroperierten in dieser Studie deutlich höher ist, als in der von Moroder veröffentlichten Studie aus dem Jahr 2019. Gegen ein unterschiedliches Outcome abhängig von verschiedenen Inzisionsmöglichkeiten des M. subscapularis sprechen auch verschiedene Studien, die auf die Kontroversität der Schlussfolgerung hinweisen, dass bei Subscapularis-schonender Technik keine Muskelatrophie eintreten würde. So zeigen verschiedene Studien auch bei integritätsschonender Absetzung des Muskels durch Osteotomie des Tuberculum minor Zeichen einer Muskelatrophie im Follow-up (104, 105). Dieser therapeutische Ansatz sollte, wenn überhaupt, nur erfahrenen Operierenden empfohlen werden, da zu befürchten ist, dass es bei einem horizontalen Subscapularis-Split zu einer Erhöhung des Risikos neurologischer Komplikationen in Form von Beschädigungen des N. subscapularis und seiner Äste kommen kann.

Maynou et al. (106) konnten zeigen, dass es auch bei der Latarjet-Operation im Zuge des Absetzens des M. subscapularis zu fettig-degenerativen Veränderungen des Muskels kommt. Die Muskelverfettung und die Atrophie fielen bei der vertikalen Inzision deutlich ausgeprägter aus als bei der transversalen Spaltung. Außerdem konnte gezeigt werden, dass das klinische Outcome und die Bildmorphologie beim transversalen Subscapularis-Split signifikant besser ist als bei der L-förmigen Inzision des Muskels. Auch die Außenrotation ist bei L-förmiger Inzision signifikant schlechter. Als Ursache wurde vermutet, dass es bei einem L-Split zu stärkeren Vernarbungen und Verkürzungen im Muskel kommt. In der Literatur ist die Spannweite an Angaben zu postoperativen klinisch pathologischen Subscapularis-Funktionen recht groß und liegt zwischen 0 – 80 % bei

offenem OP-Zugang. Bei offen durchgeführter OP ist eher mit einer Einschränkung der Subscapularis-Funktion zu rechnen als bei einem arthroskopischen Zugang, denn die operative Invasivität auf die Integrität des M. subscapularis ist aufgrund der arthroskopischen Portale deutlich geringer (51, 58, 59, 89, 97, 102, 107).

Auf die Frage, inwiefern eine eingeschränkte Subscapularis-Funktion auch das klinische Outcome nach offen durchgeführter OP-Methode beeinflusst, kann in dieser Studie aufgrund der zu kleinen Kohorte nicht Bezug genommen werden. Dennoch sollte generell immer eine arthroskopische Variante in Erwägung gezogen werden, sofern der Patient oder die Patientin nicht voroperiert wurde, der Glenoiddefekt nicht zu groß ist und keine Hyperlaxizität oder Epilepsie vorliegt (51, 85).

Bei elf Studienteilnehmenden wurde eine SLAP-Repair bei SLAP-II-Läsion durchgeführt. Bei fünf der elf Studienteilnehmenden zeigte sich in der Nachuntersuchung ein druckschmerzhafter Sulcus intertubercularis, sodass zumindest von einem Reizzustand der langen Bizepssehne ausgegangen werden muss. Der dieser Studie zugrunde liegende Therapiealgorithmus ähnelte demjenigen von Brockmeyer et al. (108): Sofern eine SLAP-II-Läsion vorlag, wurde an Patientinnen und Patienten unter 40 Jahren ohne simultane Läsion der Rotatorenmanschette eine SLAP-Repair durchgeführt. Bei Patientinnen und Patienten älter als 40 Jahre und/oder Vorliegen einer Läsion der Rotatorenmanschette wurde eine LBS-Tenodese durchgeführt. In Anbetracht der Tatsache, dass fünf dieser elf Studienteilnehmenden eine klinisch auffällige LBS zeigten, ist dieses Vorgehen zu hinterfragen. Boileau et al. (109) konnten zeigen, dass ein signifikant höherer Anteil an Studienteilnehmenden nach LBS-Tenodese sein prätraumatisches Sportniveau erreichen konnte, als bei der Patientengruppe, welche mit einer SLAP-Repair voroperiert wurde. Weiterhin konnten sie zeigen, dass signifikante Unterschiede hinsichtlich der postoperativen Patientenzufriedenheit bestanden. Studienteilnehmende mit LBS-Tenodese waren nachweislich zufriedener mit dem postoperativen Ergebnis als Studienteilnehmende mit Zustand nach SLAP-Repair. Erkenntnis dieser Studie ist, dass unter diesen Aspekten in Zukunft das Therapieregime bei SLAP-II-Läsionen modifiziert werden sollte. So sollten vor allem bei Überkopf-, Wurf- und Kampfsportlern und -sportlerinnen bereits über 25 Jahren bei Vorliegen einer SLAP-II-Läsion eine LBS-Tenodese in Erwägung gezogen werden.

Im postoperativen Verlauf kam es zu sieben Komplikationen bei sechs Studienteilnehmenden (Gesamtkomplikationsrate: 25,9 %). Diese Komplikationsrate liegt leicht über

den Angaben von Longo et al. (110), welche in ihrem Review unter anderem die Komplikationsrate in vier Studien mit ähnlicher OP-Methode ermittelt haben und sie mit 17,6 % beziffern. Andere Studien liegen bei einer vergleichbaren Gesamtkomplikationsrate von 13–22 %. Allerdings muss beim Vergleich dieser Komplikationsraten zu dieser Studie berücksichtigt werden, dass der Follow-up-Zeitraum dieser Studien tendenziell länger war (85, 90, 95, 100, 111).

Bei dem Großteil der Komplikationen in dieser Studie handelt es sich allerdings um Minor-Komplikationen (18,5 %), welche im kurzfristigen Verlauf vollständig reversibel waren: Bei drei Studienteilnehmenden hat sich an der Span-Entnahmestelle auf Höhe der Crista Iliaca aufgrund der zu aggressiven Frühmobilisierung und Belastung des Beines ein Hämatom entwickelt, welches antibiotisch behandelt wurde. Bei zwei der drei Studienteilnehmenden musste das Hämatom zusätzlich operativ revidiert werden. Ähnliche Komplikationen konnten auch in anderen Studien beobachtet werden (85, 92). Bei zwei Studienteilnehmenden kam es zu Dysästhesien im Bereich der Span-Entnahmestelle. Auch Sensibilitätsstörungen im Innervationsbereich des N. cutaneus femoris lateralis sind eine bekannte Komplikation, die sich durch Beschädigung sensibler Äste des Nervs bei Span-Entnahme aus der Crista Iliaca ergeben kann (103, 112). Die Sensibilitätsstörungen, die in dieser Studie beobachtet wurden, waren alle innerhalb des stationären Aufenthalts komplett reversibel. Bei einem Studienteilnehmenden musste aufgrund eines schmerzverursachenden Schraubenüberstands eine Schraubenrevision durchgeführt werden. Die Major-Komplikationsrate dieser Studie beträgt demnach 7,4 % (je eine Relaxation und operative Schraubenrevision bei schmerzhaftem Schraubenüberstand). Die Relaxationsrate dieser Studie liegt bei (n = 1) 3,7 %. Bei diesem Studienteilnehmenden ist es ohne adäquates Trauma zu einer Reinstabilität gekommen. Diese Quote ist vergleichbar mit der Literatur, in der mittelfristige Reinstabilitätsraten von 0 bis 12 % angegeben werden (58, 85, 107).

Der Studienteilnehmende wurde in domo zweimal voroperiert und erlitt anschließend wieder eine postoperative Rezidivluxationen, sodass trotz des geringen knöchernen Glenoidverlusts von 11,6 % die Indikation zum Knochenblocktransfer gestellt wurde. Diese Indikation wurde zusätzlich durch den Beruf des Patienten (Möbelmonteur) und der damit verbundenen erhöhten Beanspruchung gestützt. Der Studienteilnehmende hatte eine bereits länger bekannte signifikante Hyperlaxizität, erlitt nach der Schulterstabilisierung mittel Beckenkammspan eine Rezidivluxation und wurde nach 12,6 Monaten

mittels Korakoid-Transfer nach Latarjet erneut versorgt. In der körperlichen Untersuchung im klinischen Follow-up (47,2 Monate) bestand aufgrund der hypertrophen Veränderungen aller Narben (auch nach auswärtiger Leistenbruch-OP) der Verdacht auf eine Bindegewebserkrankung. Nach weiterer multidisziplinärer klinischer Abklärung der wulstigen Veränderungen der Narben wurde die Diagnose einer Kollagenose bestätigt. Auch nach dem Korakoidtransfer erlitt der Studienteilnehmende erneut eine Rezidiv-Subluxation. Neben der Kollagenose kann in diesem Fall das Span-Remodelling eine weitere Ursache für die Reluxationen gewesen sein. Der Grund für das Span-Remodelling ist, dass, falls der Knochen keiner Belastung ausgesetzt ist, Knochensubstanz in Bereichen fehlender Belastung abgebaut und in Bereichen hoher Belastung aufgebaut wird (Wolff'sches Gesetz) (86, 90, 113).

Dies passt zu den Erkenntnissen von Di Giacomo et al. (114), die zeigen konnten, dass Patientinnen und Patienten mit einem knöchernen Glenoiddefekt von weniger als 15 % nach Knochenblock-Transfer eine deutlich stärkere Osteolyse zeigen als jene mit einem größeren Glenoiddefekt (65 % vs. 39,6 %). Yang et al. (115) konnten hingegen keine Abhängigkeit der Graft-Osteolyse von der präoperativen Defektgröße ausfindig machen. Für sie ist weniger die Graft-Osteolyse bei Patientinnen und Patienten, welche mit einem Knochenblock-Transfer versorgt wurden, relevant, sondern eher der Voroperationsstatus. Je häufiger ein Studienteilnehmender voroperiert wurde, umso schlechter war das klinische Outcome. Diese Ansicht kann aufgrund der Datenlage dieser Studie nicht unterstützt werden, da sich keinerlei Unterschiede des klinischen Outcomes abhängig von der Anzahl an Voroperationen zeigten.

Der Glenoidverlust unter 20 % bildet eine Art Grauzone und wird daher von Rabinowitz et al. (116) passend als subkritisch bezeichnet. Ihrer Meinung nach besteht für Defektgrößen zwischen 13,5 und 20 % keinerlei therapeutischer Goldstandard. Die Ergebnisse dieser Studie haben allerdings gezeigt, dass die Knochenblock-OP unter anderem bei erhöhten sportlichen und beruflichen Stabilitätsanforderungen auch bei Glenoidverlusten unter 20 % die Therapie der Wahl darstellt. Shaha et al. (17) haben in ihrer Studie einen Grenzwert von 13,5 % knöchernen Glenoidverlusts bei hohen sportlichen Anforderungen gestellt und den Grenzwert für einen kritischen Glenoidverlust für sportlich aktive, junge Menschen somit neu definiert. Weitere Studien konnten zudem zeigen, dass Teilnehmende mit Glenoidverlust von weniger als 20 % kein klinisch schlechteres Outcome haben als Teilnehmende mit größerem Defekt bei Stabilisierung mittels Knochenblock-Transfer (13, 17, 117). Diese Ergebnisse konnten in dieser Studie bestätigt werden. Studienteilnehmende mit weniger als 20 % Glenoidverlust zeigten im Follow-up

kein schlechteres Outcome als solche mit größerem Glenoidverlust. Sie schlossen sogar tendenziell besser ab, ohne dass diese Unterschiede signifikant waren.

Vergleicht man das vorliegende Studienergebnis mit Studien mit längerem Follow-up, in denen primär langfristige Ergebnisse nach Beckenkammstabilisierung ermittelt wurden, liegen die Reluxationsraten bei 9–22 % und damit deutlich höher (59, 95, 100, 111). Zu diesem Zeitpunkt ist allerdings davon auszugehen, dass sich die Reinstabilitätsrate dieser Kohorte im Laufe der nächsten Jahre allenfalls marginal verändern wird. Die höchste Reinstabilitätswahrscheinlichkeit besteht nämlich innerhalb der ersten zwei Jahre postoperativ (111). Zusätzliche Stabilität wird durch den ergänzend zum Knochenblocktransfer durchgeführten Kapselshift erzielt. Durch die Volumenverkleinerung der Schulterkapsel im Rahmen der Kapselraffung resultiert eine Einschränkung der Beweglichkeit im Schultergelenk, welche sich vor allem bei Hyperlaxizität protektiv auf das Risiko einer Rezidivluxation auswirkt (118, 119).

