

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

DISSERTATION

**Klinische und radiologische Ergebnisse
nach konservativer Therapie einer erstmaligen posterioren
Schulterluxation im mittel- und langfristigen Verlauf**

**Mid- to long-term clinical and radiological outcome after
conservative treatment of acute, first-time posterior
shoulder dislocations**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Christian Hermann Festbaum

Datum der Promotion: 25.06.2023

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	iii
Abbildungsverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
Zusammenfassung	1
1. Einleitung.....	4
1.1 Schulterinstabilitäten im Allgemeinen	4
1.2 Die posteriore Schulterinstabilität	5
1.3 Zielsetzung	7
2. Methodik	9
2.1 Patientenkollektiv	9
2.2 Datenerhebung und methodisches Vorgehen	10
2.2.1 Anamnese und klinische Scores.....	10
2.2.2 Klinische Nachuntersuchung	12
2.2.3 Bildgebung.....	12
2.3 Radiologische Analyse/Vermessungen	12
2.3.1 Generelles Vorgehen.....	12
2.3.2 Posttraumatische anatomische Charakteristika.....	13
2.3.3 Langzeitveränderungen	13
2.4 Statistische Auswertung	17
2.5 Ethikvotum und Datenschutz	17
3. Ergebnisse	18
3.1 Studienkollektiv und Patientencharakteristika	18
3.2 Radiologische Messergebnisse	20
3.2.1 Subgruppenspezifischer Outcome-Vergleich	21
3.2.2 Entwicklung des Gelenkverschleißes und der Gelenkzentrierung.....	22
3.3 Klinische Charakteristika	23

3.3.1	Klinische Scores	23
3.3.2	Bewegungsausmaß	23
3.4	Risikofaktoren für ein schlechtes Outcome der konservativen Therapie	24
4.	Diskussion	27
4.1	Zusammenfassung der Ergebnisse	27
4.1.1	Klinische Langzeitergebnisse eines erstmaligen Instabilitätsereignisses	27
4.1.2	Erfolg der konservativen Therapie	27
4.2	Interpretation der Ergebnisse und Einbettung in den Forschungsstand	28
4.2.1	Größe und Lage der Impressionsfraktur	28
4.2.2	Posttraumatische posteriore glenohumerale Dezentrierung.....	29
4.2.3	Einfluss des Alters	29
4.3	Stärken und Schwächen der Studie	31
4.4	Implikationen für die Praxis und die zukünftige Forschung	31
5.	Schlussfolgerungen und Ausblick	33
	Literaturverzeichnis	34
	Eidesstattliche Versicherung	38
	Anteilerklärung an der erfolgten Publikation	39
	Auszug aus der Journal Summary List	40
	Druckexemplar der Publikation	41
	Lebenslauf	51
	Vollständige Publikationsliste	52
	Danksagung	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Vergleich der Unfall- und Patientencharakteristika, untergliedert nach Subgruppe (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1)).....	20
Tabelle 2	Subgruppenspezifischer Vergleich der posttraumatischen, strukturellen, radiologischen Charakteristika (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1)).....	21
Tabelle 3	Klinische Scores in Abhängigkeit von der zugeteilten Subgruppe zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1)).....	23
Tabelle 4	Subgruppenspezifischer Vergleich des Bewegungsumfangs (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))	24
Tabelle 5	Korrelationen von Patienten- und Defektcharakteristika mit klinischen und radiologischen Ergebnissen der Nachuntersuchung in der konservativen Subgruppe (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1)).....	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	ABC-Klassifikation der ätiopathologisch untergliederten posterioren glenohumeralen Schulterinstabilität nach zeitlicher Komponente und klinischer und radiologischer Präsentation (modifiziert nach Moroder et al., 2017).....	6
Abbildung 2	Schematische Darstellung der Vermessung der strukturellen Defektcharakteristika (eigene Darstellung)	14
Abbildung 3	Schematische Darstellung der Messungen zur Berechnung der Humeruskopfzentrierung sowie Darstellung der Glenoidretroversionsmessung (eigene Darstellung).....	15
Abbildung 4	Subgruppenbildung entsprechend dem Erfolg (grün) bzw. Misserfolg (rot) der initial konservativen Therapie (eigene Darstellung).....	19
Abbildung 5	Subgruppenspezifische Boxplot-Darstellung der Lage und Größe der RHSL, angegeben als angepasster Gamma-Winkel (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1)).....	22

Abkürzungsverzeichnis

AGA	Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie
BMI	Body-Mass-Index
BWK	Brustwirbelkörper
CEBM	Centre for Evidence-based Medicine
CIA.....	Collective Instability Arthropathy
CT	Computertomographie
DSGVO.....	Datenschutzgrundverordnung
ICC	Inter- und Intra-Klassenkoeffizient
KR.....	Keine Relaxation
KT	Konservative Therapie
KTV.....	Konservative Therapieversager
LWS	Lendenwirbelsäule
MRT	Magnetresonanztomographie
PGHI.....	Posteriore glenohumerale Instabilität
R	Relaxation
RHSL	reverse-Hill-Sachs Lesion
SD.....	Standardabweichung
SSAS	Shoulder Sport Activity Score
SSV	Subjective Shoulder Value
WOSI	Western Ontario Shoulder Instability

Zusammenfassung

Hintergrund

Ein erstmaliges nach hinten gerichtetes Luxationsereignis der Schulter kann zu Defekten an gelenkbeteiligten Strukturen führen. Eine konservative, nicht chirurgische Therapie einer solchen Verletzung ist möglich. Deren Erfolg hängt jedoch maßgeblich von bestimmten Patientencharakteristika und dem Ausmaß der strukturellen Schäden ab. Klinische und radiologische Referenzwerte existieren bisher nicht in der Literatur.

Methodik

Im Rahmen einer retrospektiven, multizentrischen Studie wurden insgesamt 28 Patientinnen und Patienten (29 Schultern) mit initial konservativem Therapieansatz und vorhandener posttraumatischer Schnittbildgebung nach einem durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraum von $8,3 \pm 2,7$ Jahren nachuntersucht. Die betroffene Schulter wurde klinisch und radiologisch analysiert und schulterspezifische Scores wurden erhoben. Strukturelle knöcherne Schäden wurden vermessen. Die Patientenkohorte wurde entsprechend dem Erfolg bzw. Misserfolg der initial konservativen Therapie in Subgruppen unterteilt. Korrelationen mit Parametern für den Misserfolg des konservativen Therapieansatzes wurden berechnet.

Ergebnisse

69% der in die Studie eingeschlossenen Patientinnen und Patienten konnten erfolgreich konservativ therapiert werden. Während des Nachbeobachtungszeitraumes wurde bei sechs Schultern (21%) eine erneute Luxation verzeichnet. Aufgrund persistierender Beschwerden im betroffenen Gelenk mussten insgesamt 9 Schultern (31%) im Verlauf sekundär operativ versorgt werden.

Die Analyse der strukturellen Defekte zeigte bei Betrachtung von Lage und Größe (Gamma-Winkel) der verletzungsverursachten Impressionsfraktur am Oberarmkopf bei Patientinnen und Patienten, die im Verlauf operativ versorgt werden mussten, eine größere Ausdehnung als in der erfolgreich konservativ therapierten Subgruppe ($97,8 \pm 7,2^\circ$, vs. $93,3 \pm 9,7^\circ$, $p=0,09$), jedoch ohne statistische Signifikanz zu erreichen. Bei beiden Patientensubgruppen, bei denen die initial konservative Therapie nicht erfolgreich war, zeigte sich ein angepasster Gamma-Winkel $> 90^\circ$. Eine vermehrte posttraumatische posteriore Dezentrierung des Gelenkes konnte in der Relaxation-

Subgruppe - verglichen mit der Patientengruppe ohne Reluxationen - beobachtet werden ($61,9 \pm 12,5\%$ vs. $50,6 \pm 6,4\%$, $p=0,05$). Das Ausmaß der posttraumatischen Dezentrierung korrelierte innerhalb der erfolgreich konservativ therapierten Patientenkohorte mit einer schlechteren follow-up Beurteilung der Schulter mittels WOSI Score ($p=0,02$) und einer ausgeprägteren follow-up posterioren Dezentrierung ($p=0,007$). Des Weiteren wurde innerhalb dieser Subgruppe ein signifikanter Zusammenhang zwischen höherem Alter zum Zeitpunkt des Auftretens der Verletzung und besseren klinischen Scores im Verlauf (SSV: $p=0,02$; ROWE: $p=0,035$ und WOSI: $p=0,045$) beobachtet.

Schlussfolgerung

Eine erstmalige hintere Schulterluxation kann mit guten klinischen Ergebnissen im mittel- und langfristigen Verlauf konservativ therapiert werden. Prädiktoren für einen erfolgreichen konservativen Therapieansatz sind ein mittleres bis hohes Alter zum Zeitpunkt des erstmaligen Luxationsereignisses, ein posttraumatisch glenohumeral zentriertes Schultergelenk und ein kleiner Gamma-Winkel der Impressionsfraktur.

Evidenzklasse (gemäß Centre for Evidence-based Medicine (CEBM), Oxford)

Klasse IV

(modifiziert nach Festbaum et al.,2022(1))

Abstract

Purpose

A first-time posterior shoulder dislocation can lead to structural defects at joint building structures. A conservative, non-surgical treatment is possible. However, its success depends on certain patients' characteristics and the extent of structural defects. Clinical and radiological reference values have not yet been defined.

Methods

In the context of a multi-centric retrospective study, 29 shoulders in 28 patients with an initial conservative treatment approach and posttraumatic cross-sectional imaging were examined after a mean follow-up of 8.3 ± 2.7 years. The affected shoulder was clinically

and radiologically analysed and shoulder specific outcome scores were obtained. Structural bone defect characteristics were measured and objectified. Patients were split into subgroups based on the success of the initial conservative therapy. Associations with parameter indicating failure of treatment were calculated.

Results

A success rate of 69% amongst all patients with a conservative therapy approach was seen at mid- to long-term follow up. During follow-up a redislocation was noted in 6 shoulders (21%). Due to persistent symptoms, 9 shoulders (31%) had to undergo secondary surgery. Analysis of measured structural defects with regards to size and localization (gamma-angle) of the injury caused impression fracture at the humeral head revealed increased values in patients who needed secondary surgery during follow-up period compared to successfully conservatively treated patients ($97.8 \pm 7.2^\circ$ vs. $93.3 \pm 9.7^\circ$, $p=0.09$), without reaching statistical significance. Both subgroups labeled as failure of conservative therapy showed an adapted gamma angle $> 90^\circ$. A higher posterior glenohumeral subluxation was noted in the redislocation subgroup - compared to the no-redislocation group ($61.9 \pm 12.5\%$ vs. $50.6 \pm 6.4\%$, $p=0.05$). The extent of posttraumatic posterior glenohumeral subluxation correlated with a worse follow-up assessment of the affected shoulder via WOSI ($p=0.02$) and follow-up posterior glenohumeral decentering ($p=0.007$) within the successfully conservatively treated patient subgroup. Furthermore, a significant correlation between an older age at the time of initial dislocation as well as better clinical scores (SSV: $p=0.02$; ROWE: $p=0.035$ and WOSI: $p=0.045$) was seen within this subgroup.

Conclusion

A first-time posterior shoulder dislocation can be treated conservatively with good outcome after mid- and long-term follow-up. Predictors of a successful conservative therapy are a middle to old age at the time of initial dislocation, a centered joint after injury and a small gamma angle of the impression fracture.

Level of Evidence (according to Centre for Evidence-based Medicine (CEBM), Oxford)

Level IV

(amended according to Festbaum et al.,2022(1))

1. Einleitung

1.1 Schulterinstabilitäten im Allgemeinen

Das Schultergelenk ist das beweglichste Gelenk im menschlichen Körper. Dem großen Bewegungsausmaß liegt vor allem das ungleiche Größenverhältnis von Oberarmkopf (Humeruskopf) zur Gelenkpfanne (Glenoid) von 4:1 und die gering ausgeprägte knöcherne Begrenzung zugrunde.(2) Die Gelenkklippe (Labrum), welche dem Glenoid am Rand anhaftet, sowie die Gelenkkapsel inklusive der bandhaften Strukturen (glenohumerale Ligamente), dienen der Stabilisierung des Gelenkes. Eine zusätzliche dynamische Stabilisierung erfolgt durch einen sogenannten Konkavitäts-Kompressionsmechanismus, der durch die das Schultergelenk umgebende Muskulatur (periscapuläre Muskulatur) erzeugt wird.(3, 4)

Eine direkte Folge des großen Bewegungsausmaßes ist jedoch eine erhöhte Anfälligkeit für Gelenkinstabilitäten und Gelenkluxationen. Mit über 50 % aller Gelenkluxationen zählt das Schultergelenk zu dem mit Abstand am häufigsten betroffenen Gelenk, verglichen mit 7 % beim Hüftgelenk oder 6 % beim Ellenbogengelenk.(5)

Als Instabilität wird beim Schultergelenk eine pathologische, über die durch die Anatomie gegebene Begrenzung hinausgehende Verschiebung des Oberarmkopfes in der axialen Ebene zur Gelenkpfanne bezeichnet. Erfolgt diese Translation der Gelenkflächen nur partiell und stehen Teile der beiden korrespondierenden Gelenkflächen weiterhin in Kontakt zueinander, spricht man von einer Subluxation. Erfolgt eine vollständige Separation der Gelenkflächen, bezeichnet man dieses Ereignis als Luxation des Gelenkes.(6, 7)

Verschiedene Ursachen können eine Schulterinstabilität bedingen. Hierzu zählen anatomische Veränderungen, wie beispielsweise ein Glenoiddefekt, eine Abflachung der konkaven Gelenkpfanne oder eine verstärkte Neigung der gesamten Gelenkpfanne nach hinten (Retroversion).(8, 9) Neben anatomischen Veränderungen werden jedoch auch funktionelle Ursachen als begünstigende Faktoren diskutiert. Zu diesen wird eine pathologische Innervation der periscapulären Muskulatur im Rahmen eines fehlgesteuerten neuromuskulären Feedbackmechanismus gezählt.(10-12)

Die oben beschriebenen anatomischen Veränderungen werden den strukturellen, instabilitätsbegünstigenden Ursachen zugeordnet und können entweder bereits angeboren sein, sich im Laufe des Knochenwachstums entwickeln oder aber durch ein

traumatisches Ereignis entstehen. Eine funktionelle Schulterinstabilität tritt hingegen häufig erst im Laufe des Lebens in Erscheinung. In den meisten Fällen entwickelt sich diese in der Pubertät bzw. Adoleszenz.(11)

Aufgrund der Komplexität und Heterogenität des zugrunde liegenden Pathomechanismus existieren hierfür unterschiedliche Klassifikationssysteme.

Die Stanmore-Klassifikation erlaubt eine ätiopathologische Unterteilung der Schulterinstabilität in drei Hauptgruppen, welche als Polar-Gruppen bezeichnet werden. Patientinnen und Patienten, die ein traumatisches Ereignis erleiden, welches einen strukturellen Gelenkschaden mit daraus resultierender Schulterinstabilität zur Folge hat, werden der Polar-Gruppe I zugeordnet (traumatisch, strukturell). Polar-Gruppe II umfasst Patientinnen und Patienten mit strukturellen Veränderungen, wie z.B. bereits angeborenen glenoidalen Dysplasien oder Kapselinsuffizienzen, denen kein Trauma vorangegangen ist (atraumatisch, strukturell). Im Gegensatz zur Polar-Gruppe I und II liegen der Polar-Gruppe III keine strukturellen Ursachen zugrunde. Diese Gruppe umfasst Instabilitäten, die durch funktionelle Ursachen hervorgerufen werden.(10)

1.2 Die posteriore Schulterinstabilität

Neben dem zugrunde liegenden Pathomechanismus wird außerdem nach der axialen Ausrichtung der Instabilität im Verhältnis zum Glenoid unterschieden. Unterteilt wird hierbei nach vorne (anterior), hinten (posterior) und unten (inferior).(7)

Während für lange Zeit die Prävalenz der hinteren Schulterinstabilität mit lediglich ca. 2 – 5% beziffert wurde, lassen aktuelle Untersuchungen eine wesentlich höhere Prävalenz vermuten.(13) In einer retrospektiven Analyse beobachteten Song et. al bei über 24 % aller jungen und aktiven Patientinnen und Patienten, die instabilitätsbedingt chirurgisch versorgt wurden, eine posteriore Instabilität.(14)

Verantwortlich gemacht für die Diskrepanz zwischen der für lange Zeit angenommenen niedrigen Prävalenz und der tatsächlichen Häufigkeit wird die klinische Symptomatik der hinteren Schulterinstabilität. Im Gegensatz zur anterioren Instabilität sind die klinischen Symptome oftmals nur unspezifisch. Selbst chronisch verhakte hintere Luxationen können sich vergleichsweise symptomarm präsentieren.(15, 16)

Der wissenschaftliche Fokus hat in den Folgejahren zu einem wesentlich besseren Verständnis der vormals oft übersehenen Pathologie geführt. Infolgedessen etablierte sich speziell für die Subgruppe der hinteren Schulterinstabilitäten ein einheitliches

Klassifikationssystem. Moroder et al. veröffentlichten hierfür 2017 die sogenannte ABC-Klassifikation der posterioren glenohumeralen Instabilität (PGHI).(17) Diese unterteilt die PGHI entsprechend des zugrunde liegenden Pathomechanismus in drei Gruppen (Abbildung 1). Gruppe A inkludiert Patientinnen und Patienten mit erstmaligen Instabilitätsereignis (Unterteilung nach zeitlicher Komponente), Gruppe B beinhaltet Patientinnen und Patienten mit rezidivierender dynamischer Schulterinstabilität, die bei bestimmten Bewegungsphasen in Erscheinung tritt (Unterteilung nach bewegungsabhängigem Auftreten). Gruppe C umfasst alle Arten von chronischen statischen Instabilitäten (Unterteilung nach radiologischem Befund/Präsentation). Die einzelnen Gruppen werden ferner in zwei Subtypen unterteilt, wobei der Übergang von Typ 1 zu Typ 2 jeweils fließend ist.

