

Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
Abteilung des berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg
Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH Hannover
Chefarzt: Prof. Dr. med. Helmut Lill

und der
Klinik für Chirurgie des Stütz- und Bewegungsapparates
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. med. Christian Jürgens

**Arthroskopische Materialentfernung, Arthrolyse und Therapie intraartikulärer
Begleitpathologien nach winkelstabiler Plattenosteosynthese
bei proximaler Humerusfraktur**

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Universität zu Lübeck

- Aus der Sektion Medizin -

vorgelegt von

Daniel Christian Hennecke

aus Düsseldorf

Hannover 2014

1. Berichterstatterin: Prof. Dr. med. Christine Voigt

2. Berichterstatterin: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Corinna Zimmermann

Tag der mündlichen Prüfung: 20.11.2014

zum Druck genehmigt. Lübeck, den 20.11.2014

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG	8
1.1	Proximale Humerusfraktur	8
1.1.1	Epidemiologie und Ätiologie	8
1.1.2	Morphologie und Klassifikation der proximalen Humerusfraktur	8
1.1.3	Diagnostik der proximalen Humerusfraktur	10
1.1.4	Therapie der proximalen Humerusfraktur	10
1.1.5	Komplikationen nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen	12
1.1.6	Materialentfernung nach plattenosteosynthetisch versorgten proximalen Humerusfrakturen	15
1.2	Schultergelenksarthroskopie bei proximaler Humerusfraktur	16
1.2.1	Begleitverletzungen	16
1.2.2	Arthroskopische Materialentfernung bei proximaler Humerusfraktur	16
1.2.3	Arthroskopische Therapien von Begleitverletzungen proximaler Humerusfrakturen	17
1.3	Fragestellung der Arbeit	18
2.	MATERIAL UND METHODEN	19
2.1	Patienten	19
2.1.1	Patientenkollektiv	19
2.1.2	Einbestellung der Patienten	19
2.2	PHILOS®-Platte	20
2.3	Operationstechnik	20
2.3.1	Technik der arthroskopischen Materialentfernung	20
2.3.2	Technik der offenen Materialentfernung	26
2.4	Patientendaten und Nachuntersuchung	27

2.5	Untersuchungen der Patienten	28
2.5.1	Datenerhebungsbogen / Studienprotokoll	28
2.5.2	Klinische Untersuchung und Fotodokumentation	29
2.5.3	Constant Murley Score (CS)	30
2.5.4	Simple Shoulder Test (SST)	32
2.5.5	Auswertung bildgebender Diagnostik	32
2.5.6	Schriftliche Evaluation	33
2.6	Statistik und Auswertung	33
2.6.1	Statistik: Software, Tests und Signifikanz	33
2.6.2	Auswertung der Bewegungsausmaße	34
3.	ERGEBNISSE	35
3.1	Zusammensetzung des Patientenkollektivs	35
3.1.1	Patientenkollektiv der arthroskopischen Materialentfernung	35
3.1.2	Patientenkollektiv der offenen Materialentfernung	36
3.1.3	Präoperativer Befund	38
3.1.4	Indikationen für die Materialentfernung	38
3.2	Häufigkeit von intraartikulären Begleitpathologien und Arthrolysen	42
3.3	Vergleich offen vs. arthroskopisch	45
3.3.1	Operationszeit	45
3.3.2	Blutverlust	45
3.3.3	Intraoperative Röntgenzeit	45
3.4	Nachuntersuchung der Patienten - Subjektive Angaben	46
3.4.1	Schmerz	46
3.4.2	Zufriedenheit	46
3.5	Nachuntersuchung der Patienten - Klinische Untersuchung	47
3.5.1	Bewegungsumfang - Anteversion	47
3.5.2	Bewegungsumfang - Abduktion	48
3.5.3	Bewegungsumfang - Außenrotation	48