Das vordere Apprehension-Zeichen war bei insgesamt zwei Studienteilnehmenden im Follow-up positiv (7 %), davon war ein Studienteilnehmender derjenige, der als einziger ein Rezidiv erlitten hat. Im Follow-up zeigte dieser abgesehen von dem positiven Apprehension-Zeichen klinisch gute bis sehr gute Ergebnisse in den Erfassungsscores (Rowe: 80, Constant: 85, Oxford: 19). Der zweite Studienteilnehmende mit einem positiven Apprehension-Zeichen entwickelte zwar keine Reluxation, präsentierte sich klinisch aber mit teilweise schlechten Werten. So erreichte dieser im Rowe-Score nur 70 Punkte (befriedigend) und im Constant-Score sogar nur 57 Punkte (schlecht). Der Studienteilnehmende hatte abgesehen von der Schulterinstabilität allerdings noch zahlreiche Nebendiagnosen, welche das klinische Ergebnis beeinflussen haben könnten. So wurden unter anderem eine noch nicht näher definierbare Kollagenose und ein familiäres Mittelmeerfieber festgestellt. Insgesamt ist der Anteil an Fällen mit positivem Apprehension vergleichbar mit der Literatur. Hier liegt der Anteil der Studienteilnehmenden mit positivem Apprehension zwischen 0 und 11 % (86, 90, 100, 112, 120). Allerdings gilt es zu beachten, dass neueste Studien zeigen konnten, dass eine erlebte Schulterinstabilität eine Art traumatisches Gedächtnis hervorruft, welches stets reaktiviert wird, wenn der Arm in die für das Trauma ursprünglich verantwortliche Position gebracht wird. Bestimmte Kortexareale werden hierbei überdurchschnittlich stark aktiviert, insbesondere der Hippocampus und der prämotorische Kortex, sodass das Gefühl einer Instabilität suggeriert wird, ohne dass tatsächlich eine Instabilität vorliegt. Es entsteht eine Art cerebrale Narbe. Neben Veränderungen in der grauen Substanz konnten Zanchi et al. (121) auch patho-

logische Veränderungen in der weißen Substanz feststellen. Sie konnten bei Studienteilnehmenden mit positivem Apprehension eine signifikant erhöhte neuronale Plastizität der Axone in der linken Capsula interna nachweisen. Folglich hat nicht jedes positive Apprehension-Zeichen eine drohende Reinstabilität zu bedeuten; es sollte zunächst als ein Anlass für weitere Diagnostik gewertet werden, ohne zwangsläufig operative Behandlungsbedürftigkeit bedeuten zu müssen (122, 123).

Abgesehen von der Hämatombildung an der Span-Entnahmestelle, den beiden Fällen, in denen es kurzzeitig zu Dysästhesien im Bereich des N. cutaneus femoris lateralis gekommen ist, der Schraubenrevision bei Schraubenüberstand ohne Schraubenlockerung und dem Reluxationsfall ist es zu keiner weiteren Komplikation gekommen. Insbesondere konnten keine intraoperative Nervenläsion des Plexus brachialis, keine Graft-Fraktur, Schraubenlockerung und kein intraartikulärer Schraubendurchbruch beobachtet werden. Abgesehen von dem Reluxationsfall (Pat.-ID 26) und der operativen Schraubenrevision (Pat.-ID 4) waren die verbliebenen fünf Komplikationen (71,4 % der Komplikationen) alle noch im stationären Verlauf oder im Laufe weniger Wochen postoperativ kontrollierbar und sind daher mit geringem Morbiditätspotenzial zu bewerten. Andere Studien, in denen eine ähnliche OP-Methode angewandt wurde, zeigen hingegen noch axilläre Hämatom-Bildungen oder Graft-Frakturen (58, 85). Diese Komplikationen wurden in unserer Studie nicht beobachtet.

4.2 Vergleich zu konkurrierenden OP-Techniken

Ebenfalls auf dem Prinzip der Beckenkammstabilisierung bei anterior-inferiorer bzw. anteriorer Schulterinstabilität basiert das Prinzip des J-Spans, bei dem keinerlei Fremdmaterialien wie beispielsweise Schrauben zur Spanfixierung verwendet werden. Auch mit dieser Methode konnten gute bis exzellente klinische Ergebnisse erzielt werden. Im direkten Vergleich mit dem Korakoid-Transfer nach Latarjet zeigt diese OP-Methode keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome (103). Dadurch, dass keine Schrauben eingesetzt werden, resultiert allerdings eine höhere Belastung auf den Knochenblock. Nach dem Wolff'schen Gesetz bedeutet dies, dass das Ausmaß des Span-Remodellings bei dieser Methode deutlich geringer sein müsste. Allerdings besteht bei der schraubenlosen Span-Fixierung ein größeres Risiko einer Graft-Fraktur verglichen mit der erweiterten Fixierung durch Schrauben. Zwar konnten einige Studien keine Spanresorption feststellen, allerdings konnten andere wiederum ein Remodelling von 10 % feststellen. Werden bei vergleichbarem Glenoiddefekt additiv Schrauben zur Fixierung des Knochenblocks benutzt, fällt das Remodelling deutlich höher aus. Studien, in denen

Schrauben verwendet wurden, zeigten beispielsweise eine 60 %ige Verkleinerung des eingeführten Spans im Follow-up verglichen zur unmittelbar postoperativ durchgeführten 3D-CT.

Ein wichtiger Nachteil der J-Span-OP nach Resch ist, dass der Rehabilitationsprozess deutlich länger dauert und das klinische Outcome stark von der Erfahrung des Operateurs bzw. der Operateurin abhängig ist (112, 113, 124, 125). Wie bei der Span-Fixierung mit Schrauben besteht auch bei der schraubenlosen Verankerung des J-Spans ein signifikantes Risiko, langfristig eine Dislokationsarthropathie zu verursachen (126).

Neben der Schulterstabilisierung mittels Knochenspan aus der Crista Iliaca ist der Coracoid-Transfer nach Bristow-Latarjet eine weitere Methode des Knochenblock-Transfers. Insgesamt ist das mittel- und langfristige klinische Outcome bemessen an den verschiedenen Scoring-Systemen und dem Arthrose-Risiko sehr ähnlich zu den Ergebnissen nach Beckenkammstabilisierung. So liegen die Angaben für den Rowe-Score in der Literatur zwischen 81 und 92, für den WOSI-Score zwischen 82 % und 90 % und den Constant-Score bei 80 – 84. Auch die Reluxationsraten sind auf einem Niveau mit der Beckenkammstabilisierung und liegen zwischen 0 und 15,4 %. Langfristige Studien haben gezeigt, dass das Risiko, langfristig eine Arthrose nach einem Korakoid-Transfer nach Bristow-Latarjet zu entwickeln, in etwa vergleichbar ist mit dem Risiko bei einer Beckenkammstabilisierung. Es werden in der Literatur Werte von bis zu 71 % angegeben (56, 62, 115, 127-133).

Bigliani et al. (134) geben an, dass der Korakoidtransfer nach Latarjet bei signifikanten Glenoiddefekten die Therapie der Wahl sei. Dies ist zwar im Hinblick auf die klinischen Scoring-Werte und das Rezidiv-Risiko denkbar, berücksichtigt allerdings nicht die Gesamtkomplikationsrate. Diese ist in der Literatur mit bis zu 33 % angegeben (135). Vor allem die Schwere der Komplikationen unterscheidet sich erheblich von denen dieser Studie. Die schwerwiegendste Komplikation des Korakoidtransfer nach Latarjet ist die Läsion zahlreicher Nerven im axillaren Operationsgebiet. In der Literatur sind Wahrscheinlichkeiten von 1 bis 21 % angegeben. Häufig sind der N. axillaris, N. ulnaris und der N. musculocutaneus betroffen. In den meisten Fällen sind diese Beschädigungen vollständig regredient, allerdings sind auch einige Fälle beschrieben, in denen sich die Nervenfasern nie vollständig regenerieren konnten und ein langfristiges Defizit verblieben ist. Auch vaskuläre Komplikationen wie beispielsweise die Beschädigung der A. axillaris sind beschrieben worden (56, 135, 136).

Freehill et al. (137) beschreiben, dass beim Korakoidtransfer nach Latarjet eine tiefgreifende Veränderung der Anatomie erfolgt. Diese führt zu einer signifikanten Einschränkung der Innenrotation verglichen mit dem Beckenkammtransfer (103). Außerdem kann diese tiefgründige Veränderung der Anatomie für neurovaskuläre Komplikationen verantwortlich sein. So kommt es zu einer Verlagerung des N. axillaris nach medial. Der N. musculocutaneus wird nach inferomedial verlagert und die Ursprungssehnen des M. coracobrachialis und des kurzen Bizepskopfes gewinnen an Laxität. Um das Risiko von Nervenläsionen zu verringern, hat sich ein intraoperatives Neuro-Monitoring als hilfreich erwiesen und sollte bei dieser Operationsmethode unbedingt angewandt werden (136). Da die Conjoint-Tendons an Laxität gewinnen, sollte vor allem bei Patienten und Patientinnen mit Hyperlaxizität und multidirektionaler Instabilität von dieser Operationsmethode abgesehen werden. Betrachtet man den Anteil der Teilnehmer mit einer Hyperlaxizität in dieser Studie (41 %), wäre diese Technik bei fast der Hälfte der Studienteilnehmer nicht in Frage gekommen und hätte den Effekt der Kapselraffung neutralisiert. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Hyperlaxizität ein großer Risikofaktor für eine Schulterinstabilität ist, stellt sich in Zusammenschau mit den Ergebnissen dieser Studie deshalb die Frage, inwiefern der Korakoidtransfer nach Latarjet, selbst unter Ausklammerung der hohen Komplikationsrate, überhaupt als Therapie der Wahl bezeichnet werden kann, da sie für einen nicht unerheblichen Teil der Betroffenen gar nicht in Frage kommen sollte (138). Studienteilnehmer mit Hyperlaxizität zeigten keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome verglichen mit Studienteilnehmern ohne Hyperlaxizität. Daher eignet sich die Beckenkammspantransfer-Operation kombiniert mit einem Kapselshift vor allem für Patientinnen und Patienten mit Hyperlaxizität. Das Ergebnis dieser Studie legt nahe, dass vor allem die Erweiterung des Therapieregimes um einen Kapselshift erheblich zum positiven klinischen Outcome dieser Kohorte beigetragen hat.

Neben den neurovaskulären Komplikationen fällt insbesondere auf, dass in vielen Studien, die das kurz-, mittel- und langfristige Outcome nach einem Korakoidtransfer nach Schulterinstabilität ermitteln, eine hohe Anzahl an Revisionsoperationen vorzufinden ist. In den meisten Fällen müssen Schrauben postoperativ wieder entfernt werden, da sie falsch positioniert waren. Die Angaben zur Häufigkeit einer Revisions-OP mit Schraubenentfernung variieren in der Literatur und liegen zwischen 1 und 13 %. Bei arthroskopischer Durchführung der OP liegt das Risiko einer Revisions-OP etwas niedriger, dafür ergibt sich eine stärkere postoperative Bewegungseinschränkung (56, 117, 130, 131, 135). Grund für diesen auffällig hohen Anteil an Schraubenrevisionen nach Korakoidtransfer nach Latarjet könnte sein, dass das Outcome dieser OP-Technik stark von der

Erfahrung des Operateurs bzw. der Operateurin abhängig ist. So konnten sowohl Bonneville et al. (132) als auch Dauzère et al. (61) zeigen, dass mit steigender Erfahrung des Chirurgen bzw. der Chirurgin die Komplikationsrate sinkt. Interessant ist insbesondere der Vergleich mit neueren arthroskopischen Varianten der Latarjet-Operation. Eine vergleichende Studie der acht erfahrensten Zentren in Frankreich ergab bei insgesamt 350 Studienteilnehmenden (davon 280 nur in zwei arthroskopischen Varianten operiert, nach 22 Monaten n = 140 nachuntersucht) überwiegend bei den arthroskopischen Varianten multiple Komplikationen unterschiedlichster Art (139).

So entstanden beispielsweise n = 2 intraoperative Knochenblock-Frakturen. Major Komplikationen lagen bei n = 19 (13,5%) vor, darunter sechs Infektionen, acht Rezidivluxationen und drei irreversible Nervenläsionen. Bei neun Patienten mussten Schrauben wegen Fehllage oder Lockerung entfernt werden. Persistender Schmerz und Steife fand sich bei n = 12 und ein komplexes regionales Schmerzsyndrom durch eine mutmaßliche Plexusschädigung bei n = 2.

Unter Berücksichtigung der geschilderten Risiken und der hohen Abhängigkeit vom Operateur bzw. der Operateurin muss die Aussage von Bigliani et al. (134) also weiterhin kritisch hinterfragt werden. Basierend auf den Erkenntnissen dieser Studie, insbesondere im direkten Vergleich zu publizierten klinischen Daten über das Outcome nach Latarjet-Operation, sollte der Beckenkammspantransfer kombiniert mit einem Kapselshift das Mittel der Wahl bei kritischem/subkritischem Glenoidverlust sein. Ausschlaggebend hierfür sind vor allem das höhere Morbiditätspotenzial der potenziellen Komplikationen, die hohe Operateurabhängigkeit und die schlechten Ergebnisse bei Hyperlaxizität beim Korakoid-Transfer.