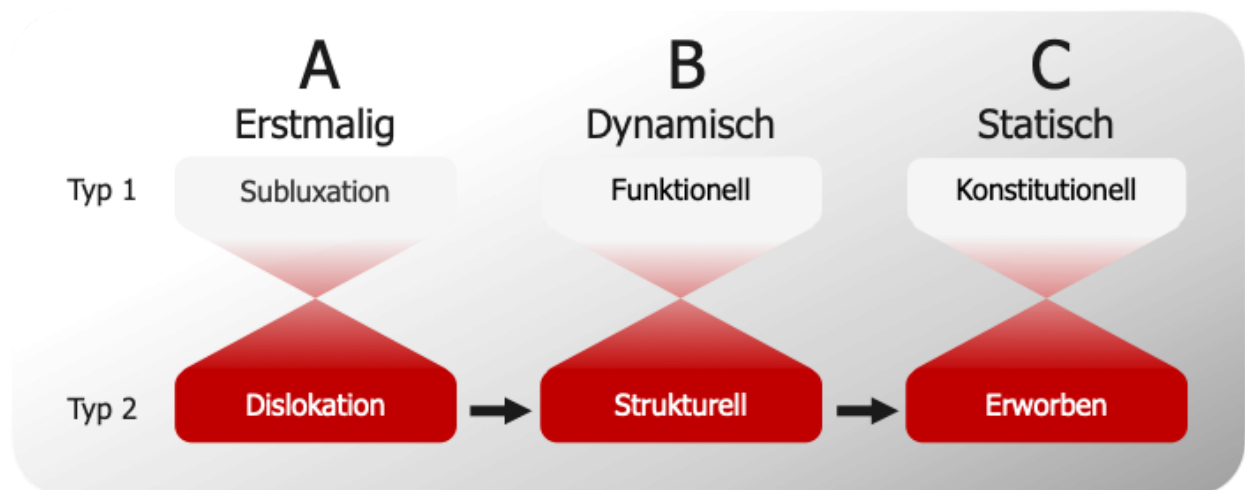


Abbildung 1 ABC-Klassifikation der ätiopathologisch untergliederten posterioren glenohumeralen Schulterinstabilität nach zeitlicher Komponente und klinischer und radiologischer Präsentation (modifiziert nach Moroder et al., 2017)

Um der betroffenen Person für die zugrunde liegende Verletzung bzw. Erkrankung eine möglichst erfolgversprechende Therapie zukommen lassen zu können, ist eine korrekte Diagnosestellung und Gruppenzuordnung erforderlich. Für diese ist wiederum ein Zusammenspiel aus ausführlicher Anamnese, Untersuchung und der Anwendung (schnitt-)bildgebender Verfahren notwendig.

Den aktuellen therapeutischen Empfehlungen liegt jedoch aufgrund der relativ niedrigen Prävalenz der PGHI wenig Evidenz zugrunde. Die Empfehlungen basieren vorwiegend auf geringen Fallserien und Expertenmeinung. Klinische Studien fehlen in vielen Fällen.

Folgen einer erstmaligen hinteren Schulterinstabilität (Gruppe A)

Im Rahmen eines Luxationsereignisses kommt es oftmals durch das Anschlagen des Humeruskopfes am hinteren Rand des Glenoids zu einer Impressionsfraktur an der anteromedialen Gelenkoberfläche des Humeruskopfes (sogenannte inverse Hill-Sachs-Läsion), zu einem Abriss der hinteren Gelenkklippe (posteriore Bankart-Läsion) oder in einigen Fällen zusätzlich zu einem knöchernen Defekt an der posterioren Glenoidkante (posteriore, knöcherne Bankart-Läsion).(18) Die Impressionsfraktur wird in der wissenschaftlichen Literatur als „reverse Hill-Sachs Lesion“ bezeichnet und im Folgenden der Einfachheit halber als RHSL abgekürzt. Strukturelle Defekte dieser Art können wiederum eine dynamische oder statische Instabilität generieren (Gruppe B und Gruppe C, Typ 2).(19)

1.3 Zielsetzung

Aufgrund des Risikos des Auftretens einer strukturell bedingten Instabilität nach einem erstmaligen Luxationsereignis konzentrieren sich Studien, die sich mit der Therapie erstmaliger hinterer Instabilitätsereignisse (Gruppe A) beschäftigen, meist auf die chirurgische Therapie in Abhängigkeit des Vorliegens entstandener struktureller Schäden. Vor allem die Ausdehnung und die Lage der Impressionsfraktur dient als struktureller Orientierungswert bei der Wahl des weiteren therapeutischen Vorgehens.(20-22) Der Konkavitäts-Kompressionsmechanismus legt die Vermutung nahe, dass eine statische Dezentrierung bzw. Subluxation des Schultergelenkes Instabilitäten und frühzeitigen Gelenkverschleiß begünstigen kann.(23) Der genaue Pathomechanismus ist hier jedoch noch nicht gänzlich geklärt. Die radiologischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit konzentrierten sich somit auf die knöchernen Defektcharakteristika und die Zentrierung des Schultergelenks.

Studien, die sich mit der konservativen Therapieoption dieser besonderen Verletzung beschäftigen, sind hingegen rar.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, mittel- bis langfristige Ergebnisse eines initial konservativen Therapieversuchs nach einer erstmaligen hinteren Schultergelenksluxation (Gruppe A) aufzuzeigen. Patientinnen und Patienten sollen anhand des Auftretens erneuter Luxations- bzw. Subluxationsereignisse und der Notwendigkeit sekundärer chirurgischer Interventionen während des Nachuntersuchungszeitraumes in Subgruppen unterteilt werden, welche jeweils als

Erfolg bzw. Misserfolg der initial konservativen Therapie gewertet werden. Des Weiteren sollen klinische und radiologische Charakteristika als Risikofaktoren für ein Versagen der konservativen Therapie ausfindig gemacht werden.

2. Methodik

2.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen einer retrospektiven, multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie (AGA) wurden alle Patientinnen und Patienten, die im Zeitraum von 2003 – 2014 aufgrund einer erstmaligen hinteren Schultergelenksluxation (Gruppe A) an einem der an der Studie teilnehmenden Zentren vorstellig waren und initial konservativ behandelt wurden, zur Nachuntersuchung eingeladen. Als Einschlusskriterien für die Studienteilnahme wurden folgende Bedingungen festgelegt:

- a) eine Typ A1 oder A2 posteriore Schulterinstabilität gemäß der ABC-Klassifikation der PGHI
- b) ein initial konservativer Therapieversuch
- c) das Vorliegen einer Schnittbildgebung (Computertomographie (CT) oder Magnetresonanztomographie (MRT)) der betroffenen Schulter zum Verletzungszeitpunkt
- d) ein Mindestnachuntersuchungszeitraum von 5 Jahren seit dem ersten Instabilitätsereignis
und
- e) eine bereits bestehende Volljährigkeit zum Zeitpunkt des initialen Instabilitätsereignisses

Ausgeschlossen wurden alle Patientinnen und Patienten,

- a) welche im Rahmen des Instabilitätsereignisses eine Humeruskopffraktur erlitten hatten (ausgenommen hiervon wurde die RHSL),
- b) deren Schulter nach der Luxation in einem chronisch verhakten Zustand verblieben ist,
- c) welche an einer bidirektionalen oder multidirektionalen Schulterinstabilität leiden und/oder
- d) die während des Nachverfolgungszeitraumes verstorben sind.

Vor Beginn der Nachuntersuchungen wurde die Einwilligung der Ethikkommission mittels Ethikvotum eingeholt.(1)

Subgruppenbildung

Die Patientinnen und Patienten wurden entsprechend dem Erfolg bzw. Misserfolg der initialen konservativen Therapie in Subgruppen unterteilt. Als Misserfolg wurde jeweils eine erneute Subluxation oder Luxation nach konservativer Behandlung oder eine operative Versorgung aufgrund von Schmerzen oder persistierendem Instabilitätsgefühl während des Nachverfolgungszeitraumes gewertet. Es ergaben sich dadurch folgende zwei Subgruppeneinteilungen.

- a) Konservative Therapie (KT) vs. Konservative Therapieversager (KTV)
- b) Keine Reluxation (KR) vs. Reluxation (R)

Zur besseren Lesbarkeit werden die Subgruppen im Folgenden nur abgekürzt wiedergegeben.(1)

2.2 Datenerhebung und methodisches Vorgehen

Die systematische Datenerhebung setzte sich aus einer ausführlichen Anamnese der Patientin bzw. des Patienten, einer Objektivierung der Schulterfunktion mittels verschiedener Fragebögen, einer klinischen Untersuchung und der Durchführung einer radiologischen und magnetresonanztomographischen Untersuchung zusammen.

2.2.1 Anamnese und klinische Scores

Der erste Teil bestand aus der Erhebung einer detaillierten Anamnese mit patienten- und unfallspezifischen Informationen. Dabei wurden folgende Daten erfragt:

Alter zum Zeitpunkt des erstmaligen Instabilitätsereignisses, Geschlecht, dominante und betroffene Seite der Person, Art und Weise der erfolgten Nachbehandlung. Zudem wurden Informationen bezüglich des genauen Hergangs der Verletzung, möglicher erneut aufgetretener Instabilitätsereignisse (Subluxation oder Reluxation) und eventueller - im Zusammenhang mit der initialen Verletzung stehender - notwendiger sekundärer Operationen eingeholt. Um den schulter-spezifischen Belastungsanspruch der betroffenen Patientin bzw. des betroffenen Patienten zu quantifizieren, wurde der Shoulder Sport Activity Score (SSAS) erhoben.(24) Dieser aus drei Fragekategorien aufgebaute Fragebogen quantifiziert auf einer Skala von 0 – 10 Punkten nach Höhe der Schulterbelastung der ausgeführten Sportart (maximal 3 Punkte), nach dem Sportlevel der betroffenen Person (maximal 4 Punkte) und nach der subjektiven schulterabhängigen

Beeinträchtigung hinsichtlich Bewegungsumfang und Schmerzen bei sportlicher Betätigung (maximal 3 Punkte).

Des Weiteren wurden die Funktionalität der betroffenen Schulter und das Ausmaß der Instabilität mit Hilfe subjektiver und objektiver standardisierter und validierter Scores bewertet. Hierfür wurden der Western Ontario Shoulder Instability (WOSI) Score, der ROWE Score und der Subjective Shoulder Value (SSV) erhoben.(25-27)

Der WOSI Score ermöglicht eine Objektivierung des Schweregrades der Schulterinstabilität mit Hilfe von insgesamt 21 Fragen zu vier unterschiedlichen Kategorien. Kategorie 1 befasst sich mit instabilitätsbedingten körperlichen Symptomen und beinhaltet insgesamt zehn Fragen. Kategorie 2 besteht aus vier Fragen und deckt die Auswirkungen der Instabilität auf die Bereiche Sport, Freizeit und Arbeit ab. Vier weitere Fragen des WOSI Scores beschäftigen sich mit den Auswirkungen der Schulterinstabilität auf die Bereiche Lebensgewohnheiten und Alltag (Kategorie 3). Die letzte Kategorie besteht aus insgesamt drei Fragen zu den Auswirkungen der Schulterinstabilität auf die Bereiche Emotionen und Empfinden der betroffenen Person (Kategorie 4). Jede Frage muss durch die Patientin bzw. den Patienten mit einem Wert von 0 (keine Auswirkung bzw. Einschränkung) bis 100 (extreme Auswirkung bzw. Einschränkung) beantwortet werden. Es ergibt sich somit eine Punktschme zwischen 0 und 2100, welche die Schulterfunktion bzw. die Auswirkung der Schuhtererkrankung auf die Lebensqualität des Patienten objektiviert. Der WOSI Score kann dabei als absoluter Wert oder als relativer Wert angegeben werden. Im Rahmen dieser Studie wurde der relative WOSI Score betrachtet.

Der ROWE Score resultiert aus Fragen zur Stabilität, zu Schmerzen und zur Funktion des betroffenen Schultergelenkes. Bei den drei Kategorien sind bereits jeweils vier Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Jeder Antwort ist ein Punktwert entsprechend des Ausprägungsgrades bzw. Schweregrades zugeordnet. Die für die jeweiligen Antworten vergebenen Punkte werden im Anschluss addiert. Dabei sind Werte zwischen 0 Punkte (schmerzhafte, instabile Gelenk mit starker Bewegungs- und Funktionseinschränkung) und 100 Punkte (schmerzfreie, stabile Gelenk mit keinerlei Bewegungs- und Funktionseinschränkung) möglich.

Unabhängig von der zugrunde liegenden Pathologie stellt schließlich der Subjective Shoulder Value (SSV) ein einfaches Tool zur Bewertung der Schulterfunktion dar. Die Studienteilnehmerin bzw. der Studienteilnehmer soll hierfür die eigene betroffene Schulter mit einer gesunden, unauffälligen Schulter vergleichen (Indexschulter) und ihr

einen prozentualen Wert (verglichen mit der Indexschulter) zuordnen. Der SSV ermöglicht ein simples, jedoch valides Quantifizieren der Schulterfunktion.(1)

2.2.2 Klinische Nachuntersuchung

Der zweite Teil der Datenerhebung umfasste eine gründliche klinische körperliche Untersuchung der betroffenen Schulter sowie der Gegenseite. Hierbei wurde das aktive und passive Bewegungsausmaß hinsichtlich Flexion, Abduktion, glenohumeraler Abduktion, Außenrotation und Innenrotation geprüft. Während Flexion, Abduktion, glenohumerale Abduktion und Außenrotation mit Hilfe eines Goniometers gemessen und in Winkelgraden angegeben wurden, erfolgte die Messung der maximal möglichen Innenrotation entsprechend dem Erreichen bestimmter anatomischer Landmarken (Trochanter Major, Sakrum, Lendenwirbelsäule (LWS), Brustwirbelkörper (BWK) Th12, Scapula). Der Beighton Score wurde erhoben, um auf eine Hyperlaxizität und damit Prädisposition für Instabilitäten überprüfen zu können. Bei diesem Test kann der Patient 0 bis 9 Punkte erreichen, wobei man ab 4 Punkten von vorliegender Hyperlaxizität sprechen kann.(1, 28)

2.2.3 Bildgebung

Aufgrund der vordefinierten Einschlusskriterien lag eine posttraumatische Schnittbildgebung von allen Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer vor. Zur Überprüfung, ob die Studienteilnehmerin bzw. der Studienteilnehmer eine instabilitätsbedingte Arthrose aufweist, erfolgte zudem im Rahmen der klinischen Nachuntersuchung eine röntgenologische Bildgebung des betroffenen Gelenkes in mindestens zwei Ebenen. Soweit möglich erfolgte zudem im Rahmen der Nachuntersuchung eine magnetresonanztomographische Bildgebung der betroffenen Schulter. Um die Strahlenbelastung gering zu halten, wurde auf eine computertomographische Nachuntersuchung verzichtet.(1)

2.3 Radiologische Analyse/Vermessungen

2.3.1 Generelles Vorgehen

Die radiologischen Vermessungen wurden vom Autor der vorliegenden Arbeit sowie vom Betreuer des Autors jeweils zwei Mal durchgeführt. Der zeitliche Abstand zwischen der ersten und der zweiten Messung betrug dabei mindestens fünf Wochen.(1)

2.3.2 Posttraumatische anatomische Charakteristika

Die posttraumatische Schnittbildgebung wurde im Hinblick auf die Frage, ob strukturelle Veränderungen und Defekte vorliegen, analysiert. Dabei wurden die Größe, die Tiefe und die Lage der RHSL, die Retroversion des Glenoids und potenziell vorhandene glenoidale knöcherne Defekte gemessen. Sowohl die glenohumerale als auch scapulohumerale Zentrierung des Humeruskopfes wurden aus den Messungen zur Zentrierung berechnet. Zusätzlich wurde der posttraumatische Arthrosezustand erhoben (Abbildung 2 und 3).(1)

2.3.3 Langzeitveränderungen

Der Schweregrad der Instabilitätsarthrose wurde gemäß der in der Literatur am weitesten verbreiteten Einteilung nach Samilson und Prieto klassifiziert.(29)

Um einen Vergleich des posttraumatischen Arthrosezustandes mit dem Arthrosezustand zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung der gesamten Studienkohorte zu ermöglichen und um die gebildeten Subgruppen vergleichen zu können, wurde der sogenannten Collective Instability Arthropathy (CIA) Index bestimmt.(30) Dieser wird wie folgt berechnet:

Jeder Instabilitätsarthrosegrad wird als ganze Zahl betrachtet. Die einzelnen Werte werden addiert und ein Mittelwert gebildet, indem durch die Anzahl an untersuchten Schultern geteilt wird. Die Minimal- bzw. Maximalwerte sind folgendermaßen zu interpretieren:

Ein CIA Index gleich 0 würde bedeuten, dass keiner der Patienten in der untersuchten Kohorte Anzeichen einer Instabilitätsarthrose aufweist, während ein Wert von 3 bedeuten würde, dass beim gesamten Patientenkollektiv eine Instabilitätsarthrose Grad 3 gemäß Samilson und Prieto beobachtet wird. Der CIA Index kann auf einer kontinuierlichen Skala jegliche Werte zwischen 0 und 3 erreichen, welche analog zu deuten sind.