3.5.4	Bewegungsumfang - Innenrotation	48
3.5.5	Kraft	48
3.5.6	Constant Murley Score	49
3.5.7	Simple Shoulder Test	50
3.5.8	Narben	50
3.6	Vergleich der Indikationsgruppen	51
3.7	Komplikationen	52
3.8	Zusammenfassung der Ergebnisse	53
4.	DISKUSSION	54
4.1	Welches sind die Indikationen für die arthroskopische ME nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen?	54
4.2	Welche Ergebnisse werden nach der arthroskopischen ME erzielt?	55
4.2.1	Arthroskopische ME in Abhängigkeit von der primären Indikation	57
4.2.2	Komplikationen und Folgeeingriffe nach arthroskopischer ME	58
4.3	Ergebnisse der arthroskopischen versus offenen ME im eigenen Kollektiv	59
4.3.1	Wird das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht als nach offener ME?	62
4.4	Wie hoch ist die Rate an therapiebedürftigen Begleitverletzungen und notwendigen Kapsulotomien?	62
4.5	Können Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis festgelegt werden?	65
4.6	Stärken und Schwächen der Studie	66
4.7	Fazit und Ausblick	67

5.	ZUSAMMENFASSUNG	70
6.	LITERATURVERZEICHNIS	71
7.	ANHANG	78
7.1	Studienprotokoll	78
7.2	Einwilligungserklärung	90
7.3	Erklärung an Eides Statt	91
8.	LEBENS LAUF	92
9.	DANKSAGUNG	94

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung
Abd	Abduktion
a.p.	anterior - posterior
ARO	Außenrotation
ASK	Arthroskopie
AV	Anteversio
AVN	Avaskuläre (Humeruskopf-) Nekrose
ca.	zirca
cm	Zentimeter
CM	Chondromalazie
CS	Constant-Murley-Score
CT	Computertomographie
dl	Deziliter
DP	Deltoideopektoraler Zugang
DS	Deltasplit-Zugang
Fa.	Firma
ggf.	gegebenenfalls
Hb	Hämoglobin
IRO	Innenrotation
kg	Kilogramm
LBS	lange Bizepssehne
M. / Mm.	Musculus / Musculi
m	männlich / Männer
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
ME	Materialentfernung
mg	Milligramm
N.	Nervus
OP	Operation
prä-OP	präoperativ
relCS	Alters- und geschlechtsadaptierter (relativer) Constant-Murley-Score
RM	Rotatorenmanschette
SSC	M. subscapularis

SSP	M. supraspinatus
SST	Simple Shoulder Test
Tab.	Tabelle
TEP	Totalendoprothese
Tub.	Tuberkulum
w	weiblich / Frauen

1. EINLEITUNG

1.1 proximale Humerusfraktur

1.1.1 Epidemiologie und Ätiologie

Bei der proximalen Humerusfraktur handelt es sich um die dritthäufigste Fraktur des Menschen [Hente et al., 2004], d.h. etwa 4-5 % aller Frakturen sind an dieser Lokalisation zu finden [Baron et al., 1996]. In Bezug auf alle Humerusfrakturen nehmen die Kopffrakturen 45 % ein, bei über 40-jährigen steigt der Anteil sogar auf 76 % [Basti et al., 1994]. Als wichtigste Risikofaktoren sind die Osteoporose und ein erhöhtes Sturzrisiko zu nennen [Lee et al., 2002]. Mit zunehmendem Patientenalter kommt es zu einer Häufung der Frakturen. Insgesamt sind über 70 % der Patienten älter als 60 Jahre alt [Palvanen et al., 2006]. Im Zeitraum von 1999 bis 2005 kam es zu einem signifikanten Anstieg der operativen Versorgungen der proximalen Humerusfrakturen von 12,5 % auf 15,7 % [Bell et al., 2011].

1.1.2 Morphologie und Klassifikation der proximalen Humerusfraktur

Die vier Hauptfragmente der Humeruskopffraktur (Abb. 1) werden durch den Zug der inserierenden Sehnen in verschiedene Richtungen disloziert. Das Tuberkulum majus wird dabei vor allem durch die Sehne des M. supraspinatus nach kranial und durch die Mm. infraspinatus und teres minor nach dorsal gezogen. Der M. pectoralis major hält die Schaftkomponente nach medial. Das Kalottenfragment verschiebt sich in Abhängigkeit vorhandener Tuberkulafrakturen [Tauber und Resch, 2014].