4.3 Glenoiddefekt

Zur Quantifizierung des Glenoiddefekts im Rahmen der präoperativen Diagnostik liefert die 3D-CT die genauesten Ergebnisse. Es konnte keine Studie gefunden werden, in der die 2D-CT oder beispielsweise die MRT der 3D-CT überlegen ist (37-39, 43). So konnten Rerko et al. (37) zwar einerseits mit 0,875 einen sehr hohen Pearson-Korrelationskoeffizienten für die Messgenauigkeit zwischen der tatsächlichen glenoidalen Defektgröße und der durch die 3D-CT bestimmten Defektgröße demonstrieren, allerdings konnten sie andererseits auch herausfinden, dass der Glenoiddefekt im Mittel um 3,3 Prozentpunkte ($\pm 6,6$) unterschätzt wurde. Bei einer Unterschätzung um bis zu 9,9 Prozentpunkte besteht daher eine hohe Gefahr, den Glenoiddefekt fälschlicherweise als nicht signifikant

einzuordnen, sodass von einer Knochenblocktransfer-Operation Abstand genommen würde. Bishop et al. (39) konnten herausfinden, dass die größten Messungenauigkeiten vorzufinden waren, wenn der Glenoiddefekt zwischen 12 und 25 % beträgt. Dies ist aus zwei Gründen als äußerst kritisch zu bewerten: Betrachtet man die in dieser Studie untersuchte Population, fällt auf, dass 21 von 27 Studienteilnehmenden (78 %) einen Glenoiddefekt zwischen 12 und 25 % hatten, unabhängig davon, ob die Methode nach Chuang oder nach Wambacher benutzt wurde. Andere Studien zeigen ähnliche Ergebnisse (87, 113, 120). Daher ist davon auszugehen, dass zumindest teilweise der knöcherne Glenoiddefekt im Zuge der präoperativen Diagnostik mittels 3D-CT zu niedrig eingeschätzt wurde und tatsächlich größer war. Dieser Aspekt der potenziellen Unterschätzung des Ausmaßes des Glenoiddefekts führt in Anbetracht dessen, dass die größte Messungenauigkeit genau denjenigen Wert einbezieht, der bei dieser Studie als absolute OP-Indikation angesehen wurde (Glenoiddefekt $\geq 20\%$), zu der Frage, bei wie vielen Patienten und Patientinnen ohne relative OP-Indikationskriterien für einen Knochenblocktransfer der Glenoiddefekt zu klein gemessen und somit irrtümlicherweise von einem Knochenblocktransfer Abstand genommen wurde. Dieses Risiko sollte in Zukunft bei Patienten und Patientinnen mit einem knöchernen Glenoiddefekt $< 20\%$ und ohne relative Operationskriterien für den Knochenblocktransfer berücksichtigt werden. Als mögliche Absicherung, um den Glenoiddefekt bei diesen Patientinnen und Patienten nicht fälschlicherweise als nicht signifikant einzuordnen, könnte in Zukunft eine unabhängige Messung durch einen zweiten Arzt bzw. eine zweite Ärztin durchgeführt werden, der den zuerst gemessenen Wert bestätigt oder ablehnt, ähnlich wie es beispielsweise im Mammographie-Screening nach dem Vier-Augen-Prinzip durchgeführt wird. Ein Restrisiko würde natürlich auch dann weiterhin bestehen bleiben.

Ein wichtiger Punkt bei der präoperativen Diagnostik bei Patienten und Patientinnen mit anteriorer Schulterinstabilität ist das Messverfahren, mit dem in der 3D-CT der Glenoiddefekt berechnet wird. Diesbezüglich herrscht kein Konsens. Daher ist die Frage, welches Messverfahren die Methode der Wahl darstellt, von besonderem wissenschaftlichem Interesse. In einer im Jahr 2012 von Bois et al. (38) durchgeführten Studie wurden drei Messtechniken an anatomischen Präparaten miteinander verglichen. Die erste Methode war das W-L-Ratio-Verfahren, welches als lineares Verfahren der hier verwendeten Methode nach Chuang et al. (44) sehr ähnlich ist. Die zweite angewandte Methode ist der Glenoid-Index. Bei dieser Methode ist auch eine 3D-CT Diagnostik der unverletzten Schulter notwendig. Bei der dritten und letzten Messmethode handelt es sich um die Pico-Methode. Sie basiert nicht wie die W-L-Ratio oder der Glenoid-Index auf einem

linearen Verfahren, sondern berücksichtigt vielmehr die Kreisflächen. Anders als bei den jeweils zuvor erwähnten Messmethoden wird allerdings eine Computersoftware zur Quantifizierung des Glenoiddefektes benötigt. Der Vorteil der Pico-Methode gegenüber den anderen beiden Messverfahren ist, dass sie keine 3D-CT der kontralateralen Schulter benötigt, sondern sowohl basierend auf unilateraler als auch bilateraler 3D-CT durchgeführt werden kann (140).

Bois et al. (38) konnten feststellen, dass die W-L-Ratio und der Glenoid-Index nur über genügend Validität und Genauigkeit verfügen, wenn der Defekt anterior liegt. Je weiter der Glenoiddefekt anterior-inferior liegt, umso höher ist das Risiko, dass sein Ausmaß unterschätzt wird. So warnen die Autoren und Autorinnen explizit davor, diese beiden Methoden bei rein inferioren Luxationen anzuwenden, auch wenn solche eine Rarität darstellen. Der Grund ist nachvollziehbar, da sowohl die W-L-Ratio als auch der Glenoid-Index den Längsdurchmesser nicht in die finale Berechnung des prozentualen Glenoiddefektes einbeziehen. Bei der Messmethode nach Chuang et al. (44) müssten demnach Messungenauigkeiten noch stärker ausfallen, wenn der Glenoiddefekt so weit anterior-inferior liegt, dass das Tuberculum infraglenoidale mit in die Fraktur einbezogen ist. Denn so kann der Längsdurchmesser entweder gar nicht erst bestimmt bzw. nur geschätzt werden oder er wird sogar zu kurz bestimmt. Da in der Methode nach Chuang der Längsdurchmesser als Faktor bei der Berechnung des prätraumatischen, ursprünglichen Querdurchmessers des Glenoids fungiert, ist klar, dass das ursprüngliche Glenoid umso schmaler berechnet wird, je kleiner sein Längsdurchmesser ist. Setzt man dann den posttraumatischen Querdurchmesser in Relation zu dem zu niedrig kalkulierten prätraumatischen Querdurchmesser, ergeben sich falsch-niedrige prozentuale Glenoidverluste. Dies erhöht das Risiko, dass sich Operateure und Operateurinnen aufgrund einer Fehlkalkulation des Glenoiddefekts gegen eine Knochenblockaugmentation entscheiden, wodurch das Risiko einer Reluxation steigt (99, 141). Dieser Logik folgend ist die Meinung von Bois dahingehend nachvollziehbar, von der W-L-Ratio bzw. der Messmethode nach Chuang oder von dem Glenoid-Index-Verfahren Abstand zu nehmen, wenn die anterior-inferiore Schulterluxation das Tuberculum infraglenoidale mit einbezieht. Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen auch die These von Bois, dass der anteriore Glenoiddefekt eher Regel als Ausnahme ist. Der Mittelwert der Frakturausrichtung lag in dieser Studie bei $92,46^\circ \pm 6,6^\circ$. Dieser Wert entspricht folglich fast dem Wert von 90° , den Bois in seiner Studie an anatomischen Präparaten mittels Osteotomiesäge gesetzt hat. Ähnliche Frakturausrichtungen konnten auch Saito et al. (18) und Ji et al. (19) be-

obachten. Dies bedeutet, dass in den meisten Fällen davon auszugehen ist, dass meistens, wenn eine Schulterinstabilität diagnostiziert wird, kein Unterschied in Messgenauigkeit und Validität zwischen den linearen und den flächenbasierten Messverfahren besteht, da das Tuberculum infraglenoidale wahrscheinlich nicht affektiert ist. Auch in den Daten dieser Studie gab es keinen Fall, bei dem das Risiko einer erhöhten Fehleranfälligkeit bestünde, da bei keinem Studienteilnehmenden die Glenoidfraktur so weit anterior-inferior ausgerichtet war, dass das Tuberculum infraglenoidale nicht mehr abzugrenzen bzw. an der Fraktur beteiligt war. Der Winkel der am stärksten anterior-inferior gerichteten Fraktur beträgt $102,4^\circ$ bzw. $77,6^\circ$ und ist daher nicht vergleichbar mit dem Wert von 45° , bei dem Bois Einschränkungen in Validität und Messgenauigkeit für die linearen Messverfahren feststellen konnte. Er räumt allerdings selbst ein, dass kritisch zu hinterfragen ist, inwiefern mittels Osteotomiesäge künstlich erzeugte Frakturkanten mit den in der Realität auftretenden Glenoidfrakturen zu vergleichen sind. Im klinischen Alltag und auch in dieser Studie imponieren die Frakturkanten viel unregelmäßiger. Ein anderer wichtiger Punkt, der zulasten der Pico-Methode besteht, wird von der Arbeitsgruppe um Bois außer Acht gelassen: Es ist dafür eine spezielle Software notwendig bzw. eine erweiterte Funktionen im PACS-System erforderlich. Die linearen Messverfahren benötigen keinerlei spezielle Software und sind flächendeckender verfügbar (142).

Neben der Messmethode nach Chuang wurde in dieser Studie das Messverfahren nach Wambacher et al. (45) angewandt. Hierbei ergab sich eine Intraklassen-Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,8. Zwischen den beiden Verfahren besteht demnach eine sehr hohe Korrelation. Von besonderem Interesse sind die Ergebnisse des paarweisen Vergleiches zwischen beiden Messverfahren. Wambacher (143) gibt in seinen Ausführungen an, dass bei der prozentualen Berechnung des Glenoidverlusts mit Hilfe des Querdurchmessers zu hohe Glenoidverluste gemessen wurden, ohne ein Signifikanzniveau anzugeben. Seine Beobachtungen decken sich mit den Ergebnissen dieser Studie. So besteht zwischen beiden Messverfahren zwar eine gute Übereinstimmung, allerdings bestehen zwischen den Messergebnissen signifikante Unterschiede. Es werden bei Berechnung nach Chuang signifikant höhere Glenoidverluste ermittelt als mit Hilfe der Methode von Wambacher ($p = 0,049$). Außerdem hat diese Arbeit gezeigt, dass die Differenz zwischen beiden Messverfahren in 95 % der Fälle zwischen $-5,2\%$ und $+7,9\%$ lag. Diese Bandbreite muss als zu groß betrachtet werden. Dass mit der Chuang-Methode nachweislich signifikant höhere Messwerte ermittelt werden als mit der Methode nach Wambacher und beide Ergebnisse eine hohe Streuweite der Differenz haben, hat Konsequenzen für die OP-Indikation: Operateure und Operateurinnen, die

mit der Chuang-Methode arbeiten, sehen tendenziell eher eine Indikation zum Knochenblocktransfer. Hingegen wird bei Operateuren und Operateurinnen, die die Wambacher-Methode benutzen, eher gegen eine Knochenblocktransfer-OP entschieden, da tendenziell niedrigere Glenoiddefekte ermittelt werden. Welche Messmethode nun die genauere ist, kann durch diese Arbeit nicht erörtert werden.

Nachteil beider Verfahren im Vergleich zur Pico-Methode ist, dass ein bilaterales CT notwendig ist. Dies hat zur Konsequenz, dass die Strahlenexposition des Untersuchten nachweislich steigt (144). Ziel sollte es daher sein, die Berechnungen basierend auf einer unilateralen 3D-CT-Aufnahme durchführen zu können ohne Strahlenbelastung der nicht betroffenen Schulter. Milano et al. (145) konnten zeigen, dass bei der Berechnung des Glenoiddefekts basierend auf uni- oder bilateralen 3D-CT kein signifikanter Unterschied besteht. Weitere Studien sind in Zukunft notwendig, in denen Messwerte mit der Technik nach Chuang oder Wambacher erhoben und mit Ergebnissen der Berechnungen auf Basis einer unilateralen CT verglichen werden. Nur so kann ermittelt werden, ob tatsächlich ein bilaterales CT notwendig ist oder ob dies eine unnötige Strahlenbelastung für die Patientin bzw. den Patienten darstellt. Des Weiteren sollten beide Verfahren mit der Pico-Methode verglichen werden, die für Bois et al. (38) das genaueste CT-Messverfahren für knöcherne Glenoidfrakturen ist. Zwar liefert die Messmethode nach Chuang tendenziell höhere Ergebnisse als das Verfahren nach Wambacher, allerdings erweist sich die Berechnung nach Chuang als deutlich unkomplizierter und schneller umsetzbar im klinischen Alltag. Daher sollte diese Methode vordergründig genutzt werden. Ausnahme sind deutlich inferior gelegene Glenoidfrakturen. Hier könnte das Verfahren nach Wambacher in Erwägung gezogen werden und sollte als Alternative zur Pico-Methode betrachtet werden, da sie keine spezielle Software benötigt und mit Hilfe von mathematischem Grundwissen anwendbar ist. Weitere Studien müssen folgen, welche das klinische Outcome von Patientengruppen vergleichen, deren OP-Indikationen auf Grundlage verschiedener Messmethoden getroffen wurden. So kann analysiert werden, welche Messmethode bei gleicher OP-Methode zum besten klinischen Outcome führt.

Es konnte keinerlei Literatur ermittelt werden, die die glenoidale Defektgröße und eine Omarthrose in Zusammenhang bringt oder nach signifikanten Größenunterschieden im Glenoiddefekt bei Patienten mit posttraumatischer Arthrose sucht. In Anbetracht der kleinen Kohorte dieser Studie wäre es daher nicht angebracht, eine potenzielle Kausalität in diesem Zusammenhang auszuschließen oder zu bestätigen. Hier sollten weitere Studien folgen, um Risikofaktoren einer posttraumatischen Arthrose in Zukunft herausfinden

zu können. Es ist zu vermuten, dass ein signifikantes Trauma, das zu einem großen Glenoiddefekt führt, auch das Risiko einer humeralen Knorpelläsion steigert. Ursächlich hierfür ist, dass nun eine noch unbeschädigte und mit Knorpel überzogene Gelenkfläche über einer großen glenoidalen, scharfkantigen Knochenkante artikuliert, sodass sich dies als progressiver Faktor für weitere Knorpelläsionen auswirkt und damit zwangsläufig in einer Arthrose endet.