Um eine Veränderung der glenohumeralen und scapulohumeralen Zentrierung während des Nachuntersuchungszeitraumes beurteilen zu können, wurde die vorhandene follow-up Schnittbildgebung ebenso vermessen.(1) Die Messungen oben genannter struktureller Charakteristika erfolgten auf Basis der bereits in der Literatur beschriebenen und validierten Methoden.(19, 21, 31-37)

2.3.4 Darstellung der durchgeführten Vermessungen

Abbildung 2 visualisiert die einzelnen Defektmessungen. Die Messung der Größe und Lage der RHSL erfolgte in der axialen Schnittbildgebung. Die Messung des posterioren Glenoiddefektes erfolgte in der sagittalen Schnittbildgebung. In Abbildung 2a sind die relevanten anatomischen Strukturen und die RHSL beschriftet. Ein „Best-Fit Circle“ wurde in der Ebene, in welcher die Impressionsfraktur am größten erscheint, über der artikulierenden Gelenkfläche des Humeruskopfes platziert (Abbildung 2b-e). Für die sagittale Messung des posterioren Glenoiddefektes wurde ein „Best-Fit Circle“ über der Gelenkfläche des Glenoids platziert (Abbildung 2f). Mittelpunkt, Durchmesser und Rand des Kreises dienen jeweils als Referenzwerte für die Messungen bzw. Berechnungen.

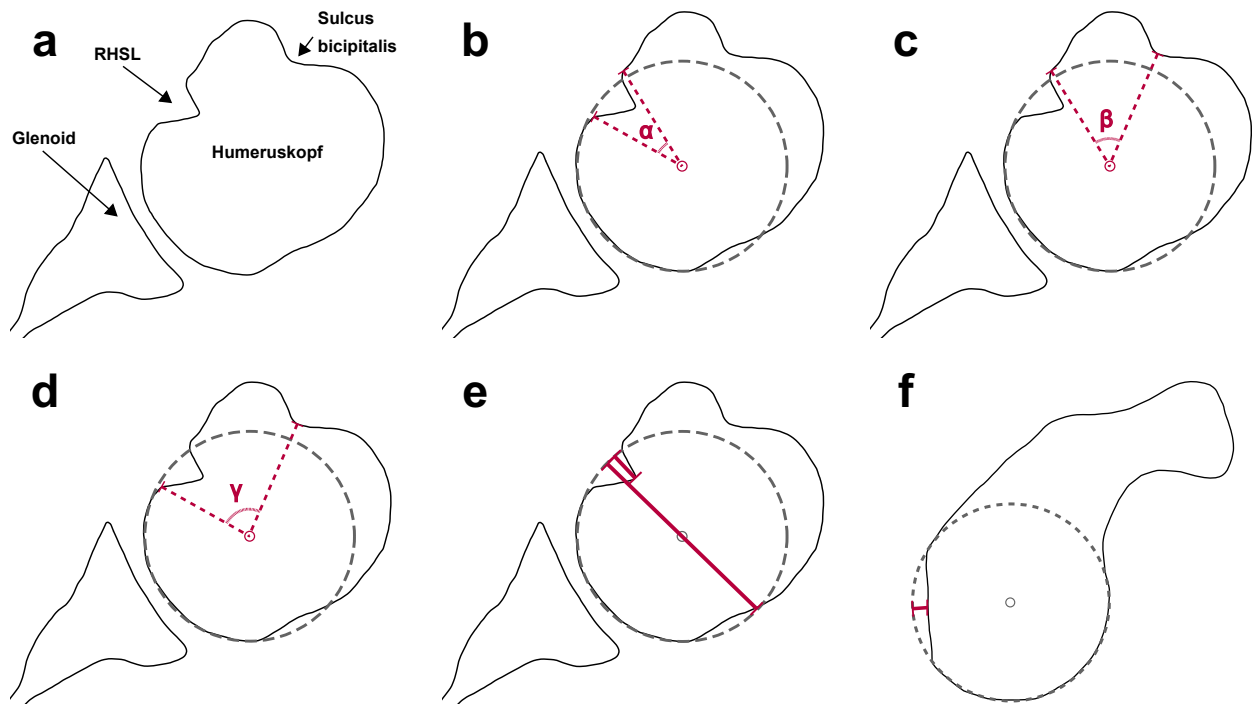


Abbildung 2 Schematische Darstellung der Vermessung der strukturellen Defektcharakteristika (eigene Darstellung)

Der Alpha-Winkel (Abbildung 2b) gibt die Größe des Defektes an. Der Beta-Winkel (Abbildung 2c) gibt die Lage der Impressionsfraktur an, wobei der Sulcus bicipitalis hier als Referenzpunkt dient. Der Gamma-Winkel (Abbildung 2d) resultiert aus der Summe von Alpha-Winkel und Beta-Winkel und gibt somit sowohl die Größe des Defektes als auch dessen Lage an.

Zusätzlich wurde der sogenannte angepasste Gamma-Winkel bestimmt. Dieser kombiniert den Gamma-Winkel mit möglichen knöchernen Glenoiddefekten, indem für jeden Millimeter knöchernen posterioren Glenoiddefektes (Abbildung 2f) zwei Grad zum Gamma-Winkel addiert werden.(19) Aufgrund des Knochenverlustes am posterioren Glenoid kann es bereits bei kleineren Defekten zu einer erneuten Subluxation bzw. Relaxation der betroffenen Schulter durch ein Einhängen der RHSL am hinteren Glenoidrand bei Innenrotation des Armes kommen. Diese Besonderheit findet bei Betrachtung des angepassten Gamma-Winkels Beachtung.

Des Weiteren wurde die relative Tiefe der RHSL bestimmt (Abbildung 2e). Hierfür wurde die Distanz vom tiefsten Punkt der Impressionsfraktur bis zum Rand des „Best-Fit-Circle“ ins Verhältnis zum Durchmesser des „Best-Fit Circle“ gesetzt.

Abbildung 3 visualisiert - neben der Glenoidretroversionsbestimmung - die Messungen, die als Grundlage für die Zentrierungsberechnung dienen. Analog zu den Messungen der RHSL-Winkel wurden für die Zentrierungsvermessungen „Best-Fit Circle“ über der artikulierenden Gelenkfläche des Humeruskopfes angebracht. Die Vermessungen wurden wie folgt vorgenommen:

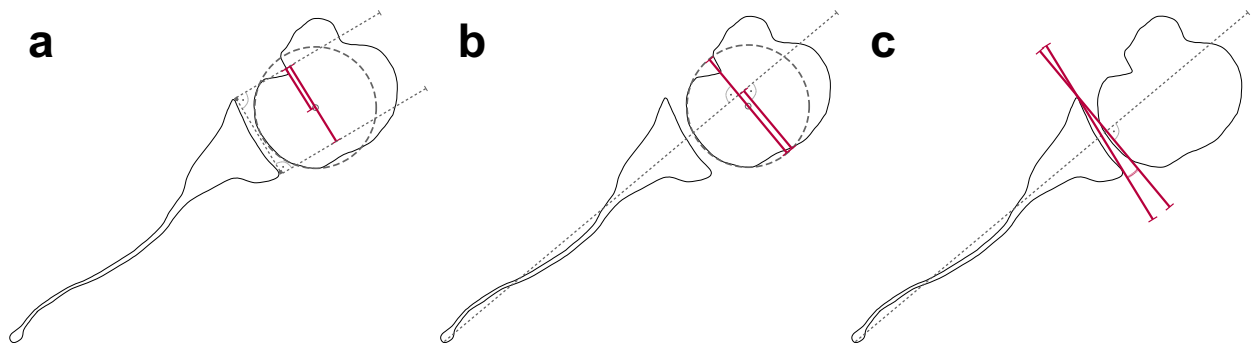


Abbildung 3 Schematische Darstellung der Messungen zur Berechnung der Humeruskopfzentrierung sowie Darstellung der Glenoidretroversionsmessung (eigene Darstellung)

Glenohumerale Zentrierung (Abbildung 3a): Eine Linie verbindet den vorderen mit dem hinteren knöchernen Glenoidrand. Am vorderen und hinteren Ende werden senkrecht zur Verbindungslinie stehende Hilfslinien angezeichnet. Im Anschluss daran wird der Abstand vom Mittelpunkt des „Best-Fit Circle“ zu der vorderen Linie ins Verhältnis zum gesamten Glenoiddurchmesser gesetzt.

Scapulohumerale Zentrierung (Abbildung 3b): Die sogenannte Friedman Linie wird vom Margo medialis der Scapula durch die knöchernen Mitte des Glenoids platziert. Der posteriore Abstand vom „Best-Fit Circle“ zur Hilfslinie wird in das Verhältnis zum Durchmesser des „Best-Fit Circle“ gesetzt.

Bei den Zentrierungsberechnungen entsprechen Werte $> 50 \%$ einer posterioren Dezentrierung (Subluxation), Werte $< 50 \%$ einer anterioren Dezentrierung (Subluxation) des Humeruskopfes.

Glenoidretroversion (Abbildung 3c): Durch die beiden knöchernen äußeren Begrenzungen des axial geschnittenen Glenoids wird eine Gerade gelegt und zusätzlich eine im rechten Winkel zur Friedman Linie stehende Hilfsgerade angebracht. Der Winkel zwischen den beiden Geraden gibt das Ausmaß der Glenoidretroversion an.

2.4 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm SPSS Statistics for Macintosh, Version 26.0.0.1 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) verwendet. Ein Inter- und Intraklassenkoeffizient (ICC) mit einem Konfidenzintervall von 95 % wurde für die Messungen berechnet. Entsprechend der Empfehlung von Portney et al. wurden ein ICC $> 0,75$ als moderat reliabel, Werte von $0,75 - 0,9$ als gut reliabel und ein ICC $> 0,9$ als exzellent reliabel angenommen.(38) Nach entsprechender Reliabilitätstestung erfolgte eine Mittelung der Messergebnisse. Für alle weiteren Analysen wurde der Mittelwert verwendet. Zur Bestimmung von Mittelwerten, Standardabweichungen (SD), Spannweiten und Häufigkeitsverteilungen wurde eine deskriptive Statistik für alle untersuchten Parameter berechnet. Eine Prüfung auf eine Normalverteilung der Variablen erfolgte mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests. Mittelwerte bei ungepaarten, nicht-normalverteilten Parametern wurden mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Zum Vergleich zweier Gruppen mit normalverteilten Parametern wurde der Zweistichprobent-Test verwendet.

Des Weiteren wurden innerhalb der konservativen Patientensubgruppe Korrelationen von patienten- und unfallspezifischen Charakteristika und Defektcharakteristika zum Zeitpunkt der Luxation mit den klinischen und radiologischen Ergebnissen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung berechnet. Die Pearson Korrelation wurde für normalverteilte Variablen verwendet, die Kendall und Spearman Rank Korrelation für nicht-normalverteilte Variablen. Der eta-Koeffizient wurde für den Vergleich von nominalen mit metrisch skalierten Variablen berechnet. Für alle Untersuchungen wurde ein Alpha-Level von 0,05 festgelegt.(1)

2.5 Ethikvotum und Datenschutz

Ein Ethikvotum der Ethikkommission der Charité Universitätsmedizin Berlin wurde vor Studienbeginn eingeholt (EA2/183/18). Für alle Erhebungen und Auswertungen wurde die „Satzung der Charité Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis“ eingehalten. Alle Daten wurden entsprechend des Berliner Datenschutzgesetzes und der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) behandelt.

3. Ergebnisse

3.1 Studienkollektiv und Patientencharakteristika

Insgesamt 44 Patientinnen und Patienten (45 Schultern) erfüllten an den vier studienteilnehmenden Zentren die vordefinierten Einschlusskriterien. Wegen fehlender Kontaktdaten oder aufgrund einer Studienteilnahmeablehnung konnten sechzehn Patienten (16 Schultern) nicht nachuntersucht werden. Somit wurden anamnestische, klinische und radiologische Nachuntersuchungsdaten bei insgesamt 28 Patienten (29 Schultern) erhoben. Dies entspricht einer follow-up Rate von 64 %. Der durchschnittliche follow-up Zeitraum vom erstmaligen Instabilitätsevent bis zur finalen Nachuntersuchung betrug $8,3 \pm 2,7$ Jahre (Spannweite 5 – 14,3 Jahre). Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der erstmaligen Sub- bzw. Reluxation betrug $40,2 \pm 13,7$ Jahre (Spannweite 18 – 75 Jahre).

Als weitere wichtige Charakteristika der Patientenkohorte sind festzuhalten:

- a) Dreiundzwanzig der eingeschlossenen Personen (82 %) waren männlich, fünf Personen (18 %) waren weiblich
- b) Die dominante Seite war bei insgesamt 13 Schultern (45 %) betroffen, die nicht-dominante entsprechend bei 16 Schultern (55%)
- c) Die rechte Seite war bei 17 Personen (59 %), die linke Seite bei zehn Personen (34 %) betroffen. Ein beidseitiges (bilaterales) Auftreten wurde bei einem Patienten beobachtet
- d) Vier Schultern wurden als Instabilitätstyp A1, 25 Schultern wurden als Instabilitätstyp A2 klassifiziert (gemäß ABC-Klassifikation)
- e) Die häufigste Ursache der Verletzung war ein Sturz auf die betroffene Seite (insgesamt 24 der 29 Fälle (83 %)), wobei sich 15 Stürze mit dem Fahrrad ereigneten. Ein konvulsives Ereignis und ein Autounfall waren die Ursache für die Sub- bzw. Reluxation in zwei Schultern. Bei einer Person (eine Schulter) ereignete sich die Luxation im Rahmen eines gymnastischen Unfalls

Einschlusskriterium für die Teilnahme an der Studie war eine initial konservative Therapie der Verletzung. Der Begriff „konservativ“ im Rahmen eines therapeutischen Vorgehens impliziert zwar ein nicht-chirurgisches Vorgehen, nicht zuletzt aufgrund des multizentrischen Designs der Studie unterschieden sich die konservativen Nachbehandlungen zwischen den rekrutierenden Zentren jedoch geringfügig. Allen Behandlungsschemata gemeinsam war jedoch eine Ruhigstellung der betroffenen

Schulter in einem Abduktionskissen oder einem Neutral-Null-Rotationsverband für eine Dauer von insgesamt zwei bis sechs Wochen mit einer anschließenden physiotherapeutischen Nachbehandlung über einen Zeitraum von zwei bis maximal 27 Wochen.(1)

Verteilung der Subgruppen

Eine erneute Luxation ereignete sich bei sechs der eingeschlossenen 29 Schultern (21 %). Neun Schultern (31 %) mussten im Verlauf aufgrund einer ausbleibenden Besserung und weiterhin bestehender klinischer Symptome im Nachuntersuchungszeitraum operativ versorgt werden. Die Ergebnisse wurden im Anschluss entsprechend der einzelnen Subgruppenzuordnung ausgewertet.(1) Abbildung 4 verbildlicht die beiden Subgruppenbildungen.

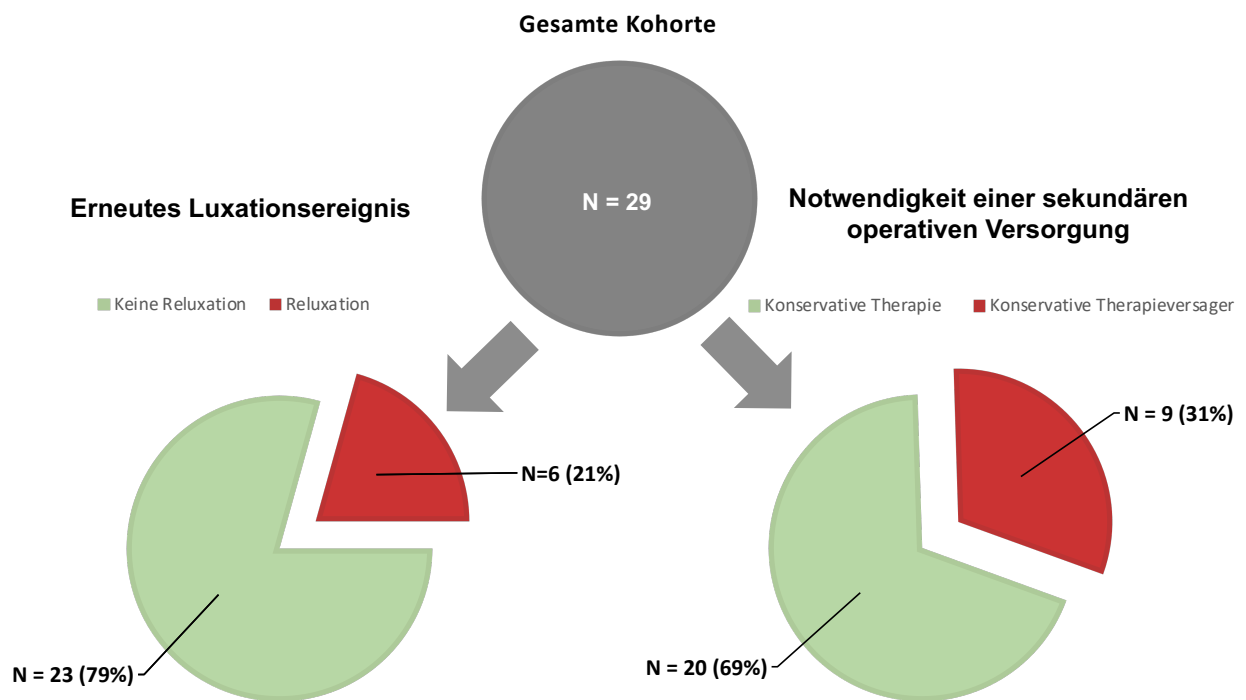


Abbildung 4 Subgruppenbildung entsprechend dem Erfolg (grün) bzw. Misserfolg (rot) der initial konservativen Therapie (eigene Darstellung)

Tabelle 1 stellt die Unfall- und Patientencharakteristika subgruppenspezifisch dar. Die Subgruppen unterschieden sich bezüglich der verschiedenen Charakteristika nicht und konnten somit weiter analysiert werden.