Milano et al. (146) gehen zwar nicht auf das Verhältnis zwischen der Größe des Glenoiddefektes und der Wahrscheinlichkeit einer Arthrose ein, sie konnten allerdings Risikofaktoren nennen, die zu einem signifikant größeren Glenoiddefekt führen können. Der Glenoiddefekt ist signifikant größer bei Epileptikern und dann, wenn der Patient bzw. die Patientin einen Beruf ausübt, in dem manuell gearbeitet wird. Außerdem ist der Glenoiddefekt umso größer, je mehr Zeit zwischen initialer Luxation und operativer Versorgung vergeht. Des Weiteren sind die Anzahl der Luxationen und die Hill-Sachs-Impression entscheidend. Je häufiger die Schulter luxiert, umso größer werden meistens beide Läsionen. Patienten und Patientinnen mit chronischer Instabilität haben daher einen signifikant größeren Glenoiddefekt als solche, bei denen es lediglich ein einmaliges signifikantes Trauma gab. Inwiefern Patientinnen und Patienten mit länger zurückliegender initialer Luxation auch einen signifikant größeren Glenoiddefekt haben, lässt sich durch diese Studie nicht klären. An dieser Stelle konnten die Studienteilnehmenden im Rahmen des Anamnesegespräches häufig kein Datum oder keinen Monat nennen, in dem die initiale Luxation stattgefunden hat. Da sie häufig auch keine genaue Anzahl an Luxationen angeben konnten, wurde in dieser Studie davon abgesehen, eine mögliche Korrelation von der Anzahl an Luxationen mit der Größe des Glenoiddefektes zu berechnen.

Bei vier Studienteilnehmenden lagen postoperativ aufgenommene CT-Aufnahmen vor. In diesen konnte ein relevantes Span-Remodelling bestätigt werden. Weitere Beobachtungen dieser Studie ergaben, dass das Remodelling nicht wie erwartet, vor allem um die Schrauben herum am stärksten war, sondern vielmehr sein Maximum am inferioren Knochenblock erreichte. Die Schrauben wirkten also protektiv und förderten die Graft-Osteolyse nicht. Gemäß dem Wolff'schen Gesetz ist daher der inferiore Anteil des Knochenblocks am wenigsten belastet worden und zeigte daher das stärkste Remodelling. Es zeigte sich zwar eine deutliche Spanresorption, allerdings fiel beim beidseitigen Vergleich der relativen Glenoiddurchmesser auf, dass die autologe, osteoklastische Resorption lediglich solch ein Ausmaß erreicht hat, dass der relative Glenoiddurchmesser der Gegenseite erreicht wurde. In dieser Studie konnten drei postoperativ durchgeführte 3D-

CT-Untersuchungen ausgewertet werden. Der Glenoid-Index lag zwischen 94,4 % und 104,2 %. Diese Werte sind vergleichbar mit anderen Studien (59, 86, 87, 147). Es ist zu vermuten, dass der biomechanische Nutzen des körpereigenen Remodellings ist, die normale, ursprüngliche Birnenform wieder herzustellen wobei alle mechanisch unbelasteten Areale abgebaut werden.

4.4 Hill-Sachs-Läsion

Bei insgesamt 16 Studienteilnehmenden zeigte sich eine klare Hill-Sachs-Läsion. Diese Patientinnen und Patienten zeigten keine signifikanten Unterschiede in ihrem klinischen Outcome im Vergleich zu solchen ohne Hill-Sachs-Läsion (n = 11) und erzielten jeweils gute (Rowe-Score, Constant-Score) bzw. sehr gute Ergebnisse (Oxford-Score). Bei 15 Studienteilnehmenden lag eine On-Track Hill-Sachs-Läsion vor, nur bei einem Studienteilnehmenden lag dagegen eine Off-Track Hill-Sachs-Läsion (Pat.-ID 17). Dieses Verhältnis zwischen On-Track und Off-Track Hill-Sachs-Läsionen ist vergleichbar mit der Literatur (148). Neben einem großen Glenoiddefekt (31 % nach Chuang) erlitt der Pat.-ID 17 zusätzlich eine sehr große Hill-Sachs-Läsion (Calandra Typ III, Breite: 19,3 mm, Tiefe: 4,5 mm). Der Studienteilnehmende hatte zuvor insgesamt 10 Luxationen erlitten und war mit einer Bankart-Operation voroperiert.

Grundsätzlich lag der Fokus bei der operativen Behandlung der Studienteilnehmenden mit bipolaren Läsionen auf der Augmentation des Glenoids mittels Beckenkammspan kombiniert mit Kapselraffung und unterschied sich nicht wesentlich von der operativen Therapie bei Studienteilnehmenden ohne Hill-Sachs-Läsion. Auf Basis des GT-Konzepts darf der mediale Rand der Hill-Sachs-Läsion die Knochenskante des Glenoids nicht überschreiten, unabhängig davon, in welcher Position sich der Oberarm befindet. Zu diesem Zweck kann durch Glenoidaugmentation erreicht werden, dass die Kontaktfläche zwischen Glenoid und Humeruskopf vergrößert und so das Risiko einer Luxation gesenkt wird (24). Sowohl die Studienteilnehmende mit On-Track Hill-Sachs-Läsionen als auch derjenige mit Off-Track Hill-Sachs-Läsion erzielten ein gutes bis sehr gutes klinisches Outcome. Da die Kohortengröße der Off-Track Hill-Sachs-Läsion mit einem einzigen Fall zu klein und nicht vergleichbar war mit der Kohortengröße der Studienteilnehmenden mit einer On-Track Hill-Sachs-Läsion, wurden keine Mittelwertvergleiche mittels T-Testung durchgeführt. Bei der Operation von Pat.-ID 17 wurde aufgrund der Off-Track Hill-Sachs-Läsion in Kombination mit einem großen knöchernen Glenoiddefekt die Kapselraffung forciert, um übermäßige Gelenktranslationen zu verhindern. Das Risiko eines postope-

rativen Einrastens der Hill-Sachs-Läsion wurde noch intraoperativ nach erfolgter Augmentation und forcierter Kapselraffung ausgeschlossen, sodass keine zusätzliche Remplissage oder Knochenblockaugmentation der Hill-Sachs-Läsion notwendig wurde. Folge der forcierten Kapselraffung war eine deutliche Einschränkung der postoperativen Außenrotationsfähigkeit des Patienten in der körperlichen Nachuntersuchung, die mit 35° besonders reduziert war, allerdings als notwendig anzusehen ist, um das Risiko von Rezidivluxationen zu mindern. Das der Studie zu Grunde liegende Therapieregime basiert auf den Schlussfolgerungen von Di Giacomo et al. (25). Diese empfehlen bei Patientinnen und Patienten mit einer Off-Track Hill-Sachs-Läsion in Kombination mit einem knöchernen Glenoiddefekt über 25 % nur dann eine ergänzende Remplissage der Hill-Sachs-Läsion, wenn bei erfolgtem Knochenblocktransfer der Oberarm des Betroffenen durch den Operateur in 90° Abduktion und 90° Außenrotation geführt wird und es hierbei zu einer Luxation im GH-Gelenk kommt. Oberste Prämisse bei der Glenoidaugmentation mittels Beckenkammspan bei Patientinnen und Patienten mit einer Off-Track Hill-Sachs-Läsion sollte die Vergrößerung des GT sein. Eine gewisse Überdimensionierung des Spans hat hierbei zu erfolgen, da das Span-Remodelling und eine potenzielle Verkleinerung des GT im postoperativen Verlauf berücksichtigt werden müssen. Einer ähnlichen Auffassung sind auch Plath et al. (149), die bei zu unserer Studie vergleichbarem Follow-up zeigen konnten, dass eine Knochenblocktransfer-Operation ohne ergänzende Remplissage der Off-Track Hill-Sachs-Läsion bereits dazu führt, dass aus Off-Track Hill-Läsionen durch Glenoidaugmentationen On-Track Hill-Sachs-Läsionen werden ohne Hinweis auf eine Rezidivinstabilität trotz Span-Remodelling. Di Giacomo et al. (25) empfehlen, bei bipolaren Läsionen mit Off-Track Hill-Sachs-Läsion und knöchernem Glenoidverlust unter 25 % eine Bankart-OP mit einer Remplissage der Hill-Sachs-Läsion zu kombinieren. Zwar gab es keinen Studienteilnehmenden in der untersuchten Kohorte, auf den diese Kriterien zutreffen, allerdings wird dieses Vorgehen auch kritisch gesehen. In der Literatur sind für dieses Therapieregime Reluxationsraten von bis zu 33 % angegeben (150, 151). Eine Schlussfolgerung kann daher sein, dass auch solche bipolaren Läsionen mittels Beckenkammspantransfer kombiniert mit anterioren Kapselshift behandelt werden, bei denen eine Off-Track Hill-Sachs-Läsion und ein knöcherner Glenoidverlust unter 25 % vorliegt. Eine Remplissage-Operation sollte nur dann in Frage kommen, wenn bei der intraoperativen klinischen Untersuchung nach erfolgtem Spantransfer weiterhin eine Luxation durch den Untersucher bzw. die Untersucherin provoziert werden kann. In solchen Fällen wird die Remplissage empfohlen, obwohl auch diese eine weitere Rotationseinschränkung verursacht (152). Grundprinzip dieser OP-Technik ist die

posteriore Kapsulodese mit Tenodese der Infraspinatus-Sehne in der Hill-Sachs-Läsion, welche dadurch mit Weichteilgewebe aufgefüllt wird. Die Hill-Sachs-Läsion wird folglich von intra- nach extraartikulär verlagert (153). Folge einer Ergänzung des OP-Protokoll um eine Remplissage ist, dass mit einer weiteren Zunahme der Gelenksteife und der Bewegungseinschränkung des Schultergelenks zu rechnen ist, da mit jedem Zentimeter Verkürzung der Infraspinatussehne ein Bewegungssektor von 20° verloren geht (154, 155).

Die Grundlage für die Wahl des Therapieregimes ist eine adäquate bildgebende Diagnostik einer Hill-Sachs-Läsion. Aktueller Goldstandard ist hierbei vor allem aufgrund der deutlich höheren Reliabilität im Vergleich zur Röntgendarstellung eine Kombination aus 2D- und 3D-CT-Bildgebung (156). Bei der Beurteilung der Weichteile ist die MRT der CT überlegen (157). Dies ist insbesondere deshalb relevant, weil bei der Kalkulation das HSI bestimmt werden muss. Dieses ist die Summe aus der Breite der Hill-Sachs-Läsion und der Breite der Fläche zwischen lateraler Begrenzung der Hill-Sachs-Läsion und dem medialen Footprint der Rotatorenmanschette (meistens M. infraspinatus) (158). Dieser Abstand liegt sowohl in dieser als auch in anderen Studien im Millimeterbereich (149). Fehler bei der Bestimmung des Abstandes führen zu einer falschen Berechnung des HSI und können dazu führen, die Läsion falsch einzuordnen, sodass sich der Operateur bzw. die Operateurin für das falsche Therapieregime entscheiden kann. Oft ist eine genaue Bestimmung des Abstandes auf Grundlage von 2D-CT-Bildern wegen des schwachen Weichteilkontrastes insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit sehr kräftiger Rotatorenmanschette inadäquat und daher in solchen Fällen die Beurteilung der bipolaren Läsion in der 3D-MRT eine Alternative. Hierbei ist bekannt, dass es bei der Einordnung einer Hill-Sachs-Läsion in On- und Off-Track-Läsionen keinen Unterschied zwischen der 3D-MRT und der 3D-CT gibt (156, 159). Stillwater et al. (159) empfehlen, die CT-Diagnostik bei der Beurteilung einer Hill-Sachs-Läsion zu verlassen und eine MRT-Diagnostik zu favorisieren.

4.5 Fehleranalyse

Im Kapitel „Methodik“ konnten rückblickend einige Schwächen gefunden werden. Grundsätzlich ist die Kohorte dieser Studie trotz der harten Selektionskriterien mit 27 Fällen als klein anzusehen. Weitere, möglichst multizentrische Studien wären in Zukunft wünschenswert, um das mittelfristige Ergebnis von Patientinnen und Patienten mit großen Glenoiddefekten nach Versorgung mittels Beckenkammspan und Kapselshift darzustellen. Zwar konnten in den klinischen Scoring-Systemen überwiegend gute bis sehr gute

Ergebnisse erzielt werden, allerdings bleibt das präoperative Ausgangsniveau unklar. Präoperativ lagen insbesondere die standardisierten Fragebögen zur Befindlichkeit (PROMs) nur unvollständig vor und wurden nicht von allen Studienteilnehmenden ausgefüllt. So bleibt unklar, um wie viel besser es dem Studienteilnehmenden nach der OP geht. Es liegen diesbezüglich meistens nur die subjektiven Beurteilungen vor, die im Rahmen der postoperativen Kontrolluntersuchung von den Patientinnen und Patienten später geäußert wurden.

Ein weiterer Punkt, der nicht klar diskutiert werden konnte, ist, inwiefern das Alter bei initialer Erstluxation für die Arthrose-Entwicklung relevant ist. Hier waren im Rahmen der Anamnese oft keine eindeutigen Antworten zu bekommen.

Ebenfalls waren die potenziellen Risikofaktoren für das spätere Rezidivrisiko retrospektiv nicht ermittelbar, da beispielsweise der präoperativ ausgeübte Beruf und die genaue Sportanamnese (Kontakt- versus Überkopfsport) anamnestisch nicht exakt angegeben oder der Zeitraum zwischen initialer Erstluxation und OP nicht klar definiert werden konnte.

Die klinischen Nachuntersuchungen wurden von unterschiedlichen Ärzten durchgeführt. Diese haben teilweise jahrzehntelange Erfahrung, allerdings wäre eine noch höhere Reliabilität gegeben gewesen, wenn alle Nachuntersuchungen nur von einem einzigen Arzt bzw. einer einzigen Ärztin durchgeführt worden wären. Neben der körperlichen Nachuntersuchung fand im Rahmen der Qualitätskontrolle eine postoperative Röntgenkontrolle statt, um das Schraubenmaterial und die Spanresorption zu beurteilen. Eine Quantifizierung oder Kategorisierung der Spanresorption konnte mit Hilfe der Röntgen-Diagnostik nicht vorgenommen werden. Es konnte lediglich festgestellt werden, ob eine Spanresorption stattgefunden hat oder nicht. Weiterhin lagen bei nur vier Studienteilnehmenden postoperative CT-Aufnahmen vor, sodass keine statistisch fundierten Aussagen über das Ausmaß des Remodellings getroffen werden konnten. Bezüglich der beiden Vermessungsmethoden des Glenoiddefekts konnte zwar festgestellt werden, dass beide zueinander eine hohe Korrelation besitzen, sich aber dennoch signifikant unterscheiden. Es bleibt unklar, welcher Wert eher dem tatsächlichen Glenoidverlust entspricht. Ein Vergleich mit Referenzwerten aus der Kontroll-Arthroskopie wäre nicht hilfreich gewesen, da hier der Glenoiddefekt nur grob mit der Kalibrierung des Tasthakens abgeschätzt werden kann, auch wenn in der Vergangenheit die „Bare-Spot-Methode“ von amerikanischen Chirurgen und Chirurginnen gern als Goldstandard gegenüber CT-Messverfahren angegeben wurde (44, 160).

5 Zusammenfassung

In der Klinik für Schulterchirurgie des Rhön-Klinikums wurden zwischen 01/2012 und 11/2015 49 Patientinnen und Patienten wegen eines Glenoiddefektes mittels offener Beckenkammspan-Rekonstruktion mit Kapselshift bei traumatischer anteriorer Schulterinstabilität behandelt. Studien-Einschlusskriterien waren ein dokumentiert klinischer und röntgenologischer Follow-up von mindestens 12 Monaten und ein kompletter präoperativer 3D-CT-Datensatz. Ausschlusskriterien waren eine traumatische Schulterluxation oder eine Voroperation der kontralateralen Schulter. Von 41 potenziell verbliebenen Studienteilnehmern und Studienteilnehmerinnen konnten 27 in dieser Studie analysiert werden. Die 14 Patientinnen und Patienten, die nicht in dieser Studie erfasst wurden, kamen lediglich zur ersten postoperativen Nachuntersuchung nach 6 Monaten, sodass sie nicht in der Studie erfasst werden konnten. Ziel der Studie war es, das kurz- bis mittelfristige klinische Outcome dieser Kohorte festzuhalten und mit den Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen zu vergleichen. Neben dem klinischen Outcome sollten die präoperativ verwendeten, verschiedenen Messmethoden für den Glenoiddefekt miteinander verglichen werden.

Das mittlere Follow-up lag bei 27,11 Monaten. Das kurz- bis mittelfristige Ergebnis wurde durch diverse Erfassungsscores (Rowe-, Constant-, Oxford-Shoulder- und WOSI-Score), eine körperliche Nachuntersuchung und eine Röntgen-Kontrolle festgehalten. In Ausnahmefällen fand zur Abklärung von bestehenden Beschwerden eine postoperative CT-Aufnahme statt. Die prozentualen Glenoiddefekte mit der Messmethode von Chuang und der von Wambacher wurden nochmals neu berechnet und überprüft. Insgesamt zeigten sich überwiegend gute bis exzellente kurz- bis mittelfristige OP-Ergebnisse (Rowe-Score: 84,81, Oxford-Shoulder-Score: 20,56, WOSI-Score: 371, Constant-Score: 86,74). Die OP-Methode eignet sich gut auch für Patientinnen und Patienten, die sportlich aktiv sind, mehrfach voroperiert sind, multiple Luxationsereignisse hatten sowie für diejenigen mit relevanter Hyperlaxizität, bei denen eine Latarjet-Operation kontraindiziert ist. Die OP-Methode ist somit auch gut bei Patientinnen und Patienten mit subkritischem Glenoidverlust < 20 % anzuwenden, wenn zusätzliche Risikofaktoren wie Hyperlaxizität, eine große Hill-Sachs-Läsion oder ein erhöhter Belastungsanspruch bedingt durch Sport oder Beruf vorliegen. Eine Omarthrose (22,2 %, n = 6) führt zu einem signifikant schlechteren klinischen Ergebnis. Als Ursache für die vorzeitige Arthrose sind die traumatisch bedingten, erheblichen Knorpelläsionen anzusehen, welche bei allen sechs Studienteilnehmenden, die zunehmende arthrotische Veränderungen im Follow-up zeigten, bereits

intraoperativ festgestellt wurden. Insgesamt liegt die Gesamtkomplikationsrate bei 25,9 %. Der überwiegende Anteil (18,3 %) waren Komplikationen mit geringer Morbidität (Minor-Komplikationen), die noch im stationären Verlauf erfolgreich therapiert wurden. Bei einem Studienteilnehmenden kam es zu einer Reluxation, was einer Reluxationsrate von 3,7 % entspricht. Dieser Patient hatte eine manifeste Kollagenose, wurde mittels einer Latarjet-Operation revidiert und entwickelte auch nach dieser Operation ein Subluxationsrezidiv. Bei einem Studienteilnehmenden musste aufgrund eines wahrscheinlich schmerzhaften Schraubenüberstands eine offene Schraubenrevision durch horizontalen Subscapularis-Split erfolgen. Intraoperative Nerven- und Gefäßläsionen waren nicht zu beobachten. Bei allen Studienteilnehmenden kam es zum Span-Remodelling ohne Schraubenlockerung oder Spanbruch. Eine übermäßige Spanresorption erfolgt in der Regel an der antero-inferioren Kante, während um die Osteosyntheseschrauben eine Überkontur persistiert. Die Glenoiddefekte lagen bei 23,39 % (Chuang) bzw. 22,06 % (Wambacher). Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung der Messergebnisse beider Methoden, allerdings lagen die Werte nach Chuang signifikant höher. Die Chuang-Methode zeigt sich deutlich einfacher durchführbar im klinischen Alltag, sollte allerdings nicht angewandt werden, wenn die Glenoidfraktur bis in das Tuberculum infraglenoidale reicht. Bei 16 Studienteilnehmenden zeigte sich eine Hill-Sachs-Läsion. In 15 Fällen handelte es sich um eine On-Track-Läsion, in einem Fall um eine Off-Track-Läsion. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome zwischen Studienteilnehmenden mit und ohne Hill-Sachs-Läsion. Beide Gruppen zeigten ein gutes bis sehr gutes klinisches Outcome.

Abschließend lässt sich sagen, dass der Knochenblocktransfer mit Beckenkammspan und kombiniertem Kapselshift kurz- bis mittelfristig überwiegend zu guten bis exzellenten Ergebnissen bei Patientinnen und Patienten mit kritischem und auch subkritischem Glenoidverlust sowie mit oder ohne Hill-Sachs-Läsion ohne bleibende neurologische Schäden führt. Weitere Studien sind notwendig, um potenzielle Verbesserungen der OP-Technik ausfindig zu machen und die präoperative Diagnostik zu verbessern, damit das klinische Outcome auch in Zukunft verbessert werden kann.

6 Literaturverzeichnis

1. Gohlke F.: Biomechanik der Schulter. *Der Orthopäde* 2000; 29: 834-844.
2. Carr A. J.: (i) Biomechanics of shoulder stability. *Current Orthopaedics* 1996; 10: 146-150.
3. Simonet W. T., Melton L. J., 3rd, Cofield R. H., Ilstrup D. M.: Incidence of Anterior Shoulder Dislocation in Olmsted County, Minnesota. *Clin Orthop Relat Res* 1984; 186: 186-191.
4. Habermeyer P., Magosch P., Lichtenberg S.: Schulterinstabilitäten. Klassifikation und Behandlung. *Der Orthopäde* 2004; 33: 847-872.
5. Taylor D. C., Arciero R. A.: Pathologic changes associated with shoulder dislocations. Arthroscopic and physical examination findings in first-time, traumatic anterior dislocations. *Am J Sports Med* 1997; 25: 306-311.
6. Norlin R.: Intraarticular pathology in acute, first-time anterior shoulder dislocation: an arthroscopic study. *Arthroscopy* 1993; 9: 546-549.
7. Berbig R., Weishaupt D., Prim J., Shahin O.: Primary anterior shoulder dislocation and rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 1999; 8: 220-225.
8. Simank H. G., Dauer G., Schneider S., Loew M.: Incidence of rotator cuff tears in shoulder dislocations and results of therapy in older patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 2006; 126: 235-240.
9. Snyder S. J., Karzel R. P., Del Pizzo W., Ferkel R. D., Friedman M. J.: SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy* 1990; 6: 274-279.
10. Maffet M. W., Gartsman G. M., Moseley B.: Superior labrum-biceps tendon complex lesions of the shoulder. *Am J Sports Med* 1995; 23: 93-98.
11. Jäger A., Braune C., von Eisenhart-Rothe R. M. O., Wiedemann E.: Arthroskopische vs. offene Stabilisierung der Schulter. *Arthroskopie* 2004; 17: 171-178.
12. Gerber C., Nyffeler R. W.: Classification of Glenohumeral Joint Instability. *Clin Orthop Relat Res* 2002; 400: 65-76.
13. Burkhart S. S., De Beer J. F.: Traumatic glenohumeral bone defects and their relationship to failure of arthroscopic Bankart repairs: Significance of the inverted-pear glenoid and the humeral engaging Hill-Sachs lesion. *Arthroscopy* 2000; 16: 677-694.
14. Chen A. L., Hunt S. A., Hawkins R. J., Zuckerman J. D.: Management of bone loss associated with recurrent anterior glenohumeral instability. *Am J Sports Med* 2005; 33: 912-925.
15. Burkhart S. S.: The bare spot of the glenoid. *Arthroscopy* 2007; 23: 449; Author's reply 449-451.

16. Greis P. E., Scuderi M. G., Mohr A., Bachus K. N., Burks R. T.: Glenohumeral articular contact areas and pressures following labral and osseous injury to the anteroinferior quadrant of the glenoid. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 442-451.
17. Shaha J. S., Cook J. B., Song D. J., Rowles D. J., Bottoni C. R., Shaha S. H., Tokish J. M.: Redefining "Critical" Bone Loss in Shoulder Instability: Functional Outcomes Worsen With "Subcritical" Bone Loss. *Am J Sports Med* 2015; 43: 1719-1725.
18. Saito H., Itoi E., Sugaya H., Minagawa H., Yamamoto N., Tuoheti Y.: Location of the glenoid defect in shoulders with recurrent anterior dislocation. *Am J Sports Med* 2005; 33: 889-893.
19. Ji J. H., Kwak D. S., Yang P. S., Kwon M. J., Han S. H., Jeong J. J.: Comparisons of glenoid bony defects between normal cadaveric specimens and patients with recurrent shoulder dislocation: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21: 822-827.
20. Hill H. A., Sachs M. D.: The Grooved Defect of the Humeral Head: A Frequently Unrecognized Complication of Dislocations of the Shoulder Joint. *Radiology* 1940; 35: 690-700.
21. Horst K., von Harten R., Weber C., Andruszkow H., Pfeifer R., Dienstknecht T., Pape H. C.: Assessment of coincidence and defect sizes in Bankart and Hill-Sachs lesions after anterior shoulder dislocation: a radiological study. *Br J Radiol* 2014; 87: 20130673.
22. Yamamoto N., Itoi E.: Osseous Defects Seen in Patients with Anterior Shoulder Instability. *Clin Orthop Surg* 2015; 7: 425-429.
23. Itoi E.: 'On-track' and 'off-track' shoulder lesions. *EFORT Open Rev* 2017; 2: 343-351.
24. Yamamoto N., Itoi E., Abe H., Minagawa H., Seki N., Shimada Y., Okada K.: Contact between the glenoid and the humeral head in abduction, external rotation, and horizontal extension: a new concept of glenoid track. *J Shoulder Elbow Surg* 2007; 16: 649-656.
25. Di Giacomo G., Itoi E., Burkhart S. S.: Evolving concept of bipolar bone loss and the Hill-Sachs lesion: from "engaging/non-engaging" lesion to "on-track/off-track" lesion. *Arthroscopy* 2014; 30: 90-98.
26. Calandra J. J., Baker C. L., Uribe J.: The incidence of Hill-Sachs lesions in initial anterior shoulder dislocations. *Arthroscopy* 1989; 5: 254-257.
27. Rodosky M. W., Harner C. D., Fu F. H.: The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med* 1994; 22: 121-130.