Tabelle 1 Vergleich der Unfall- und Patientencharakteristika, untergliedert nach Subgruppe (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

	Konservative Therapie (N = 20)	Konservative Therapieversager (N=9)	P-Wert	Keine Relaxation (N=23)	Relaxation (N=6)	P-Wert
Alter beim erstmaligen Instabilitätsereignis, Mittelwert ± SD (Jahre)	42 ± 11,4	36,3 ± 18	0,32	41,4 ± 11,2	35,8 ± 21,7	0,23
Follow-up, Mittelwert ± SD (Monate)	106,1 ± 33,2	81,9 ± 23,6	0,06	100,6 ± 34,0	90,7 ± 24,6	0,58
Sex, N (%)						
männlich	18 (90)	6 (67)	0,12	20 (87)	4 (67)	0,24
weiblich	2 (10)	3 (33)		3 (13)	2 (33)	
Betroffene Seite, N (%)						
Rechts	7 (35)	3 (33)	0,73	7 (30)	3 (50)	0,49
Links	11 (55)	6 (67)		14 (61)	3 (50)	
Beide Seiten	1 (10)	0 (0)		1 (9)	0 (0)	
Dominante Seite	10 (50)	3 (33)	0,40	10 (44)	3 (50)	0,78
Nicht-dominante Seite	10 (50)	6 (67)		13 (56)	3 (50)	
Instabilitätstyp, N (%)						
A1	2 (10)	2 (22)	0,29	4 (17)	0 (0)	0,34
A2	18 (80)	7 (78)		19 (83)	6 (100)	
Beighton Score, Mittelwert ± SD	1,2 ± 1,2	1,4 ± 1,9	1	1,3 ± 1,4	1 ± 1,4	0,74
SSA Score, Mittelwert ± SD	6,2 ± 2,1	6,3 ± 2,9	0,94	6 ± 2,2	7 ± 3	0,49

SSA Score = Shoulder Sport Activity Score

3.2 Radiologische Messergebnisse

Im Rahmen der Nachuntersuchung konnte eine röntgenologische Untersuchung der betroffenen Schulter bei 24 der 28 eingeschlossenen Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern (86 %) und eine magnetresonanztomographische Bildgebung bei 22 Schultern (75 %) durchgeführt werden. Bei der vorgegliederten Testung auf Reproduzierbarkeit der Messungen zeigten sich entsprechend Portney et al. gut bis exzellent reliable Messungen, auf deren Basis die weitere Analyse erfolgte.(1)

3.2.1 Subgruppenspezifischer Outcome-Vergleich

Tabelle 2 zeigt subgruppenspezifisch die Ergebnisse der posttraumatischen radiologischen Auswertung.

Tabelle 2 Subgruppenspezifischer Vergleich der posttraumatischen, strukturellen, radiologischen Charakteristika (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

	Konservative Therapie (N = 20)	Konservative Therapieversager (N=9)	P-Wert	Keine Reluxation (N=23)	Reluxation (N=6)	P-Wert
Alpha-Winkel, Mittelwert \pm SD, °	43,3 \pm 5,9	46,1 \pm 8,6	0,77	43,8 \pm 6,8	45,6 \pm 7,4	0,83
Beta-Winkel, Mittelwert \pm SD, °	48,4 \pm 8,6	47,3 \pm 11,1	0,08	48,5 \pm 8,7	46,3 \pm 12,1	0,73
Gamma-Winkel, Mittelwert \pm SD, °	91,7 \pm 9,5	93,4 \pm 5,9	0,07	92,3 \pm 9	91,9 \pm 6,6	0,77
Angepasster Gamma-Winkel, Mittelwert \pm SD, °	93,3 \pm 9,7	97,8 \pm 7,2	0,09	94,4 \pm 10,2	96,0 \pm 2,9	0,24
Tiefe der RHSL, Mittelwert \pm SD, %	15,2 \pm 5,3	11,2 \pm 2,3	*0,01	14,6 \pm 5,2	11,3 \pm 2,5	0,10
Glenoiddefekt, Mittelwert \pm SD, mm	0,7 \pm 1,5	1,9 \pm 2,8	0,19	0,9 \pm 1,9	1,8 \pm 2,6	0,18
Glenoidversion, Mittelwert \pm SD, °	8,2 \pm 3,6	8,7 \pm 2,8	0,76	8,2 \pm 3,4	8,8 \pm 3,4	0,85
Glenohumerale Zentrierung, Mittelwert \pm SD, %	50,6 \pm 6,6	58,2 \pm 11,8	0,19	50,6 \pm 6,4	61,9 \pm 12,5	0,05
Scapulohumerale Zentrierung, Mittelwert \pm SD, %	58,8 \pm 6,0	63,0 \pm 10,9	0,53	59,3 \pm 6,3	63,4 \pm 12,7	0,71

RHSL = Reverse Hill-Sachs Lesion,

* = statistisch signifikant

Ein Trend zu einer stärker ausgeprägten posttraumatischen posterioren Dezentrierung/Subluxation in der R-Subgruppe - verglichen mit der KR-Subgruppe - konnte beobachtet werden (61,9 \pm 12,5 % vs. 50,6 \pm 6,4 %, p = 0,054). Des Weiteren zeigte sich ein Trend zu einem größeren angepassten Gamma-Winkel in der KTV-Subgruppe verglichen mit der KT-Subgruppe (97,8 \pm 7,2°, vs. 93,3 \pm 9,7°, p = 0,09).(1)

Größe und Lage der Impressionsfraktur

Nachdem aktuell die Entscheidung zur Wahl des therapeutischen Vorgehens vorwiegend auf Grundlage der Größe und Lage der Impressionsfraktur des Humeruskopfes erfolgt, wurde der angepasste Gamma-Winkel im Speziellen gesondert analysiert. Es erfolgte eine detaillierte Untersuchung und Darstellung der Einzelwertverteilung mittels Boxplot (Abbildung 5). Auf der y-Achse ist der angepasste Gamma-Winkel aufgetragen, auf der x-Achse die jeweilige Subgruppenzuteilung. Die gepunktete rote Linie kennzeichnet einen angepassten Gamma-Winkel von 90°. Es zeigt sich in den beiden Gruppen, bei denen das initial konservative Therapievorgehen fehlschlug, jeweils eine Ausdehnung von über 90° des Defektes. Die Spannweite der Werte in den jeweiligen Subgruppen reichte von 91,9° bis 115,8° in der KTV-Subgruppe und von 91,9° bis 100,2° in der R-Subgruppe. In der KT-Subgruppe wurden hingegen Werte von 77,8° bis 115,9° und in der KR-Subgruppe Werte von 77,8° bis 115,9° gemessen.(1)

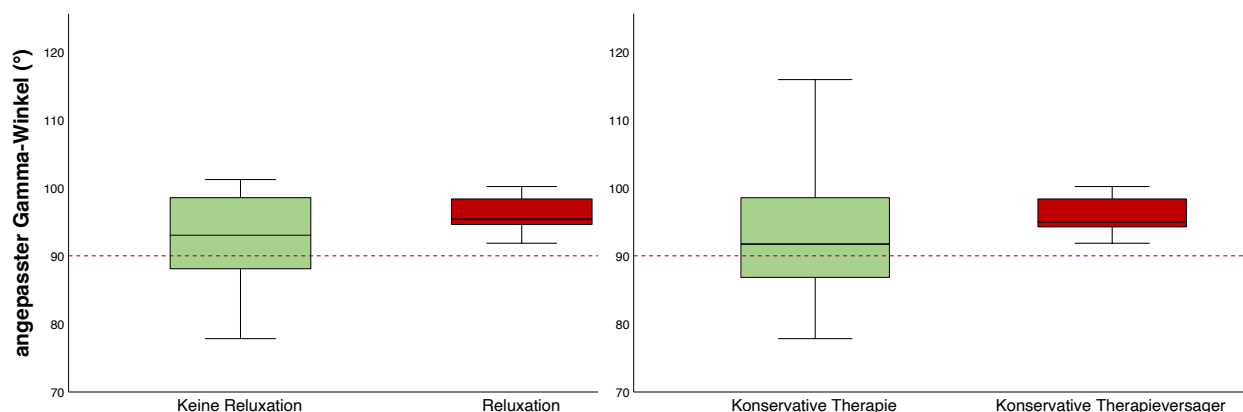


Abbildung 5 Subgruppenspezifische Boxplot-Darstellung der Lage und Größe der RHSL, angegeben als angepasster Gamma-Winkel (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

3.2.2 Entwicklung des Gelenkverschleißes und der Gelenkzentrierung

Betrachtet man alle in die Studie eingeschlossenen Schultern, ohne diese nach Subgruppen zu unterteilen, fand sich eine geringe Zunahme des CIA-Index vom Zeitpunkt des initialen Instabilitätsevents an bis zum Zeitpunkt der follow-up Nachuntersuchung ($0,03 \pm 0,19$ vs. $0,17 \pm 0,38$, $p = 0,043$). Die glenohumerale Zentrierung respektive Dezentrierung des Oberarmkopfes zeigte keine signifikante Veränderung während des Nachuntersuchungszeitraum ($50,8 \pm 6,9$ % vs. $52,9 \pm 5,7$ %, $p = 0,19$). (1)

3.3 Klinische Charakteristika

3.3.1 Klinische Scores

Während die klinischen Bewertungsscores zum Zeitpunkt der finalen Nachuntersuchung bei Betrachtung aller eingeschlossenen Patientinnen und Patienten gute Werte ergaben, wurden bei der Betrachtung in Abhängigkeit von der zugeteilten Subgruppe deutliche, teils statistisch signifikante Unterschiede sichtbar.

Die gesamte Patientenkohorte erreichte einen mittleren SSV von $89,2 \pm 14,7$, WOSI Score von $85,2 \pm 16$ und ROWE Score von $91,9 \pm 20,6$. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der KT-Subgruppe und der KTV-Subgruppe zeigte sich bei dem SSV ($93,2 \pm 8,1$ vs. $80 \pm 21,9$; $p = 0,04$). Ähnliche absolute Differenzen zeigten sich bei den anderen beiden klinischen Scores. Diese Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant.(1) Alle Einzelwerte finden sich in Tabelle 3.

Tabelle 3 Klinische Scores in Abhängigkeit von der zugeteilten Subgruppe zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

	Konservative Therapie (N = 20)	Konservative Therapieversager (N=9)	P-Wert	Keine Reluxation (N=23)	Reluxation (N=6)	P-Wert
SSV, Mittelwert \pm SD	$93,2 \pm 8,1$	$80 \pm 21,9$	*0,04	$92,8 \pm 7,6$	$75 \pm 26,8$	0,11
ROWE Score, Mittelwert \pm SD	$96,1 \pm 10,2$	$82,5 \pm 33,4$	0,77	$96,7 \pm 9,5$	$72 \pm 39,8$	0,34
WOSI Score, Mittelwert \pm SD	$88,2 \pm 13,1$	$78,5 \pm 20,5$	0,10	$88,2 \pm 12,3$	$72,6 \pm 24,4$	0,12

SSV = Subjective Shoulder Value, WOSI = Western Ontario Shoulder Instability,

* = statistisch signifikant

3.3.2 Bewegungsausmaß

Betrachtet man die gesamte Studienkohorte, so weisen die betroffenen Schultern zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung folgenden Bewegungsumfang auf:

Flexion $178 \pm 4^\circ$, Abduktion $177 \pm 6^\circ$, glenohumerale Abduktion $95 \pm 16^\circ$, Außenrotation $64 \pm 16^\circ$ und eine mediane Innenrotation der Schulter bis zum BWK Th12.

Tabelle 4 listet den Bewegungsumfang in Abhängigkeit von der zugeteilten Subgruppe auf. Es zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Subgruppen.(1)

Tabelle 4 Subgruppenspezifischer Vergleich des Bewegungsumfangs (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

	Konservative Therapie (N = 20)	Konservative Therapieversager (N=9)	P-Wert	Keine Reluxationen (N=23)	Reluxation (N=6)	P-Wert
Flexion, Mittelwert \pm SD, °	178 \pm 4	179 \pm 4	0,76	178 \pm 4	176 \pm 5	0,85
Abduktion, Mittelwert \pm SD, °	177 \pm 5	177 \pm 8	0,71	177 \pm 5	175 \pm 10	0,85
Glenohumerale Abduktion, Mittelwert \pm SD, °	97 \pm 8	91 \pm 27	0,49	97 \pm 8	86 \pm 38	0,53
Außenrotation, Mittelwert \pm SD, °	64 \pm 5	61 \pm 19	0,53	65 \pm 15	55 \pm 17	0,48
Innenrotation, Median	BWK Th12	BWK Th12	1	BWK Th12	BWK Th12	0,60

3.4 Risikofaktoren für ein schlechtes Outcome der konservativen Therapie

Um eine Aussage über potenzielle Risikofaktoren für einen ungünstigen Verlauf der konservativen Therapie treffen zu können, wurden Patientinnen und Patienten, die durchgehend konservativ therapeutisch versorgt wurden und die somit im Rahmen der Studie der Subgruppe „Konservative Therapie“ zugeordnet worden sind, im Folgenden gesondert und als eigenständige Kohorte betrachtet. Sowohl die Patienteneigenschaften als auch die posttraumatischen strukturellen Defektcharakteristika wurden mit den zum Nachuntersuchungszeitraum erhobenen klinischen Scores und den zuvor festgelegten radiologischen Failure- respektive Negativindikatoren (Dezentrierung des Gelenks, Gelenkverschleiß) korreliert (Tabelle 5).

Tabelle 5 Korrelationen von Patienten- und Defektcharakteristika mit klinischen und radiologischen Ergebnissen der Nachuntersuchung in der konservativen Subgruppe (modifiziert nach Festbaum et al., 2022(1))

Ergebnisse Charakteristika	SSV	ROWE Score	WOSI Score	Follow-up	Follow-up
	Korrelation P-Wert	Korrelation P-Wert	Korrelation P-Wert	gh-Zentrierung Korrelation P-Wert	Osteoarthritis Korrelation P-Wert
Patientencharakteristika					
Alter beim erstmaligen Instabilitätsereignis	0,543 *0,020	0,418 *0,035	0,478 *0,045	-0,217 0,40	0,277 0,15
Follow-up	-0,15 0,95	-0,129 0,61	-0,043 0,87	-0,28 0,28	0,436 0,08
Sex	0,192 0,45	0,138 0,58	0,057 0,82	0,033 0,90	0,116 0,66
Betroffene Seite					
Rechts/Links	0,182 0,47	0,491 *0,040	0,309 0,21	0,137 0,60	0,24 0,35
Dominante/ Nicht-dominante Seite	0,082 0,75	0,213 0,40	0,402 0,10	0,234 0,37	0,127 0,63
Beighton Score	0,095 0,72	0,137 0,60	0,004 0,99	0,373 0,16	-0,211 0,43
SSA Score	0,436 0,07	0,303 0,22	0,51 0,1	0,376 0,15	0,240 0,37
Posttraumatische radiologische Parameter					
Alpha-Winkel	0,206 0,41	0,279 0,16	0,33 0,18	-0,102 0,70	0,193 0,32
Beta-Winkel	0,001 0,99	-0,072 0,71	0,181 0,47	0,094 0,72	0,254 0,19
Gamma-Winkel	0,129 0,61	0,197 0,32	0,374 0,13	-0,025 0,925	0,396 *0,039
Angepasster Gamma-Winkel	0,139 0,58	0,26 0,30	0,379 0,12	-0,076 0,77	0,664 *0,004
Tiefe der RHSL	0,208 0,41	0,01 0,96	0,244 0,33	0,004 0,99	0,437 *0,023
Glenoiddefektdurchmesser	-0,149 0,56	0,022 0,93	-0,099 0,70	-0,098 0,71	0,07 0,79
Glenohumerale Zentrierung	-0,453 0,08	-0,237 0,28	-0,59 *0,021	0,681 *0,007	0,30 0,15
Glenoidretroversion	0,46 0,86	0,108 0,67	0,111 0,66	-0,50 0,85	-0,85 0,75
Scapulohumerale Zentrierung	0,168 0,53	0,18 0,50	0,164 0,55	0,539 *0,038	-0,044 0,88

SSV = Subjective Shoulder Value, WOSI = Western Ontario Shoulder Instability, gh-Zentrierung = glenohumerale Zentrierung

SSA Score = Shoulder Sport Activity Score, RHSL = Reverse Hill-Sachs Lesion,

* = statistisch signifikant

Es zeigten sich statistisch signifikante Korrelationen zwischen dem Alter beim erstmaligen Instabilitätsevent und allen erhobenen klinischen Scores (SSV: $r = 0,543$, $p = 0,02$; ROWE: $r = 0,418$, $p = 0,035$ und WOSI: $r = 0,478$, $p = 0,045$). Zudem korrelierte eine stärker ausgeprägte posttraumatische glenohumerale posteriore Dezentrierung mit einem schlechteren WOSI ($r = -0,59$, $p = 0,02$) und mit einer zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung weiterhin ausgeprägten glenohumeralen posterioren Dezentrierung ($r = 0,68$, $p = 0,007$). Zuletzt zeigte sich eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Gamma-Winkel ($r = 0,396$, $p = 0,039$) und der Tiefe der RHSL ($r = 0,437$, $p = 0,023$) mit einer stärker ausgeprägten Instabilitätsarthrose zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.(1)

4. Diskussion

Ziel der Studie war es, anhand einer möglichst großen, homogenen Patientenkohorte mit einem erstmalig aufgetretenen, posterioren Instabilitätsereignis (Typ A), eine konkrete Aussage über das zu erwartende Outcome der konservativen Therapie treffen zu können. Zudem sollten Risikofaktoren (patientenspezifisch und defektspezifisch) für ein Versagen bzw. ein schlechtes Outcome der konservativen Therapie evaluiert werden. Potenzielle Therapieversager-Patientinnen und -Patienten sollen dadurch bereits in der therapieentscheidenden Phase posttraumatisch detektiert werden und die Therapie soll entsprechend dem individuell am ehesten erfolgversprechenden Schema angepasst werden können.