28. Hayes M. L., Collins M. S., Morgan J. A., Wenger D. E., Dahm D. L.: Efficacy of diagnostic magnetic resonance imaging for articular cartilage lesions of the glenohumeral joint in patients with instability. *Skeletal Radiol* 2010; 39: 1199-1204.
29. Krych A. J., Sousa P. L., King A. H., Morgan J. A., May J. H., Dahm D. L.: The Effect of Cartilage Injury After Arthroscopic Stabilization for Shoulder Instability. *Orthopedics* 2015; 38: e965-969.
30. O'Brien J., Grebenyuk J., Leith J., Forster B. B.: Frequency of glenoid chondral lesions on MR arthrography in patients with anterior shoulder instability. *Eur J Radiol* 2012; 81: 3461-3465.
31. Outerbridge R. E.: The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 1961; 43-B: 752-757.
32. Slattery C., Kweon C. Y.: Classifications in Brief: Outerbridge Classification of Chondral Lesions. *Clin Orthop Relat Res* 2018; 476: 2101-2104.
33. Snyder S. J., Karzel R. P., Del Pizzo W., Ferkel R. D., Friedman M. J.: SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 1990; 6: 274-279.
34. Durban C. M. C., Kim J. K., Kim S. H., Oh J. H.: Anterior shoulder instability with concomitant superior labrum from anterior to posterior (SLAP) lesion compared to anterior instability without SLAP lesion. *Clin Orthop Surg* 2016; 8: 168-174.
35. Baudi P., Rebuzzi M., Matino G., Catani F.: Imaging of the Unstable Shoulder. *Open Orthop J* 2017; 11: 882-896.
36. Baudi P., Campochiaro G., Rebuzzi M., Matino G., Catani F.: Assessment of bone defects in anterior shoulder instability. *Joints* 2013; 1: 40-48.
37. Rerko M. A., Pan X., Donaldson C., Jones G. L., Bishop J. Y.: Comparison of various imaging techniques to quantify glenoid bone loss in shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 528-534.
38. Bois A. J., Fening S. D., Polster J., Jones M. H., Miniaci A.: Quantifying glenoid bone loss in anterior shoulder instability: reliability and accuracy of 2-dimensional and 3-dimensional computed tomography measurement techniques. *Am J Sports Med* 2012; 40: 2569-2577.
39. Bishop J. Y., Jones G. L., Rerko M. A., Donaldson C.: 3-D CT is the most reliable imaging modality when quantifying glenoid bone loss. *Clin Orthop Relat Res* 2013; 471: 1251-1256.
40. Sugaya H.: Techniques to evaluate glenoid bone loss. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014; 7: 1-5.
41. Yanke A. B., Shin J. J., Pearson I., Bach B. R., Jr., Romeo A. A., Cole B. J., Verma N. N.: Three-Dimensional Magnetic Resonance Imaging Quantification of Glenoid Bone Loss Is Equivalent to 3-Dimensional Computed Tomography Quantification: Cadaveric Study. *Arthroscopy* 2017; 33: 709-715.

42. Gyftopoulos S., Beltran L. S., Yemin A., Strauss E., Meislin R., Jazrawi L., Recht M. P.: Use of 3D MR reconstructions in the evaluation of glenoid bone loss: a clinical study. *Skeletal Radiol* 2014; 43: 213-218.
43. Saliken D. J., Bornes T. D., Bouliane M. J., Sheps D. M., Beaupre L. A.: Imaging methods for quantifying glenoid and Hill-Sachs bone loss in traumatic instability of the shoulder: a scoping review. *BMC Musculoskelet Disord* 2015; 16: 164.
44. Chuang T.-Y., Adams C. R., Burkhart S. S.: Use of Preoperative Three-Dimensional Computed Tomography to Quantify Glenoid Bone Loss in Shoulder Instability. *Arthroscopy* 2008; 24: 376-382.
45. Wambacher M., Oberladstätter J., Rieger M.: Konventionelle Radiologie und Computertomographie der Schulter. In: Magosch P., Habermeyer P., Lichtenberg S., (eds.): *Schulterchirurgie* Urban & Fischer in Elsevier 2010; p. 99-140.
46. Johnson S. M., Robinson C. M.: Shoulder instability in patients with joint hyperlaxity. *J Bone Joint Surg Am* 2010; 92: 1545-1557.
47. Zhang A. L., Montgomery S. R., Ngo S. S., Hame S. L., Wang J. C., Gamradt S. C.: Arthroscopic versus open shoulder stabilization: current practice patterns in the United States. *Arthroscopy* 2014; 30: 436-443.
48. Mohtadi N. G., Chan D. S., Hollinshead R. M., Boorman R. S., Hiemstra L. A., Lo I. K., Hannaford H. N., Fredine J., Sasyniuk T. M., Paolucci E. O.: A randomized clinical trial comparing open and arthroscopic stabilization for recurrent traumatic anterior shoulder instability: two-year follow-up with disease-specific quality-of-life outcomes. *J Bone Joint Surg Am* 2014; 96: 353-360.
49. Gartsman G. M., Roddey T. S., Hammerman S. M.: Arthroscopic treatment of anterior-inferior glenohumeral instability. Two to five-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2000; 82-A: 991-1003.
50. Hobby J., Griffin D., Dunbar M., Boileau P.: Is arthroscopic surgery for stabilisation of chronic shoulder instability as effective as open surgery? A systematic review and meta-analysis of 62 studies including 3044 arthroscopic operations. *J Bone Joint Surg Br* 2007; 89: 1188-1196.
51. Scheibel M., Nikulka C., Dick A., Schroeder R. J., Gerber Popp A., Haas N. P.: Structural integrity and clinical function of the subscapularis musculotendinous unit after arthroscopic and open shoulder stabilization. *Am J Sports Med* 2007; 35: 1153-1161.
52. Jaeger M., Izadpanah K., Maier D., Südkamp N. P.: Instabile Schulterluxation. *Der Chirurg* 2009; 80: 657-673; quiz 674.
53. Bollier M. J., Arciero R.: Management of glenoid and humeral bone loss. *Sports Med Arthrosc Rev* 2010; 18: 140-148.

54. Di Giacomo G., De Vita A., Costantini A., de Gasperis N., Scarso P.: Management of humeral head deficiencies and glenoid track. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014; 7: 6-11.
55. Malahias M. A., Chytas D., Raoulis V., Chronopoulos E., Brilakis E., Antonogiannakis E.: Iliac Crest Bone Grafting for the Management of Anterior Shoulder Instability in Patients with Glenoid Bone Loss: a Systematic Review of Contemporary Literature. *Sports Med Open* 2020; 6: 12.
56. Griesser M. J., Harris J. D., McCoy B. W., Hussain W. M., Jones M. H., Bishop J. Y., Miniaci A.: Complications and re-operations after Bristow-Latarjet shoulder stabilization: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 286-292.
57. Scanlon J. P., Hurley E. T., Davey M. S., Gaafar M., Pauzenberger L., Moran C. J., Mullett H.: 90-Day Complication Rate After the Latarjet Procedure in a High-Volume Center. *Am J Sports Med* 2020; 48: 3467-3471.
58. Warner J. J., Gill T. J., O'Hollerhan J. D., Pathare N., Millett P. J.: Anatomical glenoid reconstruction for recurrent anterior glenohumeral instability with glenoid deficiency using an autogenous tricortical iliac crest bone graft. *Am J Sports Med* 2006; 34: 205-212.
59. Steffen V., Hertel R.: Rim reconstruction with autogenous iliac crest for anterior glenoid deficiency: forty-three instability cases followed for 5-19 years. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 550-559.
60. Domos P., Lunini E., Walch G.: Contraindications and complications of the Latarjet procedure. *Shoulder Elbow* 2018; 10: 15-24.
61. Dautère F., Faraud A., Lebon J., Faruch M., Mansat P., Bonneville N.: Is the Latarjet procedure risky? Analysis of complications and learning curve. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; 24: 557-563.
62. Hovelius L., Sandstrom B., Saebo M.: One hundred eighteen Bristow-Latarjet repairs for recurrent anterior dislocation of the shoulder prospectively followed for fifteen years: study II-the evolution of dislocation arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; 15: 279-289.
63. Sugaya H., Moriishi J., Dohi M., Kon Y., Tsuchiya A.: Glenoid Rim Morphology in Recurrent Anterior Glenohumeral Instability. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85: 878-884.
64. Ho A., Kurdziel M. D., Koueiter D. M., Wiater J. M.: Three-dimensional computed tomography measurement accuracy of varying Hill-Sachs lesion size. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: 350-356.
65. Warner J. J., Higgins L., Parsons I. M. t., Dowdy P.: Diagnosis and treatment of anterosuperior rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10: 37-46.

66. Fuchs B., Weishaupt D., Zanetti M., Hodler J., Gerber C.: Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 1999; 8: 599-605.
67. Rowe C. R., Zarins B.: Chronic unreduced dislocations of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1982; 64: 494-505.
68. Jensen K. U., Bongaerts G., Schneider S., Bruhn R.: Selbsteinschätzungsbogen auf Grundlage des Rowe-Scores von 1982. *Obere Extremität* 2009; 4: 178-183.
69. Constant C. R., Murley A. H.: A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res* 1987: 160-164.
70. Habermeyer P., Magosch P., Lichtenberg S.: *Classification and Scores of the Shoulder*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006.
71. Constant C. R., Gerber C., Emery R. J., Sojbjerg J. O., Gohlke F., Boileau P.: A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17: 355-361.
72. Constant C. R.: Schulterfunktionsbeurteilung. *Der Orthopäde* 1991; 20: 289-294.
73. Murray M. P., Gore D. R., Gardner G. M., Mollinger L. A.: Shoulder motion and muscle strength of normal men and women in two age groups. *Clin Orthop Relat Res* 1985: 268-273.
74. Gerber C., Hersche O., Farron A.: Isolated rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78: 1015-1023.
75. Katolik L. I., Romeo A. A., Cole B. J., Verma N. N., Hayden J. K., Bach B. R.: Normalization of the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14: 279-285.
76. Böhm D.: Scores. In: Gohlke F., Hedtmann A., Zichner L., (eds.): *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie – Schulter*. Stuttgart, New York: Thieme 2002; p. 98-104.
77. Dawson J., Fitzpatrick R., Carr A.: The assessment of shoulder instability. The development and validation of a questionnaire. *J Bone Joint Surg Br* 1999; 81: 420-426.
78. Hofstaetter J. G., Hanslik-Schnabel B., Hofstaetter S. G., Wurnig C., Huber W.: Cross-cultural adaptation and validation of the German version of the Western Ontario Shoulder Instability index. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010; 130: 787-796.
79. Kirkley A., Griffin S., McLintock H., Ng L.: The development and evaluation of a disease-specific quality of life measurement tool for shoulder instability. The Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI). *Am J Sports Med* 1998; 26: 764-772.
80. Deutsche Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie e. V.: *Untersuchungstechniken des Schultergelenks. Obere Extremität Schulter/Ellenbogen/Hand* 2012; Band 7, Supplement 1.

81. Ryf C., Weymann A.: The neutral zero method: A principle of measuring joint function. *Injury* 1995; 26: 1-11.
82. Konrads C., Baumann B., Plumhoff P.: Schulter. In: Rudert M., Konrads C., (eds.): *Klinische Tests und Untersuchung in Orthopädie und Unfallchirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer 2018; p. 9-40.
83. Silman A. J., Day S. J.: Use of Beighton score to compare joint mobility between groups. *Br J Rheumatol* 1987; 26: 394.
84. O'Brien S. J., Pagnani M. J., Fealy S., McGlynn S. R., Wilson J. B.: The active compression test: a new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality. *Am J Sports Med* 1998; 26: 610-613.
85. Bockmann B., Venjakob A. J., Reichwein F., Hagenacker M., Nebelung W.: Mid-term clinical results of an arthroscopic glenoid rim reconstruction technique for recurrent anterior shoulder instability. *Arch Orthop Trauma Surg* 2018; 138: 1557-1562.
86. Moroder P., Blocher M., Auffarth A., Hoffelner T., Hitzl W., Tauber M., Resch H.: Clinical and computed tomography-radiologic outcome after bony glenoid augmentation in recurrent anterior shoulder instability without significant glenoid bone loss. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23: 420-426.
87. Kraus N., Amphansap T., Gerhardt C., Scheibel M.: Arthroscopic anatomic glenoid reconstruction using an autologous iliac crest bone grafting technique. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23: 1700-1708.
88. Bedeir Y. H., Schumaier A. P., Grawe B. M.: The Failed Latarjet Procedure: Evaluation, Treatment, and Outcomes. *JBJS Rev* 2018; 6: e10.
89. Scheibel M., Nikulka C., Dick A., Schroeder R. J., Gerber Popp A., Haas N. P.: Autogenous bone grafting for chronic anteroinferior glenoid defects via a complete subscapularis tenotomy approach. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008; 128: 1317-1325.
90. Boehm E., Gerhardt C., Kraus N., Scheibel M.: Arthroscopic Glenoid Reconstruction for Chronic Anteroinferior Shoulder Instability Using a Tricortical Iliac Crest Bone Graft. *JBJS Essent Surg Tech* 2016; 6: e39.
91. Buscayret F., Edwards T. B., Szabo I., Adeleine P., Coudane H., Walch G.: Glenohumeral arthrosis in anterior instability before and after surgical treatment: incidence and contributing factors. *Am J Sports Med* 2004; 32: 1165-1172.
92. Lunn J. V., Castellano-Rosa J., Walch G.: Recurrent anterior dislocation after the Latarjet procedure: outcome after revision using a modified Eden-Hybinette operation. *J Shoulder Elbow Surg* 2008; 17: 744-750.
93. Wildner M., Wimmer B., Reichelt A.: Osteoarthritis after the Eden-Hybinette-Lange procedure for anterior dislocation of the shoulder. A 15 year follow up. *Int Orthop* 1994; 18: 280-283.