Im Rahmen der Arbeit konnte für diese bis dato noch wenig erforschte spezifische Pathologie eine relativ große homogene Kohorte systematisch nachuntersucht werden.(1)

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

4.1.1 Klinische Langzeitergebnisse eines erstmaligen Instabilitätsereignisses

Unabhängig von der zugeordneten Subgruppe und somit unabhängig vom Erfolg oder Misserfolg des initial konservativen Therapieansatzes zeigte die Studie - trotz der Schwere der Verletzung - gute klinische Ergebnisse. Sowohl bei Betrachtung des Bewegungsumfanges der betroffenen Schulter als auch bei Betrachtung von deren Funktionalität (objektiviert mittels verschiedener Scores), konnten bei allen eingeschlossenen Patientinnen und Patienten im mittel- bis langfristigen Verlauf gute klinische Ergebnisse beobachtet werden.(1)

4.1.2 Erfolg der konservativen Therapie

Während eine Fall-Kontroll-Studie aus dem Jahr 2017 eine Überlegenheit der operativen Versorgung einer PGHI in Bezug auf das klinische Outcome im kurzfristigen Verlauf beobachtete, konnte die vorliegende Studie zeigen, dass mittel- bis langfristig ein konservativer Therapieversuch in fast 70 % der Fälle erfolgversprechend ist.(39) In der Literatur werden sehr unterschiedliche Versagensraten der konservativen Therapie bei einer PGHI zwischen 27 % und 84 % beschrieben.(40-44) Ein möglicher Erklärungsversuch für diese Unterschiede könnte die mangelnde Vorselektion der

Patientinnen und Patienten mit einer hinteren Schulterinstabilität in den anderen Studien sein. In diesen wurde nicht weiter differenziert, ob es sich um ein erstmaliges Event handelte oder um einen Zustand nach mehrmaligen PGHI-Events.(1)

4.2 Interpretation der Ergebnisse und Einbettung in den Forschungsstand

Die Ergebnisse dieser Studie sollen als Entscheidungshilfe für die Planung des therapeutischen Vorgehens dienen. Gemäß den Ergebnissen einer US-amerikanischen Populationsstudie sind ein hoher Body-Mass-Index (BMI), die Ausübung von Kontaktsportarten und Gewichtheben Risikofaktoren für eine notwendige sekundäre Operation.(44) Eine detaillierte Analyse der strukturellen Defektcharakteristika fand jedoch bei den dabei durchgeführten Untersuchungen nicht statt. Auf Grundlage der Ergebnisse der vorliegenden Studie sollte der Fokus auf den folgenden drei Charakteristika bzw. Risikofaktoren liegen, um ein mögliches Versagen der konservativen Therapie besser abschätzen zu können:

- a) Größe und Lage der RHSL
- b) Posttraumatische glenohumerale Zentrierung des Humeruskopfes
- c) Alter der Person zum Zeitpunkt des initialen Instabilitätsereignisses

4.2.1 Größe und Lage der Impressionsfraktur

Im Rahmen der Luxation kommt es in vielen Fällen zu einer sogenannten RHSL, welche bei Innenrotation des betroffenen Armes zu einem Einhaken in die hintere Glenoidkante und dadurch zu einem erneuten Instabilitätsereignis führen kann.(21) Unter anderem deshalb sind die Größe und insbesondere die Lage eben jener Impressionsfraktur entscheidend, wenn es um die Wahl zwischen einer konservativen und einer operativen Therapie geht.(22, 45, 46)

Eine biomechanische Studie stufte einen angepassten Gamma-Winkel $> 90^\circ$ als kritische Größe ein, welche für die oben genannte Komplikation prädisponiert.(21) Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit den Analysen der biomechanischen Untersuchungen.

Ein Wert von 90° des angepassten Gamma-Winkels scheint als möglicher Cut-off Wert betrachtet werden zu können. Alle Patientinnen und Patienten, die entweder eine Relaxation innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes erlitten haben oder bei denen ein sekundärer chirurgischer Eingriff notwendig war, zeigten Ausdehnungen von $> 90^\circ$. Zusätzlich führen gemäß den Ergebnissen dieser Studie große und zentrale, also in der

artikulierenden Gelenkfläche liegende Defekte zu einem Fortschreiten des Gelenkverschleißes. Trotzdem sollte die Entscheidung für ein chirurgisches Vorgehen nicht allein aufgrund der Lage und Größe des Defektes getroffen werden, da ebenso knapp die Hälfte aller erfolgreich konservativ therapierten Patientinnen und Patienten angepasste Gamma-Winkel von $> 90^\circ$ aufwiesen.(1)

4.2.2 Posttraumatische posteriore glenohumerale Dezentrierung

Bei der Entscheidungsfindung sollte zudem die posttraumatische glenohumerale Zentrierung mit einbezogen werden. Es zeigte sich eine stärker ausgeprägte posttraumatische Dezentrierung bei Patientinnen und Patienten, welche im Verlauf eine Relaxation erlitten haben oder operativ versorgt werden mussten. Die Persistenz der bereits posttraumatisch bestehenden posterioren Dezentrierung bis zum Zeitpunkt der finalen Nachuntersuchung und die statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Ausprägungsgrad der posttraumatischen Dezentrierung und einem schlechteren klinischen Ergebnis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (evaluiert mittels WOSI Score), macht die Notwendigkeit des Hinzuziehens dieses radiologischen Charakteristikums zur Entscheidungsfindung deutlich und wird zusätzlich durch die stärker ausgeprägte posteriore Dezentrierung innerhalb der Relaxation-Subgruppe bestätigt.(1) Darüber hinaus ist aus anderen wissenschaftlichen Arbeiten bekannt, dass neben der Größe und Lage des Defektes, die Dezentrierung des Humeruskopfes ebenso zu einer Progression des Gelenkverschleißes führen kann.(23, 33)

4.2.3 Einfluss des Alters

Die anteriore Schulterinstabilität macht in Bezug auf die Ausrichtung den Großteil aller Schulterinstabilitäten aus. Bei diesen ist hinlänglich und allgemein bekannt, dass das Alter zum Zeitpunkt des erstmaligen Luxationsereignisses einen großen Einfluss auf die Relaxationsrate und somit auf das klinische Ergebnis sowohl im kurz- als auch im langfristigen Verlauf hat. Je jünger eine Patientin bzw. ein Patient zum Zeitpunkt der Luxation ist, desto wahrscheinlicher ist eine erneute Luxation und desto stärker ausgeprägt sind die verletzungsbedingten Einschränkungen bei sportlichen Betätigungen und der Einfluss auf das tägliche Leben.(47, 48)

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass es sich bei der hinteren Schulterinstabilität ähnlich verhält. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter der betroffenen Person zum Zeitpunkt des initialen Instabilitätsereignisses und den besseren klinischen

Ergebnissen/Scores zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnte nachgewiesen werden. Ein möglicher Grund für diese Beobachtungen könnte sein, dass die schulterpezifischen Anforderungen im höheren Alter niedriger sind.(1)

4.3 Stärken und Schwächen der Studie

Aufgrund der Seltenheit der hinteren Schulterluxation - und insbesondere auch der erstmaligen hinteren Schulterluxation mit anschließendem konservativen Therapieversuch - konnte trotz der multizentrischen Datenerhebung nur eine geringe Anzahl an Patientinnen und Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Trotz aller Bemühungen konnte lediglich eine follow-up Rate von 63 % erreicht werden. Die hohe Rate an loss to follow-up könnte unter anderem durch die Tatsache erklärt werden, dass als Einschlusskriterium ein Mindestnachuntersuchungszeitraum von fünf Jahren angesetzt wurde.

Sowohl bei der beobachteten posttraumatisch posterioren Dezentrierung als auch bei der Größe des Gamma-Winkels war eine stärkere Ausprägung in den beiden Failure-Subgruppen zu erkennen; eine statistische Signifikanz konnte hier jedoch nicht erreicht werden. Die geringe Anzahl an eingeschlossenen Patientinnen und Patienten könnte die Studie für spezielle Subgruppenanalysen unterpower machen. Größere Studienkohorten sind hier in Zukunft noch notwendig. Trotz der relativ geringen Zahl an Patientinnen und Patienten konnten jedoch durch genaue Analysen klinisch relevante Assoziationen ermittelt werden.

Die Luxation kann neben den knöchernen Defekten ebenso zu weichteiligen Läsionen führen, wie zum Beispiel einem Abriss der hinteren Gelenkklippe (posteriore Bankart-Läsion). Diese weichteiligen Läsionen können für sich allein genommen bereits eine Instabilität begünstigen und sollten deshalb bei der Planung des therapeutischen Prozederes mitbetrachtet werden. Weichteilige Läsionen konnten in der Studie nicht explizit evaluiert werden, da hierfür eine posttraumatische, weichteildarstellende Bildgebung (MRT) notwendig gewesen wäre. Eine solche konnte jedoch nicht bei allen eingeschlossenen Patientinnen und Patienten gewährleistet werden.

Darüber hinaus ist das retrospektive Design der Studie mit nachträglicher Datenerhebung sicherlich die größte Limitation, wobei klinische, prätherapeutische Scores für die Beantwortung der spezifischen Fragestellung dieser Studie nicht zwingend relevant sind.(1)

4.4 Implikationen für die Praxis und die zukünftige Forschung

Trotz dieser Einschränkungen untersucht die vorliegende Studie die größte Kohorte einer homogenen Gruppe an Patientinnen und Patienten mit einer erstmaligen, hinteren

Schulterluxation A1/A2 gemäß der Klassifikation von Moroder et al. Um das Vorliegen einer posttraumatischen Bildgebung einer jeden Patientin und eines jeden Patienten gewährleisten zu können, wurde diese als Einschlusskriterium vorab definiert, nachdem entsprechend dem aktuellen wissenschaftlichen Konsens die Wahl des therapeutischen Vorgehens maßgeblich von den radiologischen Defektcharakteristika beeinflusst wird. Alle Patientinnen und Patienten wurden zum Zeitpunkt der finalen Nachuntersuchung umfangreich klinisch nachuntersucht. Soweit möglich, wurde eine Bildgebung zur erneuten radiologischen Beurteilung des Gelenkes durchgeführt.(1)

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, ist die PGHI eine Pathologie mit einem sehr heterogenen zugrundeliegenden Pathomechanismus. Um das optimale therapeutische Vorgehen festlegen zu können, was für den Erfolg direkt verantwortlich ist, ist eine korrekte Diagnosestellung und Einteilung anhand eines etablierten Klassifikationssystems unabdingbar. Die Stärke der vorliegenden Studie ist, dass ihr eine homogene Patientenkohorte zugrunde liegt. Die glenohumerale Zentrierung und die Lage und Größe der Impressionsfraktur scheinen sowohl ein Indikator für die Versagenswahrscheinlichkeit einer initial konservativen Therapie als auch ein Risikofaktor für ein schlechteres Outcome einer konservativen Therapie zu sein. Die beiden genannten Faktoren sollten daher bei der Festlegung der Wahl des therapeutischen Vorgehens bei Typ A PGHI besonders berücksichtigt werden.(1)

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Neben den gezeigten beiden strukturellen Charakteristika scheint zusätzlich das Alter zum Zeitpunkt des initialen Instabilitätsereignissen ein Indikator für ein schlechteres Outcome der konservativen Therapie zu sein. Zukünftige weitere Untersuchungen sollten hier noch Licht ins Dunkel bringen. Die von Moroder et al. 2017 aufgestellte Theorie, dass ein erstmaliges Instabilitätsereignis (Typ A2) durch strukturelle Begleitdefekte zu einer bewegungsabhängigen, dynamischen Schulterinstabilität (Typ B2) führen kann, scheint durch die Ergebnisse der Studie bestätigt zu werden.⁽¹⁷⁾ Des Weiteren bestätigt die Persistenz der posterioren glenohumeralen Dezentrierung einen möglichen Progress zu einer statischen Instabilität (Typ C2), die durch die erstmalige posteriore Luxation erworben wurde.⁽¹⁾ Die Ergebnisse dieser Studie sollen helfen, zukünftige Patientinnen und Patienten adäquat therapeutisch versorgen zu können, um einen derartigen Progress zu verhindern.

Literaturverzeichnis

1. Festbaum C, Minkus M, Akgün D, Hupperich A, Maier D, Auffarth A, Mitterer M, Hoffelner T, Tauber M, Fritsch L, Moroder P. Conservative treatment of acute traumatic posterior shoulder dislocations (Type A) is a viable option especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022.
2. Kremer K, Lierse W, Platzer W, Schreiber H, S W. *Schultergelenk: Spezielle Anatomie. Chirurgische Operationslehre Band 9 Schultergürtel obere Extremität.* Stuttgart: Thieme; 1994.
3. Lippitt SB, Vanderhooft JE, Harris SL, Sidles JA, Harryman DT, 2nd, Matsen FA, 3rd. Glenohumeral stability from concavity-compression: A quantitative analysis. *J Shoulder Elbow Surg.* 1993;2(1):27-35.
4. Lippitt S, Matsen F. Mechanisms of glenohumeral joint stability. *Clin Orthop Relat Res.* 1993(291):20-8.
5. Nabian MH, Zadegan SA, Zanjani LO, Mehrpour SR. Epidemiology of joint dislocations and ligamentous/tendinous injuries among 2,700 patients: five-year trend of a tertiary center in Iran. *Arch Bone Jt Surg.* 2017;5(6):426.
6. Speer KP. Anatomy and pathomechanics of shoulder instability. *Clin Sports Med.* 1995;14(4):751-60.
7. Canale ST, Beaty JH. *Campbell's Operative Orthopaedics E-Book: Expert Consult Premium Edition-Enhanced Online Features: Elsevier Health Sciences;* 2012.
8. Gottschalk MB, Ghasem A, Todd D, Daruwalla J, Xerogeanes J, Karas S. Posterior shoulder instability: does glenoid retroversion predict recurrence and contralateral instability? *Arthroscopy.* 2015;31(3):488-93.
9. Moroder P, Haniel F, Quirchmayr M, Schulz E, Eppel M, Matis N, Auffarth A, Resch H. Effect of glenoid concavity loss on shoulder stability-a case report in a professional wrestler. *BMC Musculoskelet Disord.* 2016;17(1):1-5.
10. Lewis A, Kitamura T, Bayley J. (ii) The classification of shoulder instability: new light through old windows! *Current Orthopaedics.* 2004;18(2):97-108.
11. Jaggi A, Noorani A, Malone A, Cowan J, Lambert S, Bayley I. Muscle activation patterns in patients with recurrent shoulder instability. *International journal of shoulder surgery.* 2012;6(4):101.

12. Kessel L, Bayley I. Clinical disorders of the shoulder. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone; 1986. 170-7. p.
13. Provencher MT, LeClere LE, King S, McDonald LS, Frank RM, Mologne TS, Ghodadra NS, Romeo AA. Posterior instability of the shoulder: diagnosis and management. *Am J Sports Med.* 2011;39(4):874-86.
14. Song DJ, Cook JB, Krul KP, Bottoni CR, Rowles DJ, Shaha SH, Tokish JM. High frequency of posterior and combined shoulder instability in young active patients. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(2):186-90.
15. Robinson CM, Aderinto J. Recurrent posterior shoulder instability. *J Bone Joint Surg.* 2005;87(4):883-92.
16. Kim S-H, Park J-S, Jeong W-K, Shin S-K. The Kim test: a novel test for posteroinferior labral lesion of the shoulder—a comparison to the jerk test. *Am J Sports Med.* 2005;33(8):1188-92.
17. Moroder P, Scheibel M. ABC classification of posterior shoulder instability. *Obere Extrem.* 2017;12(2):66-74.
18. Robinson CM, Aderinto J. Posterior shoulder dislocations and fracture-dislocations. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(3):639-50.
19. Moroder P, Plachel F, Tauber M, Habermeyer P, Imhoff A, Liem D, Lill H, Resch H, Gerhardt C, Scheibel M. Risk of Engagement of Bipolar Bone Defects in Posterior Shoulder Instability. *Am J Sports Med.* 2017;45(12):2835-9.
20. Frank RM, Romeo AA, Provencher MT. Posterior glenohumeral instability: Evidence-based treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017;25(9):610-23.
21. Moroder P, Runer A, Kraemer M, Fierlbeck J, Niederberger A, Cotofana S, Vasvari I, Hettgger B, Tauber M, Hurschler C, Resch H. Influence of defect size and localization on the engagement of reverse Hill-Sachs lesions. *Am J Sports Med.* 2015;43(3):542-8.
22. Paul J, Buchmann S, Beitzel K, Solovyova O, Imhoff AB. Posterior shoulder dislocation: systematic review and treatment algorithm. *Arthroscopy.* 2011;27(11):1562-72.
23. Walch G, Ascani C, Boulahia A, Nové-Josserand L, Edwards TB. Static posterior subluxation of the humeral head: an unrecognized entity responsible for glenohumeral osteoarthritis in the young adult. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(4):309-14.
24. Stein T, Linke RD, Buckup J, Efe T, von Eisenhart-Rothe R, Hoffmann R, Jäger A, Welsch F. Shoulder sport-specific impairments after arthroscopic Bankart repair: a prospective longitudinal assessment. *Am J Sports Med.* 2011;39(11):2404-14.

25. 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(6):764-72.
26. Rowe CR, Patel D, Southmayd WW. The Bankart procedure: a long-term end-result study. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(1):1-16.
27. Gilbert MK, Gerber C. Comparison of the subjective shoulder value and the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16(6):717-21.
28. Beighton P, Solomon L, Soskolne CL. Articular mobility in an African population. *Ann Rheum Dis.* 1973;32(5):413-8.
29. Samilson RL, Prieto V. Dislocation arthropathy of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(4):456-60.
30. Moroder P, Odorizzi M, Pizzinini S, Demetz E, Resch H, Moroder P. Open Bankart Repair for the Treatment of Anterior Shoulder Instability without Substantial Osseous Glenoid Defects: Results After a Minimum Follow-up of Twenty Years. *J Bone Joint Surg Am.* 2015;97(17):1398-405.
31. Moroder P, Tauber M, Hoffelner T, Auffarth A, Korn G, Bogner R, Hitzl W, Resch H. Reliability of a new standardized measurement technique for reverse Hill-Sachs lesions in posterior shoulder dislocations. *Arthroscopy.* 2013;29(3):478-84.
32. Walch G, Badet R, Boulahia A, Houry A. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty.* 1999;14(6):756-60.
33. Akgün D, Siegert P, Danzinger V, Plachel F, Minkus M, Thiele K, Moroder P. Glenoid vault and humeral head alignment in relation to the scapular blade axis in young patients with pre-osteoarthritic static posterior subluxation of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg.* 2021;30(4):756-62.
34. Kidder JF, Rouleau DM, Pons-Villanueva J, Dynamidis S, DeFranco MJ, Walch G. Humeral Head Posterior Subluxation on CT Scan: Validation and Comparison of 2 Methods of Measurement. *Tech in Shoulder Elb Surg.* 2010;11(3):72-6.
35. Friedman RJ, Hawthorne KB, Genez BM. The use of computerized tomography in the measurement of glenoid version. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(7):1032-7.
36. Bois AJ, Fening SD, Polster J, Jones MH, 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(11):2569-77.

37. Baudi P, Righi P, Bolognesi D, Rivetta S, Guicciardi N, Carrara M. How to identify and calculate glenoid bone deficit. *Chir Organi Mov.* 2005;90(2):145-52.
38. Portney LG. *Foundations of Clinical Research: Applications to Evidence-Based Practice.* Philadelphia: FA Davis; 2020.
39. Cruz-Ferreira E, Abadie P, Godenèche A, Mansat P, Clavert P, Flurin P. Posterior shoulder instability: Prospective non-randomised comparison of operative and non-operative treatment in 51 patients. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8):S185-S8.
40. Burkhead Jr W, Rockwood Jr C. Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. *J Bone Joint Surg.* 1992;74(6):890-6.
41. Christensen DL, Elsenbeck MJ, Wolfe JA, Nickel WN, Roach W, Waltz RA, Dickens JF, LeClere LE. Risk factors for failure of nonoperative treatment of posterior shoulder labral tears on magnetic resonance imaging. *Mil Med.* 2020;185(9-10):e1556-e61.
42. Fronek J, Warren R, Bowen M. Posterior subluxation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(2):205-16.
43. Lee J, Woodmass JM, Bernard CD, Leland DP, Keyt LK, Krych AJ, Dahm DL, Camp CL. Nonoperative Management of Posterior Shoulder Instability: What Are the Long-Term Clinical Outcomes? *Clin J Sport Med.* 2021.
44. Woodmass JM, Lee J, Johnson NR, Wu IT, Camp CL, Dahm DL, Krych AJ. Nonoperative Management of Posterior Shoulder Instability: An Assessment of Survival and Predictors for Conversion to Surgery at 1 to 10 Years After Diagnosis. *Arthroscopy.* 2019;35(7):1964-70.
45. Cicak N. Posterior dislocation of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(3):324-32.
46. Longo UG, Ciuffreda M, Locher J, Casciaro C, Mannering N, Maffulli N, Denaro V. Posterior shoulder instability: a systematic review. *Br Med Bull.* 2020;134(1):34-53.
47. Olds M, Ellis R, Donaldson K, Parmar P, Kersten P. Risk factors which predispose first-time traumatic anterior shoulder dislocations to recurrent instability in adults: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(14):913-22.
48. Robinson CM, Howes J, Murdoch H, Will E, Graham C. Functional Outcome and Risk of Recurrent Instability After Primary Traumatic Anterior Shoulder Dislocation in Young Patients. *J Bone Joint Surg.* 2006;88(11):2326-36.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Christian Festbaum, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Klinische und radiologische Ergebnisse nach konservativer Therapie einer erstmaligen posterioren Schulterluxation im mittel- und langfristigen Verlauf / Mid- to long-term clinical and radiological outcome after conservative treatment of acute, first-time posterior shoulder dislocations“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Erstbetreuer, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

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

Datum

Unterschrift

Anteilserklärung an der erfolgten Publikation

Christian Festbaum hatte folgenden Anteil an der Publikation:

Festbaum C, Minkus M, Akgün D, Hupperich A, Maier D, Auffarth A, Mitterer M, Hoffelner T, Tauber M, Fritsch L, Moroder P. Conservative treatment of acute traumatic posterior shoulder dislocations (Type A) is a viable option especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022.

- Literaturrecherche
- Erstellung des Ethikantrags
- Rekrutierung der Studienteilnehmer
- Durchführung der Patientenbefragung sowie Teile der klinischen Untersuchungen zur weiteren Datenerhebung
- Auswertung der Bildgebungen (Messung der Charakteristika)
- Anlegen des Datensatzes
- Mithilfe der Auswertung und Interpretation der gewonnenen Daten; aus der statistischen Auswertung gingen die Ergebnisse und Tabellen 1-5 hervor
- Erstellung des Manuskripts
- Erstellung graphischer Darstellungen (Abbildungen 1-5)
- Erstellung der Tabellen (Tabellen 1-5)
- Mitbearbeitung der Revision

Auszug aus der Journal Summary List

Journal Data Filtered By: **Selected JCR Year: 2020** Selected Editions: SCIE,SSCI
 Selected Categories: **"ORTHOPEDECS"** Selected Category Scheme: WoS
Gesamtanzahl: 82 Journale

Rank	Full Journal Title	Total Cites	Journal Impact Factor	Eigenfactor Score
1	Journal of Physiotherapy	2,186	7.000	0.003190
2	OSTEOARTHRITIS AND CARTILAGE	21,754	6.576	0.019930
3	AMERICAN JOURNAL OF SPORTS MEDICINE	42,234	6.202	0.038320
4	Bone & Joint Research	2,142	5.853	0.004190
5	JOURNAL OF BONE AND JOINT SURGERY-AMERICAN VOLUME	53,702	5.284	0.033030
6	Journal of Orthopaedic Translation	1,309	5.191	0.002000
7	Bone & Joint Journal	9,587	5.082	0.020810
8	ARTHROSCOPY-THE JOURNAL OF ARTHROSCOPIC AND RELATED SURGERY	20,208	4.772	0.020680
9	JOURNAL OF ARTHROPLASTY	27,716	4.757	0.037790
10	JOURNAL OF ORTHOPAEDIC & SPORTS PHYSICAL THERAPY	9,650	4.751	0.007160
11	Cartilage	1,563	4.634	0.002070
12	EFORT Open Reviews	1,359	4.618	0.003780
13	KNEE SURGERY SPORTS TRAUMATOLOGY ARTHROSCOPY	21,052	4.342	0.025830
14	CLINICAL ORTHOPAEDICS AND RELATED RESEARCH	44,823	4.176	0.023370
15	Spine Journal	12,504	4.166	0.016130
16	EUROPEAN CELLS & MATERIALS	3,742	3.942	0.002250
17	Acta Orthopaedica	10,779	3.717	0.007730
18	CLINICAL JOURNAL OF SPORT MEDICINE	5,012	3.638	0.004460

Druckexemplar der Publikation

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy
<https://doi.org/10.1007/s00167-022-06883-x>

SHOULDER



Conservative treatment of acute traumatic posterior shoulder dislocations (Type A) is a viable option especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age

Christian Festbaum¹ · Marvin Minkus¹ · Doruk Akgün¹ · Andreas Hupperich² · Dirk Maier² · Alexander Auffarth³ · Marian Mitterer³ · Thomas Hoffelner⁴ · Mark Tauber^{3,5} · Lorenz Fritsch⁵ · Philipp Moroder¹

Received: 6 September 2021 / Accepted: 12 January 2022
 © The Author(s) 2022

Abstract

Purpose Purpose of this study was to evaluate the mid- to long-term outcome after conservatively treated first-time posterior shoulder dislocations and to determine structural defects associated with failure.

Methods In this multi-centric retrospective study, 29 shoulders in 28 patients with first-time acute posterior shoulder dislocation (Type A1 or A2 according to the ABC classification) and available cross-sectional imaging were included. Outcome scores as well as radiological and magnetic resonance imaging were obtained at a mean follow-up of 8.3 ± 2.7 years (minimum: 5 years). The association of structural defects with redislocation, need for secondary surgery, and inferior clinical outcomes were analysed.

Results Redislocation occurred in six (21%) shoulders and nine shoulders (31%) underwent secondary surgery due to persistent symptoms. The posttraumatic posterior glenohumeral subluxation was higher in the redislocation group compared to the no redislocation group; however, statistical significance was not reached ($61.9 \pm 12.5\%$ vs. $50.6 \pm 6.4\%$). Furthermore, a higher adapted gamma angle was observed in the failed conservative treatment group versus the conservative treatment group, similarly without statistically significant difference ($97.8^\circ \pm 7.2^\circ$, vs. $93.3^\circ \pm 9.7^\circ$). The adapted gamma angle was higher than 90° in all patients of failed conservative therapy and the redislocation group. An older age at the time of dislocation showed a significant correlation with better clinical outcomes (SSV: $r = 0.543$, $p = 0.02$; ROWE: $r = 0.418$, $p = 0.035$ and WOSI: $r = 0.478$, $p = 0.045$). Posterior glenohumeral subluxation after trauma correlated with a worse WOSI ($r = -0.59$, $p = 0.02$) and follow-up posterior glenohumeral decentring ($r = 0.68$, $p = 0.007$). The gamma angle ($r = 0.396$, $p = 0.039$) and depth of the reverse Hill–Sachs lesion ($r = 0.437$, $p = 0.023$) correlated significantly with the grade of osteoarthritis at follow-up.

Conclusion Conservative treatment is a viable option in patients with an acute traumatic posterior shoulder dislocation with good outcome after mid- and long-term follow-up especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age.

Level of evidence IV.

Keywords Posterior shoulder instability · Shoulder dislocation · Reverse Hill–Sachs lesion · Conservative therapy

✉ Christian Festbaum
christian.festbaum@charite.de

¹ Department of Shoulder and Elbow Surgery, Center for Musculoskeletal Surgery, Charité-Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow, Augustenburger Platz 1, 13353 Berlin, Germany

² Department of Orthopaedic and Trauma Surgery, Faculty of Medicine, Medical Center, University of Freiburg, Freiburg im Breisgau, Germany

³ Department of Orthopedics and Traumatology, Paracelsus Medical University Salzburg, Salzburg, Austria

⁴ Department of Orthopedics, Herz-Jesu Krankenhaus Wien, Wien, Austria

⁵ Department of Shoulder and Elbow Surgery, ATOS Clinic, Munich, Germany

Abbreviations

AGA	Arbeitsgemeinschaft für Arthroscopie und Gelenkchirurgie
CI	Confidence interval
CIA	Collective instability arthropathy
CT	Computerised tomography
ICC	Inter- and intraclass correlation coefficient
MRI	Magnetic resonance imaging
PSD	Posterior shoulder dislocation
PSI	Posterior shoulder instability
RHSL	Reverse Hill–Sachs lesion
SSV	Subjective shoulder value
SSAS	Shoulder sports activity score
WOSI	Western Ontario shoulder instability

Introduction

The term posterior shoulder instability (PSI) encompasses a large spectrum of different subpathologies. Determining the appropriate pathomechanism is a crucial step in the further management [8]. Recently, the ABC classification for PSI has been published, distinguishing acute (Type A), dynamic (Type B), and static (Type C) posterior shoulder instability and further subclassifying acute posterior shoulder instability into acute posterior subluxation (A1) and acute posterior dislocation (A2) [21]. The transition between patients with PSI Type A1 and A2 can be gradual and is characterised by increasing capsulolabral lesions and bony humeral and glenoid defects necessitating surgical treatment [21]. Although acute surgical treatment is warranted in patients with large and medially located reverse Hill–Sachs defects and large and displaced posterior glenoid rim fractures [19, 20], conservative treatment is a viable option for patients with only soft tissue or minor bony lesions after an acute posterior shoulder dislocation [21]. However, there is a lack of clinical and radiological outcome data after conservative treatment of posterior shoulder dislocations which would allow to determine critical structural defects and consequently the treatment type [33]. Therefore, the purpose of this study was to evaluate clinical and radiological mid- to long-term results of conservatively treated patients, who suffered an acute traumatic posterior shoulder dislocation. Furthermore, clinical and radiological risk factors related with inferior outcomes were assessed to provide a clinical guideline on which patients can be treated conservatively.

The hypothesis was that conservative treatment of acute traumatic posterior shoulder dislocations can lead to good clinical outcomes at mid- to long-term follow-up and that different structural defects of the joint are a risk factor for inferior outcome.

Materials and methods

Approval from the institutional ethics committee (EA2/183/18) of the Charité University Hospital Berlin was obtained prior to onset of investigation.

Patient selection

In this retrospective multi-centric study from the Arbeitsgemeinschaft für Arthroscopie und Gelenkchirurgie (AGA) data from four high-volume shoulder centres were collected.

A database research was initially carried out in each centre to identify patients treated for acute first-time posterior shoulder dislocations between 2003 and 2014. Inclusion criteria were (1) a type A1 or A2 posterior shoulder instability according to the ABC classification of PSI [21], (2) age > 18 years, (3) minimum follow-up of 5 years since the first posterior shoulder instability event, (4) an initial conservative treatment strategy and (5) presence of a Computerised Tomography (CT) or Magnetic Resonance Imaging (MRI) scan of the affected shoulder at the time point of the trauma.

Excluded were all patients that (1) sustained a humeral head fracture dislocation (except for reverse Hill–Sachs lesions) (2) were not reduced and remained in a chronic locked position, and (3) suffered from a bidirectional shoulder instability, or (4) died during follow-up period.

Forty-five shoulders in 44 patients met our inclusion and exclusion criteria. Sixteen patients could not be contacted due to missing contact information or refused to participate in this study, so a total of 29 shoulders in 28 patients were available for final follow-up examination (64%).

Conservative treatment

Due to the multi-centric design of the study, the conservative treatment strategies slightly varied between patients. However, shoulders of all patients were immobilised in an abduction pillow or neutral rotation brace for 2–6 weeks. Physiotherapy was conducted for 2–27 weeks.

Patient characteristics

Mean follow-up was 8.3 ± 2.7 years (range 5–14.3 years). Mean age at time of first episode was 40 ± 13.7 years (range 18–75 years). Twenty-three patients were male (82%). Dominant side was affected in 13 cases (45%) and non-dominant side in 16 cases (55%). One patient suffered from a posterior dislocation of both shoulders. Regarding the ABC classification, 4 shoulders (14%) suffered an A1 and 25 (86%) an A2 PSI. The cause of the dislocation was a fall in 24 shoulders

(83%) including falls with the bicycle in 15 shoulders. A convulsive episode (1 electric accident and 1 epileptic seizure) was the reason for dislocation in two shoulders. A car accident was the cause for dislocation in two and a gymnastics injury in one shoulder.

Clinical investigation

At follow-up, patients were examined and the following parameters were recorded: history of the affected joint, range of motion (ROM), Beighton-Score [4], and clinical outcome and activity scores including the Rowe Score [27], the Western Ontario Shoulder Instability (WOSI) Index [14], the Subjective Shoulder Value (SSV) [11] and the Shoulder Sports Activity Score (SSAS) [30].

Radiological investigation

Conventional radiographs of the involved shoulder were performed in 24 (86%) patients at final follow-up examination. Presence and progression of instability arthropathy was evaluated according to Samilson and Prieto in posttraumatic and in final follow-up radiographs [28]. A follow-up MRI scan was available in 22 shoulders (76%). The reverse Hill–Sachs lesion (RHSL), glenoid defect, glenohumeral and scapulohumeral centring and glenoid version were assessed on posttraumatic and follow-up cross-sectional imaging as follows:

RHSLs were measured on axial CT or MRI tomographic images displaying the greatest extent of the defect using the alpha, beta, and gamma angles as previously published and proven reliable (Fig. 1B) [20, 22]. As RHSLs are oriented

parallel to the humeral shaft, axial images are best suitable to measure the extent of the RHSL [19]. Moreover, it has been shown that MRI and CT images render comparable measurement results [23]. Glenohumeral centring was measured as previously published by Walch et al. and illustrated in Fig. 1A [1, 32]. Scapulohumeral centring was measured according to Kidder et al. [13]. Glenoid version was measured according to the technique published by Friedman et al. [9]. Glenoid defects were measured according to the Pico-method to calculate the percentage of bone loss [5]. The size/diameter of the posterior glenoid rim lesion was measured according to Baudi et al. [3]. An adapted gamma angle was calculated by adding 2.3° per millimetre of glenoid defect to the gamma angle measurement [19].