94. Hindmarsh J., Lindberg A.: Eden-Hybbinette's operation for recurrent dislocation of the humero-scapular joint. *Acta Orthop Scand* 1967; 38: 459-478.
95. Rahme H., Wikblad L., Nowak J., Larsson S.: Long-term clinical and radiologic results after Eden-Hybbinette operation for anterior instability of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2003; 12: 15-19.
96. Kee Y. M., Kim H. J., Kim J. Y., Rhee Y. G.: Glenohumeral arthritis after Latarjet procedure: Progression and its clinical significance. *J Orthop Sci* 2017; 22: 846-851.
97. Willems W. J.: Reconstruction of glenoid bone defects in shoulder instability with autologous bone. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014; 7: 12-15.
98. Hovelius L. K., Sandstrom B. C., Rosmark D. L., Saebo M., Sundgren K. H., Malmqvist B. G.: Long-term results with the Bankart and Bristow-Latarjet procedures: recurrent shoulder instability and arthropathy. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10: 445-452.
99. Tauber M., Resch H., Forstner R., Raffl M., Schauer J.: Reasons for failure after surgical repair of anterior shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 279-285.
100. Weng P. W., Shen H. C., Lee H. H., Wu S. S., Lee C. H.: Open reconstruction of large bony glenoid erosion with allogeneic bone graft for recurrent anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med* 2009; 37: 1792-1797.
101. van der Zwaag H. M., Brand R., Obermann W. R., Rozing P. M.: Glenohumeral osteoarthritis after Putti-Platt repair. *J Shoulder Elbow Surg* 1999; 8: 252-258.
102. Sachs R. A., Williams B., Stone M. L., Paxton L., Kuney M.: Open Bankart repair: correlation of results with postoperative subscapularis function. *Am J Sports Med* 2005; 33: 1458-1462.
103. Moroder P., Schulz E., Wierer G., Auffarth A., Habermeyer P., Resch H., Tauber M.: Neer Award 2019: Latarjet procedure vs. iliac crest bone graft transfer for treatment of anterior shoulder instability with glenoid bone loss: a prospective randomized trial. *J Shoulder Elbow Surg* 2019; 28: 1298-1307.
104. Shields E., Ho A., Wiater J. M.: Management of the subscapularis tendon during total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2017; 26: 723-731.
105. Choate W. S., Kwapisz A., Momaya A. M., Hawkins R. J., Tokish J. M.: Outcomes for subscapularis management techniques in shoulder arthroplasty: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: 363-370.
106. Maynou C., Cassagnaud X., Mestdagh H.: Function of subscapularis after surgical treatment for recurrent instability of the shoulder using a bone-block procedure. *J Bone Joint Surg Br* 2005; 87: 1096-1101.

107. DiPaola M. J., Jazrawi L. M., Rokito A. S., Kwon Y. W., Patel L., Pahk B., Zuckerman J. D.: Management of humeral and glenoid bone loss associated with glenohumeral instability: Results with anatomical bone grafting. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 2010; 68: 245-250.
108. Brockmeyer M., Tompkins M., Kohn D. M., Lorbach O.: SLAP lesions: a treatment algorithm. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016; 24: 447-455.
109. 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* 2009; 37: 929-936.
110. Longo U. G., Loppini M., Rizzello G., Ciuffreda M., Maffulli N., Denaro V.: Latarjet, Bristow, and Eden-Hybinette procedures for anterior shoulder dislocation: systematic review and quantitative synthesis of the literature. *Arthroscopy* 2014; 30: 1184-1211.
111. Oster A.: Recurrent anterior dislocation of the shoulder treated by the Eden-Hybinette operation. Follow-up on 78 cases. *Acta Orthop Scand* 1969; 40: 43-52.
112. Auffarth A., Schauer J., Matis N., Kofler B., Hitzl W., Resch H.: The J-bone graft for anatomical glenoid reconstruction in recurrent posttraumatic anterior shoulder dislocation. *Am J Sports Med* 2008; 36: 638-647.
113. Moroder P., Hirzinger C., Lederer S., Matis N., Hitzl W., Tauber M., Resch H., Auffarth A.: Restoration of anterior glenoid bone defects in posttraumatic recurrent anterior shoulder instability using the J-bone graft shows anatomic graft remodeling. *Am J Sports Med* 2012; 40: 1544-1550.
114. Di Giacomo G., de Gasperis N., Costantini A., De Vita A., Beccaglia M. A., Pouliart N.: Does the presence of glenoid bone loss influence coracoid bone graft osteolysis after the Latarjet procedure? A computed tomography scan study in 2 groups of patients with and without glenoid bone loss. *J Shoulder Elbow Surg* 2014; 23: 514-518.
115. Yang J. S., Mazzocca A. D., Cote M. P., Edgar C. M., Arciero R. A.: Recurrent Anterior Shoulder Instability With Combined Bone Loss: Treatment and Results With the Modified Latarjet Procedure. *Am J Sports Med* 2016; 44: 922-932.
116. Rabinowitz J., Friedman R., Eichinger J. K.: Management of Glenoid Bone Loss with Anterior Shoulder Instability: Indications and Outcomes. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017; 10: 452-462.
117. Moura D. L., Reis A. R. E., Ferreira J., Capelao M., Cardoso J. B.: Modified Bristow-Latarjet procedure for treatment of recurrent traumatic anterior glenohumeral dislocation. *Rev Bras Ortop* 2018; 53: 176-183.
118. Vavken P., Tepolt F. A., Kocher M. S.: Open inferior capsular shift for multidirectional shoulder instability in adolescents with generalized ligamentous hyperlaxity or Ehlers-Danlos syndrome. *J Shoulder Elbow Surg* 2016; 25: 907-912.

119. Eberbach H., Jaeger M., Bode L., Izadpanah K., Hupperich A., Ogon P., Südkamp N. P., Maier D.: Arthroscopic Bankart repair with an individualized capsular shift restores physiological capsular volume in patients with anterior shoulder instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021; 29: 230-239.
120. Anderl W., Pauzenberger L., Laky B., Kriegleder B., Heuberer P. R.: Arthroscopic Implant-Free Bone Grafting for Shoulder Instability With Glenoid Bone Loss: Clinical and Radiological Outcome at a Minimum 2-Year Follow-up. *Am J Sports Med* 2016; 44: 1137-1145.
121. Zanchi D., Cunningham G., Ladermann A., Ozturk M., Hoffmeyer P., Haller S.: Structural white matter and functional connectivity alterations in patients with shoulder apprehension. *Sci Rep* 2017; 7: 42327.
122. Shitara H., Shimoyama D., Sasaki T., Hamano N., Ichinose T., Yamamoto A., Kobayashi T., Osawa T., Iizuka H., Hanakawa T., Tsushima Y., Takagishi K.: The Neural Correlates of Shoulder Apprehension: A Functional MRI Study. *PLoS One* 2015; 10: e0137387.
123. Ladermann A., Tirefort J., Zanchi D., Haller S., Charbonnier C., Hoffmeyer P., Cunningham G.: Shoulder apprehension: A multifactorial approach. *EFORT Open Rev* 2018; 3: 550-557.
124. Frost H. M.: Bone "mass" and the "mechanostat": a proposal. *Anat Rec* 1987; 219: 1-9.
125. Di Giacomo G., Costantini A., de Gasperis N., De Vita A., Lin B. K., Francone M., Rojas Beccaglia M. A., Mastantuono M.: Coracoid graft osteolysis after the Latarjet procedure for anteroinferior shoulder instability: a computed tomography scan study of twenty-six patients. *J Shoulder Elbow Surg* 2011; 20: 989-995.
126. Moroder P., Plachel F., Becker J., Schulz E., Abdic S., Haas M., Resch H., Auffarth A.: Clinical and Radiological Long-term Results After Implant-Free, Autologous, Iliac Crest Bone Graft Procedure for the Treatment of Anterior Shoulder Instability. *Am J Sports Med* 2018; 46: 2975-2980.
127. Allain J., Goutallier D., Glorion C.: Long-term results of the Latarjet procedure for the treatment of anterior instability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 1998; 80: 841-852.
128. Singer G. C., Kirkland P. M., Emery R. J.: Coracoid transposition for recurrent anterior instability of the shoulder. A 20-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br* 1995; 77: 73-76.
129. Spoor A. B., de Waal Malefijt J.: Long-term results and arthropathy following the modified Bristow-Latarjet procedure. *Int Orthop* 2005; 29: 265-267.
130. Schroder D. T., Provencher M. T., Mologne T. S., Muldoon M. P., Cox J. S.: The modified Bristow procedure for anterior shoulder instability: 26-year outcomes in Naval Academy midshipmen. *Am J Sports Med* 2006; 34: 778-786.

131. Dumont G. D., Fogerty S., Rosso C., Lafosse L.: The arthroscopic Latarjet procedure for anterior shoulder instability: 5-year minimum follow-up. *Am J Sports Med* 2014; 42: 2560-2566.
132. Bonneville N., Thelu C. E., Bouju Y., Vogels J., Agout C., Duriez P., Azoulay V.: Arthroscopic Latarjet procedure with double-button fixation: short-term complications and learning curve analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2018; 27: e189-e195.
133. Bouju Y., Gadea F., Stanovici J., Moubarak H., Favard L.: Shoulder stabilization by modified Latarjet-Patte procedure: results at a minimum 10 years' follow-up, and role in the prevention of osteoarthritis. *Orthop Traumatol Surg Res* 2014; 100: S213-218.
134. Bigliani L. U., Newton P. M., Steinmann S. P., Connor P. M., McLlveen S. J.: Glenoid rim lesions associated with recurrent anterior dislocation of the shoulder. *Am J Sports Med* 1998; 26: 41-45.
135. Matton D., Van Looy F., Geens S.: Recurrent anterior dislocations of the shoulder joint treated by the Bristow-Latarjet procedure. Historical review, operative technique and results. *Acta Orthop Belg* 1992; 58: 16-22.
136. Rimmke N. A., Jones G. L., Bishop J. Y.: Intraoperative Nerve Monitoring With a Handheld Intraoperative Biphasic Stimulator: Evaluation of Use During the Latarjet Procedure. *Techniques in Orthopaedics* 2018; 33: e5-e8.
137. Freehill M. T., Srikumaran U., Archer K. R., McFarland E. G., Petersen S. A.: The Latarjet coracoid process transfer procedure: alterations in the neurovascular structures. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 695-700.
138. Gerber C., Nyffeler R. W.: Classification of glenohumeral joint instability. *Clin Orthop Relat Res* 2002: 65-76.
139. Metais P., Clavert P., Barth J., Boileau P., Brzoska R., Nourissat G., Leuzinger J., Walch G., Lafosse L., French Arthroscopic S.: Preliminary clinical outcomes of Latarjet-Patte coracoid transfer by arthroscopy vs. open surgery: Prospective multicentre study of 390 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2016; 102: S271-S276.
140. Baudi P., Righi P., Bolognesi D., Rivetta S., Rossi Urtoler E., Guicciardi N., Carrara M.: How to identify and calculate glenoid bone deficit. *Chir Organi Mov* 2005; 90: 145-152.
141. Anakwenze O. A., Hsu J. E., Abboud J. A., Levine W. N., Huffman G. R.: Recurrent anterior shoulder instability associated with bony defects. *Orthopedics* 2011; 34: 538-544; quiz 545-536.
142. Walter W. R., Samim M., LaPolla F. W. Z., Gyftopoulos S.: Imaging Quantification of Glenoid Bone Loss in Patients With Glenohumeral Instability: A Systematic Review. *AJR Am J Roentgenol* 2019: 1-10.