The radiological assessment was independently performed twice by two raters (M.M. and C.F.) with at least 5 weeks between both measurements.

All measurements were performed with Visage 7.1 (Visage Imaging, Berlin, Germany) (Fig. 1).

Assessment of shoulder arthropathy

To enable easier comparability of the long-term shoulder arthropathy, the collective instability arthropathy (CIA) index was used to quantify the degree of osteoarthritis. The CIA-Index is calculated by assigning a corresponding number of points between 0 and 3 for each instability arthropathy grade according to the classification of Samilson and Prieto [28]. Subsequently, the sum of all calculated points is then divided by the total number of examined patients, respectively, shoulders. The index, therefore, ranges from 0, meaning none of the patients showed a sign of instability

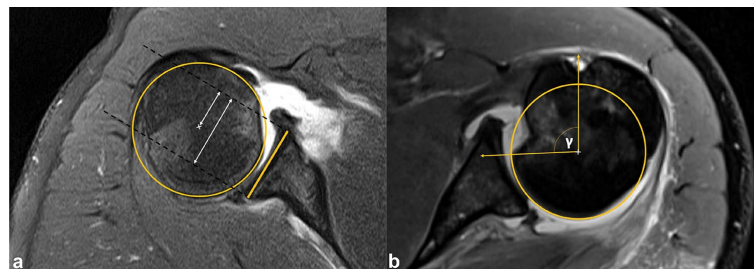


Fig. 1 Radiological measuring of the glenohumeral centring and gamma angle of the RHSL. **a** To determine the centring of the humeral head in relation to the glenoid, a best-fit circle was placed on the remainder of the intact humeral articulating surface. A tangential line was drawn on the bony glenoid width, with two perpendicular lines starting from the anterior and posterior glenoid rims (dashed lines). Distances from the centre of the circle to the anterior dashed line was measured in relation to the distance from the anterior to the posterior dashed line and expressed as a percentage according to a previously published technique [1, 32]. Therefore, values $>50\%$

represent a posterior glenohumeral decentring and values $<50\%$ an anterior decentring, respectively. In this figure, the posterior glenohumeral decentring value is $21.8/38.3 = 56.9\%$. **b** Similar to the measurement of the glenohumeral centring, a best-fit circle was placed on the humeral head and lines were drawn from the posterior edge of the reverse Hill–Sachs defect to the centre of the circle and from the bicipital sulcus to the centre of the circle. The angle between both lines is the gamma angle which provides information on the size and localisation of the RHSL

arthropathy, to 3, meaning all patients featured a grade 3 instability arthropathy [18].

Statistical analysis

Inter- and intraclass correlation coefficient (ICC) with a 95% confidence interval (CI) was calculated for all measurements. As recommended by Portney et al., an ICC < 0.75 indicates moderate reliability, 0.75–0.90 good reliability, and an ICC > 0.9 indicates excellent reliability for clinical measures [26]. After reliability assessment, values of both raters were averaged for further analysis.

The patients were separated into groups depending on the success of the initial conservative therapy (conservative therapy vs. failed conservative therapy) and event of a redislocation (redislocation vs. no redislocation). A failed conservative therapy was defined as a surgical intervention during the follow-up time.

The Kolmogorov–Smirnov test was used to test for normal distribution. The two-sample *t*-test (for parametric distribution) or Mann–Whitney *U* test (for nonparametric distribution) was used to compare continuous variables between groups. Correlations between the patient-specific characteristics like age at time of dislocation, defect characteristics and glenohumeral centring and clinical outcome were calculated using the correlation coefficients of Pearson (for parametric distributed variables) and Kendall and Spearman Rank Correlation (for nonparametric distributed variables). To determine the strength of association between categorical variables and interval level variables, the eta coefficient was calculated.

Results

Inter- and intrarater reliability for all measurement parameters is displayed in Table 1.

Redislocation occurred in six (21%) shoulders and nine shoulders (31%) had to undergo surgery after failed conservative treatment due to persistent symptoms. Inferior clinical outcomes were noted at the time of final follow-up for the patients with failed conservative therapy. The failed conservative therapy group had a significantly lower SSV compared to the conservative group (80 ± 21.9 vs. 93.2 ± 8.1 , $p = 0.041$). No significant differences were found in clinical outcomes between the redislocation and the no redislocation subgroup (Table 2).

Comparison of patients' clinical characteristics and radiological measurements between groups are displayed in Table 3.

The posttraumatic posterior glenohumeral subluxation was higher in the redislocation group compared to the no redislocation group; however, statistical significance was not reached ($61.9 \pm 12.5\%$ vs. $50.6 \pm 6.4\%$). Furthermore, a higher adapted gamma angle was observed in the failed conservative treatment group versus the conservative treatment group, similarly without statistically significant difference ($97.8^\circ \pm 7.2^\circ$, vs. $93.3^\circ \pm 9.7^\circ$).

The adapted gamma angle was larger than 90° in all patients with failed conservative therapy (range, 91.9° – 115.8°) and redislocations (range, 91.9° – 100.2°), whereas it ranged from 77.8° to 115.9° in the no redislocation subgroup and from 77.8° to 115.9° in the conservative therapy group (Fig. 2).

The conservative subgroup older age at the time of dislocation showed a significant correlation with better clinical outcomes (SSV: $r = 0.543$, $p = 0.02$; ROWE: $r = 0.418$, $p = 0.035$; WOSI: $r = 0.478$, $p = 0.045$). A higher posterior glenohumeral subluxation correlated with a worse WOSI ($r = -0.590$, $p = 0.02$) and follow-up posterior glenohumeral decentring ($r = 0.68$, $p = 0.007$) Furthermore, size and position (gamma angle) ($r = 0.396$, $p = 0.039$) and depth of the RHSL ($r = 0.437$, $p = 0.023$) correlated

Table 1 Interrater reliability displayed in terms of intraclass correlation coefficient (ICC)

Measurement parameter	ICC (95% CI)	According to Portney et al.
Posttraumatic alpha angle	0.83 (0.65–0.92)	Good reliability
Posttraumatic beta angle	0.92 (0.84–0.96)	Excellent reliability
Posttraumatic adapted gamma angle	0.88 (0.75–0.94)	Good reliability
Posttraumatic depth of RHSL	0.96 (0.90–0.98)	Excellent reliability
Posttraumatic glenoid defect area	0.98 (0.96–0.99)	Excellent reliability
Posttraumatic glenohumeral centring	0.89 (0.76–0.95)	Good reliability
Posttraumatic glenoid version	0.96 (0.92–0.98)	Excellent reliability
Posttraumatic scapulohumeral centring	0.91 (0.83–0.94)	Excellent reliability
Follow-up glenohumeral centring	0.87 (0.69–0.95)	Good reliability
Follow-up osteoarthritis	1 (1–1)	Excellent reliability

CI confidence interval, RHSL reverse Hill–Sachs lesion

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy

Table 2 Clinical scores at final follow-up

	Conservative therapy (N=20)	Failed conservative therapy (N=9)	p-value	No redislocation (N=23)	Redislocation (N=6)	p-value
Outcome						
SSV, mean \pm SD	93.2 \pm 8.1	80 \pm 21.9	0.04	92.8 \pm 7.6	75 \pm 26.8	n.s.
ROWE, mean \pm SD	96.1 \pm 10.2	82.5 \pm 33.4	n.s.	96.7 \pm 9.5	72 \pm 39.8	n.s.
WOSI Score, mean \pm SD	88.2 \pm 13.1	78.5 \pm 20.5	n.s.	88.2 \pm 12.3	72.6 \pm 24.4	n.s.
Flexion, mean \pm SD, $^{\circ}$	178 \pm 4	179 \pm 4	n.s.	178 \pm 4	176 \pm 5	n.s.
Abduction, mean \pm SD, $^{\circ}$	177 \pm 5	177 \pm 8	n.s.	177 \pm 5	175 \pm 10	n.s.
Glenohumeral abduc- tion, mean \pm SD, $^{\circ}$	97 \pm 8	91 \pm 27	n.s.	97 \pm 8	86 \pm 38	n.s.
External rotation, mean \pm SD, $^{\circ}$	64 \pm 5	61 \pm 19	n.s.	65 \pm 15	55 \pm 17	n.s.
Internal rotation, median	Thoracic vertebrae 12	Thoracic vertebrae 12	n.s.	Thoracic vertebrae 12	Thoracic vertebrae 12	n.s.

SSV subjective shoulder value, WOSI Western Ontario shoulder instability

Table 3 Comparison of subgroup characteristics

	Conserva- tive therapy (N=20)	Failed con- servative therapy (N=9)	p-value	No redis- location (N=23)	Redislocation (N=6)	p-value
Patient characteristics						
Age at time of initial dislocation	42 \pm 11.4	36.3 \pm 18	n.s.	41.4 \pm 11.2	35.8 \pm 21.7	n.s.
Follow-up, mean \pm SD, months	106.1 \pm 33.2	81.9 \pm 23.6	n.s.	100.6 \pm 34.0	90.7 \pm 24.6	n.s.
Sex						
Male, N (%)	18 (90)	6 (67)	n.s.	20 (87)	4 (67)	n.s.
Female, N (%)	2 (10)	3 (33)		3 (13)	2 (33)	
Affected side						
Right side, N (%)	7 (35)	3 (33)	n.s.	7 (30)	3 (50)	n.s.
Left side, N (%)	11 (55)	6 (67)		14 (61)	3 (50)	
Both sides, N (%)	1 (10)	0 (0)		1 (9)	0 (0)	
Dominant side, N (%)	10 (50)	3 (33)	n.s.	10 (44)	3 (50)	n.s.
Non-dominant side, N (%)	10 (50)	6 (67)		13 (56)	3 (50)	
Beighton-Score, mean \pm SD	1.2 \pm 1.2	1.4 \pm 1.9	n.s.	1.3 \pm 1.4	1 \pm 1.4	n.s.
SSA-Score, mean \pm SD	6.2 \pm 2.1	6.3 \pm 2.9	n.s.	6 \pm 2.2	7 \pm 3	n.s.
Posttraumatic radiological parameters						
Alpha angle, mean \pm SD	43.3 \pm 5.9	46.1 \pm 8.6	n.s.	43.8 \pm 6.8	45.6 \pm 7.4	n.s.
Beta angle, mean \pm SD	48.4 \pm 8.6	47.3 \pm 11.1	n.s.	48.5 \pm 8.7	46.3 \pm 12.1	n.s.
Gamma angle, mean \pm SD	91.7 \pm 9.5	93.4 \pm 5.9	n.s.	92.3 \pm 9	91.9 \pm 6.6	n.s.
Adapted gamma angle, mean \pm SD	93.3 \pm 9.7	97.8 \pm 7.2	n.s.	94.4 \pm 10.2	96.0 \pm 2.9	n.s.
Depth of RHSL, mean \pm SD, %	15.2 \pm 5.3	11.2 \pm 2.3	0.01	14.6 \pm 5.2	11.3 \pm 2.5	n.s.
Glenoid defect area, mean-area \pm SD, %	1.6 \pm 1.9	4.1 \pm 6.6	n.s.	1.9 \pm 2.9	4 \pm 7.1	n.s.
Glenoid defect diameter, mean-diameter \pm SD, mm	0.7 \pm 1.5	1.9 \pm 2.8	n.s.	0.9 \pm 1.9	1.8 \pm 2.6	n.s.
Glenohumeral centring, mean \pm SD, %	50.6 \pm 6.6	58.2 \pm 11.8	n.s.	50.6 \pm 6.4	61.9 \pm 12.5	n.s.
Glenoid version, mean \pm SD	8.2 \pm 3.6	8.7 \pm 2.8	n.s.	8.2 \pm 3.4	8.8 \pm 3.4	n.s.
Scapulohumeral centring, mean \pm SD, %	58.8 \pm 6.0	63.0 \pm 10.9	n.s.	59.3 \pm 6.3	63.4 \pm 12.7	n.s.

SSA-Score subjective shoulder activity-score, RHSL reverse Hill-Sachs lesion

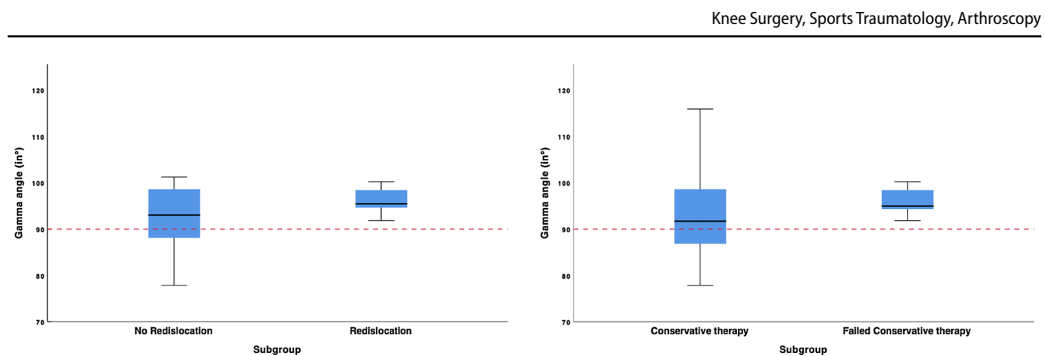


Fig. 2 Subgroup corresponding adapted Gamma angle. Values of adapted gamma angle of all four subgroups. Dotted red lines present 90°

significantly with a worse grade of osteoarthritis of the joint at follow-up examination (Table 4).

Considering the conservative subgroup, a comparison of the posttraumatic with the follow-up radiological characteristics of the RHSL revealed a statistically significant decrease in the depth of the defect ($15.4 \pm 5.7\%$ posttraumatic vs. $11.7 \pm 3.5\%$ final follow-up, $p = 0.007$) while size and position did not show any difference (alpha angle $43.6^\circ \pm 8.7^\circ$ vs. $42.6^\circ \pm 6.2^\circ$; beta angle $44.2^\circ \pm 11^\circ$ vs. $48.3^\circ \pm 9.2^\circ$; gamma angle $87.9^\circ \pm 14^\circ$ vs. $90.9^\circ \pm 10^\circ$).

Discussion

The most important finding of the present study was that conservative treatment is a viable option in patients with an acute traumatic PSD with good clinical and radiological results after mid- to long-term follow-up. Posterior humeral head decentring, a higher gamma angle of the RHSL, and age were identified as relevant parameters associated with worse outcome.

In the literature, the success rate of conservative therapy in patients with PSI ranges between 8 and 70% [6, 7, 10, 12, 15] and patients with an atraumatic history of PSI tend to have more favourable outcomes with conservative management compared with those with a traumatic onset [34, 35]. However, the pathogenesis of posterior shoulder instability can be extremely variable and its determination is crucial in selecting the appropriate treatment [8]. Therefore, it is of uttermost importance to create homogenous cohorts of PSI when reporting outcome data using a classification system, such as the ABC classification used in this study. This classification distinguishes different groups of patients with posterior shoulder instability based on the pathomechanism and contains guiding principles on the necessary ensuing treatment [21]. A success rate of 69% of conservative therapy at mid- and long-term follow-up in patients with a traumatic acute PSD (Type A1 and A2 according to the ABC

classification) was demonstrated in this study. However, some factors seem to be associated with inferior outcomes.

In a population-based study conducted in Olmsted County, Minnesota a high rate of secondary surgical intervention after initial conservative treatment for posterior shoulder instability in general was reported [34]. A trend towards higher BMI and more contact and weight-lifting activity was found in patients who had to undergo secondary surgery; however, the study did not differentiate between acute first-time posterior shoulder instability events and more chronic types of PSI. In addition, no analysis of structural defects as risk factors for failures was accomplished [34].

Acute traumatic posterior dislocations are frequently associated with impression fractures of the humeral head (HH), so called reverse Hill–Sachs lesions, which pose a risk of re-engagement of the HH with the posterior rim, leading to recurrent posterior instability [20]. The size of the RHSL, therefore, plays a key role in the determination of the necessity of surgical intervention [16, 25]. However, recent literature showed that not only the size but also the localisation of the RHSL needs to be considered to determine the risk of re-engagement and a standard combined measurement method for defect size and localisation, the so called gamma angle, was introduced [20]. Although a biomechanical study had calculated the critical gamma angle of approximately 90° , a further study showed that concomitant posterior glenoid bone defects might promote the engagement of noncritical RHSLs. This suggested the use of an adapted gamma angle by adding approximately 2° per millimetre posterior glenoid bone loss to the gamma angle measurement [19]. The present study confirms the biomechanically determined threshold of 90° gamma angle for conservative management of a reverse Hill–Sachs defect. All patients in the redislocation and failed conservative therapy group had an adapted gamma angle $> 90^\circ$. On the other hand, about half of the patients with a successful conservative treatment had an adapted gamma angle $> 90^\circ$, meaning that an

Table 4 Association of patient and defect characteristics with clinical and radiological follow-up examination results in the conservative therapy subgroup (N = 20)

Characteristics	Outcomes				
	SSV correlation <i>p</i> -value	ROWE correlation <i>p</i> -value	WOSI correlation <i>p</i> -value	Follow-up glenohumeral centring correlation <i>p</i> -value	Follow-up osteoarthritis cor- relation <i>p</i> -value
Patient characteristics					
Age at dislocation	0.543 0.02	0.418 0.035	0.478 0.045	- 0.217 n.s.	0.277 n.s.
Follow-up	- 0.15 n.s.	- 0.129 n.s.	- 0.043 n.s.	- 0.28 n.s.	0.436 n.s.
Sex	0.192 n.s.	0.138 n.s.	0.057 n.s.	0.033 n.s.	0.116 n.s.
Affected side					
Right/left	0.182 n.s.	0.491 0.04	0.309 n.s.	0.137 n.s.	0.24 n.s.
Dominant/non-dominant	0.082 n.s.	0.213 n.s.	0.402 n.s.	0.234 n.s.	0.127 n.s.
Beighton score	0.095 n.s.	0.137 n.s.	0.004 n.s.	0.373 n.s.	- 0.211 n.s.
SSA score	0.436 n.s.	0.303 n.s.	0.51 n.s.	0.376 n.s.	0.240 n.s.
Posttraumatic radiological parameters					
Alpha angle	0.206 n.s.	0.279 n.s.	0.33 n.s.	- 0.102 n.s.	0.193 n.s.
Beta angle	0.001 n.s.	- 0.072 n.s.	0.181 n.s.	0.094 n.s.	0.254 n.s.
Gamma angle	0.129 n.s.	0.197 n.s.	0.374 n.s.	- 0.025 n.s.	0.396 0.039
Adapted gamma angle	0.139 n.s.	0.26 n.s.	0.379 n.s.	- 0.076 n.s.	0.664 0.004
Depth of RHSL	0.208 n.s.	0.01 n.s.	0.244 n.s.	0.004 n.s.	0.437 0.023
Glenoid defect area	- 0.142 n.s.	- 0.145 n.s.	0.028 n.s.	0.029 n.s.	0.079 n.s.
Glenoid defect diameter	- 0.149 n.s.	0.022 n.s.	- 0.099 n.s.	- 0.098 n.s.	0.07 n.s.
Glenohumeral centring	- 0.453 n.s.	- 0.237 n.s.	- 0.59 0.021	0.681 0.007	0.30 n.s.
Glenoid version	0.46 n.s.	0.108 n.s.	0.111 n.s.	- 0.50 n.s.	- 0.85 n.s.
Scapulohumeral centring	0.168 n.s.	0.18 n.s.	0.164 n.s.	0.539 0.038	- 0.044 n.s.