143. Wambacher M.: Schulterinstabilität: Knochenblockaugmentationen am Glenoid. *Orthopädie & Rheumatologie* 2013; 30-33.
144. Brenner D. J., Elliston C. D.: Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. *Radiology* 2004; 232: 735-738.
145. Milano G., Saccomanno M. F., Magarelli N., Bonomo L.: Analysis of Agreement Between Computed Tomography Measurements of Glenoid Bone Defects in Anterior Shoulder Instability With and Without Comparison With the Contralateral Shoulder. *Am J Sports Med* 2015; 43: 2918-2926.
146. Milano G., Grasso A., Russo A., Magarelli N., Santagada D. A., Deriu L., Baudi P., Bonomo L., Fabbriciani C.: Analysis of risk factors for glenoid bone defect in anterior shoulder instability. *Am J Sports Med* 2011; 39: 1870-1876.
147. Boesmueller S., Berchtold M., Lorenz G., Komjati M., Kinsky R. M., Fialka C., Mittermayr R.: Implant-free iliac crest bone graft procedure shows anatomic remodelling without redislocation in recurrent anterior shoulder instability after short-term follow-up. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021.
148. Kurokawa D., Yamamoto N., Nagamoto H., Omori Y., Tanaka M., Sano H., Itoi E.: The prevalence of a large Hill-Sachs lesion that needs to be treated. *J Shoulder Elbow Surg* 2013; 22: 1285-1289.
149. Plath J. E., Henderson D. J. H., Coquay J., Duck K., Haeni D., Lafosse L.: Does the Arthroscopic Latarjet Procedure Effectively Correct “Off-Track” Hill-Sachs Lesions? *Am J Sports Med* 2018; 46: 72-78.
150. Locher J., Wilken F., Beitzel K., Buchmann S., Longo U. G., Denaro V., Imhoff A. B.: Hill-Sachs Off-track Lesions as Risk Factor for Recurrence of Instability After Arthroscopic Bankart Repair. *Arthroscopy* 2016; 32: 1993-1999.
151. Zhu Y. M., Lu Y., Zhang J., Shen J. W., Jiang C. Y.: Arthroscopic Bankart repair combined with remplissage technique for the treatment of anterior shoulder instability with engaging Hill-Sachs lesion: a report of 49 cases with a minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2011; 39: 1640-1647.
152. Longo U. G., Loppini M., Rizzello G., Ciuffreda M., Berton A., Maffulli N., Denaro V.: Remplissage, humeral osteochondral grafts, weber osteotomy, and shoulder arthroplasty for the management of humeral bone defects in shoulder instability: systematic review and quantitative synthesis of the literature. *Arthroscopy* 2014; 30: 1650-1666.
153. Fox J. A., Sanchez A., Zajac T. J., Provencher M. T.: Understanding the Hill-Sachs Lesion in Its Role in Patients with Recurrent Anterior Shoulder Instability. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2017; 10: 469-479.

154. Giles J. W., Elkinson I., Ferreira L. M., Faber K. J., Boons H., Litchfield R., Johnson J. A., Athwal G. S.: Moderate to large engaging Hill-Sachs defects: an in vitro biomechanical comparison of the remplissage procedure, allograft humeral head reconstruction, and partial resurfacing arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2012; 21: 1142-1151.
155. Elkinson I., Giles J. W., Faber K. J., Boons H. W., Ferreira L. M., Johnson J. A., Athwal G. S.: The effect of the remplissage procedure on shoulder stability and range of motion: an in vitro biomechanical assessment. *J Bone Joint Surg Am* 2012; 94: 1003-1012.
156. Maio M., Sarmiento M., Moura N., Cartucho A.: How to measure a Hill-Sachs lesion: a systematic review. *EFORT Open Rev* 2019; 4: 151-157.
157. Gyftopoulos S., Yemin A., Mulholland T., Bloom M., Storey P., Geppert C., Recht M. P.: 3DMR osseous reconstructions of the shoulder using a gradient-echo based two-point Dixon reconstruction: a feasibility study. *Skeletal Radiol* 2013; 42: 347-352.
158. Gyftopoulos S., Beltran L. S., Bookman J., Rokito A.: MRI Evaluation of Bipolar Bone Loss Using the On-Track Off-Track Method: A Feasibility Study. *AJR Am J Roentgenol* 2015; 205: 848-852.
159. Stillwater L., Koenig J., Maycher B., Davidson M.: 3D-MR vs. 3D-CT of the shoulder in patients with glenohumeral instability. *Skeletal Radiol* 2017; 46: 325-331.
160. Griffith J. F., Yung P. S., Antonio G. E., Tsang P. H., Ahuja A. T., Chan K. M.: CT compared with arthroscopy in quantifying glenoid bone loss. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 189: 1490-1493.

Appendix

I. Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
A.	Arteria
a. p.	anterior posterior
AC	Acromioclavikular
CT	Computertomographie
GH	Glenohumeral
GLAD	Glenolabral Articular Disruption
GT	Glenoid Track
HAGL	Humeral Avulsion of Glenohumeral Ligament
HSI	Hill-Sachs-Intervall
Inf.	Inferior
LBS	Lange Bizepssehne
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Pat.	Patient*in
physiol.	physiologisch
PROM	Patient Related Outcome Measures
SLAP	Superior Labrum Anterior to Posterior
Sup.	Superior
V.	Vena
WOSI	Western Ontario Shoulder Instability Index

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Hill-Sachs-Läsion Typ II sichtbar in der a. p.-Aufnahme (Bild aus dem Archiv von Frank Gohlke)	5
Abbildung 2:	Fließdiagramm mit Einschlusskriterien der Studienpopulation	14
Abbildung 3:	Balkendiagramm mit Aufteilung anhand der Anzahl von Voroperationen.....	16
Abbildung 4:	Kreisdiagramm mit Aufteilung anhand der einzelnen Berufsgruppen.....	17
Abbildung 5:	Balkendiagramm mit Aufteilung in einzelne Sportgruppen.....	18
Abbildung 6:	Kreisdiagramm mit Aufteilung nach vorhandener/nicht vorhandener Hyperlaxizität.....	19
Abbildung 7:	Balkendiagramm mit Aufteilung anhand der Anzahl von präoperativen Luxationsereignissen	19
Abbildung 8:	Beach-Chair-Lagerung im operativen Setup.....	20
Abbildung 9:	Freipräparierte Crista iliaca vor der Span-Entnahme	22
Abbildung 10:	Bikortikaler Beckenkammspan nach der Präparierung	23
Abbildung 11:	Darstellung der V. cephalica als wichtige anatomische Leitstruktur ..	24
Abbildung 12:	Abgelöstes Labrum glenoidale sup. und inf. mit Markierungsfäden ..	25
Abbildung 13:	Kapselraffung mit Fadenanker Y-Knot® Flex (1,8 mm)	26
Abbildung 14:	Ermittlung der glenoidalen Defektgröße nach Chuang an Patient ID 9	29
Abbildung 15:	Ermittlung der glenoidalen Defektgröße nach Wambacher an Patient ID 9	30
Abbildung 16:	Histogramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Chuang.....	43
Abbildung 17:	Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Chuang	44
Abbildung 18:	Histogramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Wambacher....	45
Abbildung 19:	Boxplot-Diagramm des prozentualen Glenoidverlusts nach Wambacher.....	45
Abbildung 20:	Bland-Altman-Diagramm der Chuang- und Wambacher-Messmethode.....	46
Abbildung 21:	Streudiagramm mit positivem, linearem Zusammenhang zwischen Messmethoden nach Chuang und nach Wambacher	47
Abbildung 22:	Balkendiagramm mit Aufteilung der Glenoiddefekte nach Frakturausrichtung	48

Abbildung 23: Präoperative MRT der linken Schulter und CT beider Schultergelenke, Verfettung und Atrophie des M. subscapularis links von Pat.-ID 13	49
Abbildung 24: Boxplot-Diagramm des Rowe-Scores.....	51
Abbildung 25: Balkendiagramm mit Ergebnissen des Rowe-Scores	52
Abbildung 26: Boxplot-Diagramm der Ergebnisse des Oxford-Scores.....	52
Abbildung 27: Balkendiagramm mit OP-Ergebnis anhand des Oxford-Scores	53
Abbildung 28: Boxplot-Diagramm des WOSI-Score	53
Abbildung 29: Boxplot-Diagramm des altersadaptierten Constant-Score der OP- Seite in Prozent.....	56
Abbildung 30: Boxplot-Diagramm des altersadaptierten Constant-Score der nicht operierten Seite in Prozent.....	57
Abbildung 31: Balkendiagramm mit Bewertung des OP-Ergebnisses auf Grundlage des Constant-Score	57
Abbildung 32: Balkendiagramm der Mittelwerte des Rowe-Scores bei Studienteilnehmenden mit kritischem und subkritischem Glenoidverlust im Vergleich.....	62
Abbildung 33: Kontralaterales unverletztes Glenoid (a); verletztes Glenoid präoperativ (b) sowie mit Span-Remodelling im postoperativen Verlauf nach einem Monat (c) und nach 28,58 Monaten (d)	71
Abbildung 34: 2D-CT-Verlaufskontrolle mit partieller Spanresorption bei Patient ID 18 nach 1,58 Monaten (a) und nach 15,15 Monaten (b).....	71
Abbildung 35: 3D-CT präoperativ (a) und postoperative Verlaufskontrolle nach 43,96 Monaten mit inferiorer Spanresorption (b) bei ID 21	72
Abbildung 36: 3D-CT präoperativ (a) und Verlaufskontrolle mit minimaler inferiorer Spanresorption (b) bei Pat.-ID 25	72
Abbildung 37: Schematische Darstellung des Span-Remodellings	73
Abbildung 38: Schematische Darstellung der Entstehung von rezidivierenden Mikrotraumen zwischen dem Knorpelüberzug am Humeruskopf und überstehendem Schraubenhals bei übermäßiger Translation	78

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hill-Sachs-Läsion nach Calandra et al. (26).....	4
Tabelle 2:	Outerbridge-Klassifikation von Knorpelläsionen.....	6
Tabelle 3:	Übersicht über verschiedene Messmethoden knöcherner Glenoiddefekte	8
Tabelle 4:	Therapiealgorithmus bipolarer Läsionen der Schulter.....	10
Tabelle 5:	Übersicht über die einzelnen Komplikationen und deren Wahrscheinlichkeit bei Beckenkammspan- und Korakoid-Transfer...	11
Tabelle 6:	Allgemeine Charakteristika der Studienpopulation.....	15
Tabelle 7:	Berufsgruppen der Studienpopulation	17
Tabelle 8:	Sportgruppen innerhalb der Studienpopulation.....	18
Tabelle 9:	Untersuchte Strukturen bei der primären diagnostischen Arthroskopie	21
Tabelle 10:	Flexion und Abduktion im Constant-Score.....	34
Tabelle 11:	Außen- und Innenrotation im Constant-Score.....	35
Tabelle 12:	Alters- und geschlechtsadaptierte Normwerte des Constant-Score nach Katolik et al. (75).....	36
Tabelle 13:	Bewertung des Constant-Score nach Böhm (76).....	36
Tabelle 14:	physiol. Bewegungsausmaß nach Ryf und Weymann (81).....	38
Tabelle 15:	Beighton-Score (83)	40
Tabelle 16:	Pearson-Korrelationen von Breite, Tiefe und Länge der Hill- Sachs-Läsion mit p-Werten	48
Tabelle 17:	Zusammenfassung der Begleitpathologien der Schulterinstabilität ...	50
Tabelle 18:	Studienteilnehmende mit Knorpelschäden in der Arthroskopie	50
Tabelle 19:	Gegenüberstellung der einzelnen statistisch relevanten Werte im Constant-Score der operierten und der nicht operierten Seite	54
Tabelle 20:	Gegenüberstellung der altersadaptierten Ergebnisse des Constant-Score der operierten und der nicht operierten Schulter in Prozent.....	55
Tabelle 21:	Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Sportgruppen	58
Tabelle 22:	Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Berufsgruppen	59

Tabelle 23:	Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Gruppierungen anhand der Anzahl von präoperativen Luxationen	59
Tabelle 24:	Darstellung der einzelnen Mittelwerte der verschiedenen Scores innerhalb der Gruppierungen anhand des Voroperationsstatus'	60
Tabelle 25:	Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen und Studienteilnehmenden mit bzw. ohne Omarthrose	61
Tabelle 26:	Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen bei Studienteilnehmenden mit kritischem bzw. subkritischem Glenoidverlust.....	62
Tabelle 27:	Ergebnisse des T-Tests bzw. Mann-Whitney-U-Tests mit Score-Ergebnissen bei Studienteilnehmenden mit bzw. ohne Hill-Sachs-Läsion	63
Tabelle 28:	Score-Ergebnisse der Studienteilnehmenden mit eingeschränkter Abduktionsfunktion der operierten Seite	65
Tabelle 29:	Mittelwerte der Scores der beiden unterschiedlichen Gruppen mit physiol. und eingeschränkter Abduktion im Vergleich	66
Tabelle 30:	Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Adduktionsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test	66
Tabelle 31:	Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Anteversionsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test	67
Tabelle 32:	Vergleich der Score-Mittelwerte der beiden Gruppen mit unterschiedlicher Außenrotationsfunktion mit p-Wert im T-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test	68

IV. Danksagung

Zuallererst geht mein Dank an Herrn Professor Dr. Rudert, der diese Promotion ermöglicht hat. Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. Ergün und Herrn Dr. Rückl für die Zweit- bzw. Drittbetreuung dieser wissenschaftlichen Arbeit bedanken. Nicht zuletzt geht mein Dank an Herrn Professor Dr. Gohlke, der mir als Erstbetreuer im gesamten Verlauf der Promotionsarbeit stets eine Hilfe war und mich motiviert hat, diese Dissertation fertigzustellen.