SSV subjective shoulder value, WOSI Western Ontario shoulder instability, SSA-Score subjective shoulder activity-score, RHSL reverse Hill-Sachs lesion

adapted gamma angle > 90° does not necessarily require surgery. Nonetheless, a significant association between a higher adapted gamma angle and progression of osteoarthritis was shown in this study.

This study also showed a significant association between depth of the RHSL with the osteoarthritic joint condition at follow-up. Interestingly, the depth of the defects decreased significantly from posttraumatic to final follow-up while size

and position stayed the same. This observed decrease in the defect depth might be explained by consolidation of the fracture hematoma which fills the defect [17] (Fig. 3).

Posterior glenoid bone loss in the setting of posterior shoulder instability presents a rare and challenging situation which may lead to recurrent instability [2]. Although a posterior glenoid defect > 20% can lead to failure of arthroscopic soft tissue stabilisation and should be treated with a

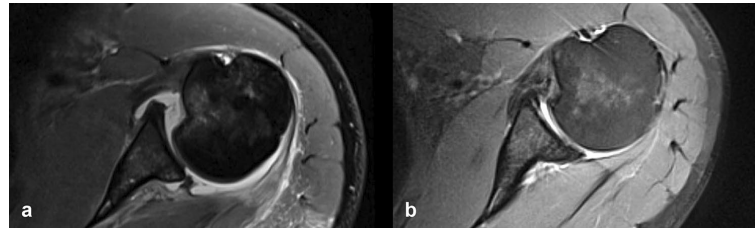


Fig. 3 Morphological change in RHSL. Axial MRI images illustrating the change of the RHSL from posttraumatic imaging (a) to final follow-up imaging and (b) after 5 years of conservative treatment. A

decrease in the depth of the defect and a consolidation of the posterior bony Bankart lesion can be seen; however, the posterior glenohumeral decentring apparently remained

bony augmentation, there is no recommendation regarding the decision between conservative and operative treatment in case of a posterior bone loss lower than 20% [29]. While increasing bone loss may contribute to failure of conservative treatment in patients with traumatic acute PSD, our study failed to find a difference in glenoid bone loss between the study subgroups. This may be due to the low number and small amount of posterior glenoid defects observed. Similarly, a larger trial including 100 patients with PSI observed glenoid bone loss in 15% of the cases [23].

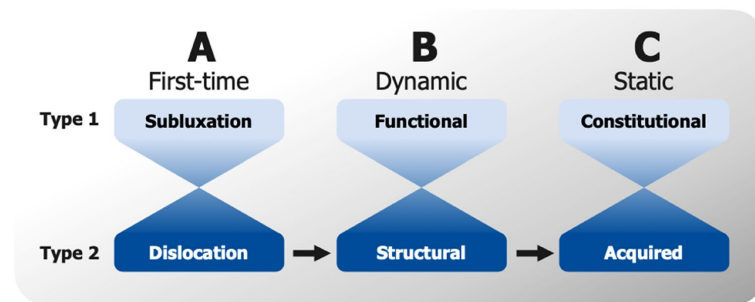
According to the results of this study, surgery should be considered in cases with posterior humeral subluxation as it is associated with a worse WOSI score at follow-up and a persisting static posterior glenohumeral head subluxation, which might lead to early-onset posterior decentring osteoarthritis [1, 31]. In addition, posttraumatic posterior glenohumeral subluxation was much higher in the redislocation group compared to the no redislocation group without reaching statistical significance, thus warranting further studies (Fig. 3).

In general, the findings of this study confirm the theory that a patient can progress from acute posterior shoulder dislocation (A2) to structural dynamic posterior shoulder instability (B2) and acquired static posterior shoulder instability (C2) according to the ABC classification [21] (Fig. 4).

Similar to the findings in anterior shoulder instability [24], the age at initial dislocation seems to have a high impact on the clinical outcome in patients with acute traumatic PSD. While younger age was associated with a worse clinical outcome, higher age was associated with better clinical scores at the last follow-up. This might be explained by age-related lower shoulder-specific demands.

A limitation of this study is the retrospective collection of data. However, pre-interventional clinical scores are not required in these acute trauma cases and only patients with available CT or MRI scans after trauma which could be retrospectively assessed were included. All patients were invited for follow-up and evaluated clinically. However, there was a rather high rate of loss to follow-up which might be explained by the fact that the minimum follow-up period was quite long. Nonetheless, to our knowledge, this is the first study assessing mid- to long-term clinical results of conservative treatment in a homogeneous cohort of patients with acute PSDs Type A1 and A2. The rather small sample may be discussed as to underpower the study for detecting certain risk factors for inferior outcome in the subgroup analysis. However, relevant associations were identified which might help clinical decision making in the future. Assessment of age, glenohumeral subluxation, and the gamma angle is recommended to decide between conservative and surgical

Fig. 4 ABC classification. The ABC classification of posterior shoulder instability according to Moroder et al. [21]. There is a gradual transition from type 1 to type 2 and vice versa as well as the possibility of progression from type A2 to Type B2 to Type C2



treatment of patients with acute posterior shoulder dislocation Type A.

Conclusion

Conservative treatment is a viable option in patients with an acute traumatic posterior shoulder dislocation with good outcome after mid- and long-term follow-up especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age.

The findings of this study confirm the theory that a patient can progress from acute posterior shoulder dislocation (A2) to structural dynamic posterior shoulder instability (B2) and or acquired static posterior shoulder instability (C2).

Acknowledgements This study was a multi-centric study from the shoulder instability committee from the Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie (AGA).

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL. No funding or grants were obtained for this study.

Declarations

Conflict of interest The authors declare no competing interests.

Ethical approval Approval of the ethical committee of the Charité University, Berlin, Germany was obtained (EA2/183/18).

Informed consent Informed consent was obtained from all participants.

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

References

- Akgün D, Siegert P, Danzinger V, Plachel F, Minkus M, Thiele K et al (2021) Glenoid vault and humeral head alignment in relation to the scapular blade axis in young patients with pre-osteoarthritic static posterior subluxation of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg* 30:756–762
- Antosh IJ, Tokish JM, Owens BD (2016) Posterior shoulder instability. *Sports Health* 8:520–526
- Baudi P, Righi P, Bolognesi D, Rivetta S, Rossi Urtoler E, Guicciardi N et al (2005) How to identify and calculate glenoid bone deficit. *Chir Organ Mov* 90:145–152
- Beighton P, Solomon L, Soskolne CL (1973) Articular mobility in an African population. *Ann Rheum Dis* 32:413–418
- Bois AJ, Fening SD, Polster J, Jones MH, Miniaci A (2012) 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* 40:2569–2577
- Burkhead WZ Jr, Rockwood CA Jr (1992) Treatment of instability of the shoulder with an exercise program. *J Bone Joint Surg Am* 74:890–896
- Christensen DL, Elsenbeck MJ, Wolfe JA, Nickel WN, Roach W, Waltz RA et al (2020) Risk factors for failure of nonoperative treatment of posterior shoulder labral tears on magnetic resonance imaging. *Mil Med* 185:e1556–e1561
- Frank RM, Romeo AA, Provencher MT (2017) Posterior glenohumeral instability: evidence-based treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 25:610–623
- Friedman RJ, Hawthorne KB, Genez BM (1992) The use of computerized tomography in the measurement of glenoid version. *J Bone Joint Surg Am* 74:1032–1037
- Fronek J, Warren RF, Bowen M (1989) Posterior subluxation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am* 71:205–216
- Gilbart MK, Gerber C (2007) Comparison of the subjective shoulder value and the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 16:717–721
- Hurley JA, Anderson TE, Dear W, Andrish JT, Bergfeld JA, Weiker GG (1992) Posterior shoulder instability. Surgical versus conservative results with evaluation of glenoid version. *Am J Sports Med* 20:396–400
- Kidder JF, Rouleau DM, Pons-Villanueva J, Dynamidis S, DeFranco MJ, Walch G (2010) Humeral head posterior subluxation on CT scan: validation and comparison of 2 methods of measurement. *Tech Shoulder Elb Surg* 11:72–76
- Kirkley A, Griffin S, McLintock H, Ng L (1998) 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* 26:764–772
- Lee J, Woodmass JM, Bernard CD, Leland DP, Keyt LK, Krych AJ et al (2021) Nonoperative management of posterior shoulder instability: what are the long-term clinical outcomes? *Clin J Sport Med*. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000907>
- Longo UG, Ciuffreda M, Locher J, Casciaro C, Mannering N, Maffulli N et al (2020) Posterior shoulder instability: a systematic review. *Br Med Bull* 134:34–53
- Marsell R, Einhorn TA (2011) The biology of fracture healing. *Injury* 42:551–555
- Moroder P, Odorizzi M, Pizzinini S, Demetz E, Resch H, Moroder P (2015) Open Bankart repair for the treatment of anterior shoulder instability without substantial osseous glenoid defects: results after a minimum follow-up of twenty years. *J Bone Joint Surg Am* 97:1398–1405
- Moroder P, Plachel F, Tauber M, Habermeyer P, Imhoff A, Liem D et al (2017) Risk of engagement of bipolar bone defects in posterior shoulder instability. *Am J Sports Med* 45:2835–2839
- Moroder P, Runer A, Kraemer M, Fierbeck J, Niederberger A, Cotofana S et al (2015) Influence of defect size and localization on the engagement of reverse Hill-Sachs lesions. *Am J Sports Med* 43:542–548
- Moroder P, Scheibel M (2017) ABC classification of posterior shoulder instability. *Obere Extremität* 12:66–74
- Moroder P, Tauber M, Hoffelner T, Auffarth A, Korn G, Bogner R et al (2013) Reliability of a new standardized measurement

- technique for reverse Hill-Sachs lesions in posterior shoulder dislocations. *Arthroscopy* 29:478–484
23. Moroder P, Tauber M, Scheibel M, Habermeyer P, Imhoff AB, Liem D et al (2016) Defect characteristics of reverse Hill-Sachs lesions. *Am J Sports Med* 44:708–714
 24. Olds M, Ellis R, Donaldson K, Parmar P, Kersten P (2015) Risk factors which predispose first-time traumatic anterior shoulder dislocations to recurrent instability in adults: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 49:913–922
 25. Paul J, Buchmann S, Beitzel K, Solovyova O, Imhoff AB (2011) Posterior shoulder dislocation: systematic review and treatment algorithm. *Arthroscopy* 27:1562–1572
 26. Portney LG (2020) Foundations of clinical research: applications to evidence-based practice. FA Davis
 27. Rowe CR, Patel D, Southmayd WW (1978) The Bankart procedure: a long-term end-result study. *J Bone Joint Surg Am* 60:1–16
 28. Samilson RL, Prieto V (1983) Dislocation arthropathy of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am* 65:456–460
 29. Schwartz DG, Goebel S, Piper K, Kordasiewicz B, Boyle S, Lafosse L (2013) Arthroscopic posterior bone block augmentation in posterior shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg* 22:1092–1101
 30. Stein T, Linke RD, Buckup J, Efe T, von Eisenhart-Rothe R, Hoffmann R et al (2011) Shoulder sport-specific impairments after arthroscopic Bankart repair: a prospective longitudinal assessment. *Am J Sports Med* 39:2404–2414
 31. Walch G, Asceni C, Boulahia A, Nové-Josserand L, Edwards TB (2002) Static posterior subluxation of the humeral head: an unrecognized entity responsible for glenohumeral osteoarthritis in the young adult. *J Shoulder Elbow Surg* 11:309–314
 32. Walch G, Badet R, Boulahia A, Khoury A (1999) Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty* 14:756–760
 33. Watson L, Balster S, Warby SA, Sadi J, Hoy G, Pizzari T (2017) A comprehensive rehabilitation program for posterior instability of the shoulder. *J Hand Ther* 30:182–192
 34. Woodmass JM, Lee J, Johnson NR, Wu IT, Camp CL, Dahm DL et al (2019) Nonoperative management of posterior shoulder instability: an assessment of survival and predictors for conversion to surgery at 1 to 10 years after diagnosis. *Arthroscopy* 35:1964–1970
 35. Wooten CJ, Krych AJ, Schleck CD, Hudgens JL, May JH, Dahm DL (2015) Arthroscopic capsulolabral reconstruction for posterior shoulder instability in patients 18 years old or younger. *J Pediatr Orthop* 35:462–466

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Lebenslauf

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

Vollständige Publikationsliste

Moroder, P., Gebauer, H., Paksoy, A., Siegert, P., **Festbaum, C.**, Rüttershoff, K., Lacheta L., Thiele K., Akgün, D. Arthroscopic Posterior Articular Coverage and Shift (PACS) Procedure for Treatment of Preosteoarthritic Constitutional Static Posterior Shoulder Instability (Type C1). *Am J Sports Med.* 2022;50(13):3617-3624.

Festbaum C, Minkus M, Akgün D, Hupperich A, Maier D, Auffarth A, Mitterer M, Hoffelner T, Tauber M, Fritsch L, Moroder P. Conservative treatment of acute traumatic posterior shoulder dislocations (Type A) is a viable option especially in patients with centred joint, low gamma angle, and middle or old age. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022;30(7):2500-2509.

Moroder P, Akgün D, Lacheta L, Thiele K, Minkus M, Maziak N, Khakzad T, **Festbaum C**, Rüttershoff K, Ellermann S, Weiss T, Jöns T, Danzinger V. Middle trapezius transfer for treatment of irreparable supraspinatus tendon tears- anatomical feasibility study. *J Exp Orthop.* 2021;8(1):1-7.

Festbaum C, Danzinger V, Kibler W, Boileau P, Lambert S, Porcellini G, Gerhardt C, Scheibel M, Tauber M, Wellmann M, Adamczewski C, Vital-Schmid S, Moroder P. Delphi survey on conventional conservative treatment of functional posterior shoulder instability. *Obere Extrem.* 2021;16(1):54-58.

Maleitzke T, Elazaly H, **Festbaum C**, Eder C, Karczewski D, Perka C, Duda GN, Winkler T. Mesenchymal Stromal Cell-Based Therapy-An Alternative to Arthroplasty for the Treatment of Osteoarthritis? A State of the Art Review of Clinical Trials. *J Clin Med.* 2020;9(7):2062.

Danksagung

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Professor Dr. med. univ. Philipp Moroder, der mir das Thema anvertraut und mein wissenschaftliches Interesse wegweisend gefördert hat. Sein in mich gesetztes Vertrauen und sein Fordern und Fördern haben diese Arbeit ermöglicht. Er hat das Projekt hilfreich und zuverlässig betreut und für meine Fragen und Anliegen stets ein offenes Ohr gehabt. Ohne seine klaren Hinweise zur Strukturierung der Arbeit und ohne seine Hilfsbereitschaft, wäre die Erstellung dieser Arbeit nicht möglich gewesen.

Danken möchte ich außerdem Herrn Professor Dr. Ulrich Stöckle für die Möglichkeit, diese Arbeit innerhalb der Abteilung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie am Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) des Charité Virchow Klinikums durchführen zu können.

Zudem gilt mein Dank den Betreuern meiner Arbeit, Dr. Marvin Minkus und PD Dr. Doruk Akgün, für deren unermüdliche Unterstützung bei allen auftretenden Problemen und Herausforderungen, die maßgeblich den Abschluss beeinflusst und zum erfolgreichen Gelingen beigetragen hat, sowie allen anderen Koautoren.

Ein Dank gilt ebenso dem gesamten Team der Ambulanz der Unfallchirurgie am Campus Virchow Klinikum und Charité Campus Mitte für die Unterstützung bei der Organisation der Nachuntersuchungen.

Abschließend möchte ich ebenso allen Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmern für Ihre wertvolle Mithilfe danken.

Diese Arbeit widme ich meiner Familie. Ihnen danke ich für ein glückliches, unterstützendes und vorbehaltloses Zuhause – das Fundament, das diese Dissertation trägt. Ohne deren uneingeschränkte Unterstützung und ohne deren Rückhalt wäre sowohl das Studium als auch diese Arbeit nicht möglich gewesen.