Analog zu diesen Fragmenten und Zugrichtungen werden in der Klassifikation nach Codman vier Hauptfragmente unterschieden: die Kalotte, der Humerusschaft und die Tuberkula majus und minus (Abb. 1) [Codman, 1934]. Über die Jahre hat sich ein genaueres Verständnis der Fragmente entwickelt. Hier zeigt sich, dass das Tuberkulum majus bei einer Verletzung häufig mehrfragmentär gebrochen ist, und dass sich am Tuberkulum minus der Sulcus-intertubercularis befindet. An der Kalotte findet sich in der Regel ein dorso-medialer Frakturspickel.

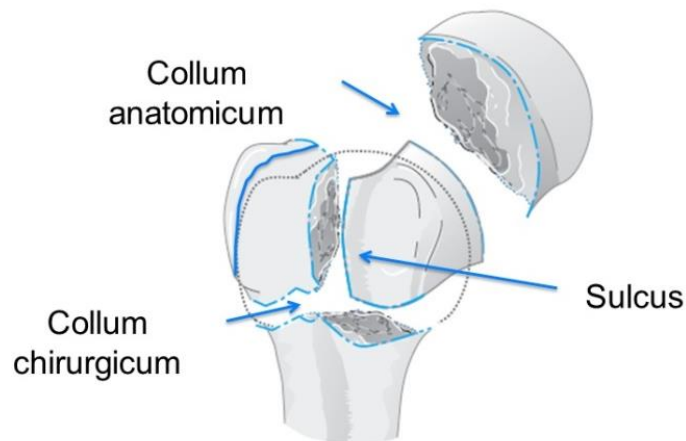


Abb. 1: Darstellung der vier Hauptfragmente entsprechend der Codman-Klassifikation mit Darstellung des Collum anatomicum und chirurgicum und des Sulcus intertubercularis (aus Voigt und Lill, 2006, Abb. 7.17, mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlags, Stuttgart)

Bei der Neer-Klassifikation wird diese klassische Ansicht noch durch den Grad der Dislokation ergänzt. Eine relevante Dislokation liegt hier ab einer Fragmentverschiebung größer 1 cm oder einer Fragmentabkippung größer 45° vor. Eine Unterteilung erfolgt in 2-, 3- und 4- Part- Frakturen sowie die Head-Split-Fraktur als Sondergruppe [Neer, 1970].

Als weitere Einteilung wurde 1990 die AO-Klassifikation entworfen, welche jedoch sehr komplex ist und sich daher im klinischen Alltag nicht durchgesetzt hat [Tauber und Resch, 2014]. Hier erfolgt allerdings die genaueste morphologische Frakturbeschreibung. Die Humeruskopffraktur wird in drei grobe Gruppen (A – extrakapsulär, B – teilweise intrakapsulär, C – intrakapsulär) unterteilt und nochmalig nach ansteigendem Schweregrad subspezifiziert. Insgesamt werden 27 Frakturtypen beschrieben [Müller et al., 1990].

Im weiteren Verlauf wurde die Resch-Klassifikation entwickelt, mittels welcher einerseits die Kopf-/ Schaftbeziehung in zwei Ebenen und andererseits die Zahl der dislozierten Fragmente beschrieben werden soll. Darüber hinaus sollen Frakturen, die durchblutungs-gefährdet sind, einfach erkannt werden [Hirzinger et al., 2011]. Hier werden vor allem Varusfrakturen (Varusimpaktion / -distraktion) und Valgusfrakturen (mit / ohne Infraktion) unterschieden. Valgusfrakturen weisen eine erhöhte Gefahr der Nekrose auf. Varusfrakturen mit Distraktion haben sich insgesamt als sehr instabile Frakturen mit großer Tendenz zur Redislokation erwiesen [Hirzinger et al., 2011].

Für den klinischen Alltag hat sich aufgrund der hohen Reliabilität die Codman-Klassifikation durchgesetzt, welche durch zusätzliche Angaben zur Achsabweichung (Varus / Valgus und Impaktion / Distraktion) ergänzt wird.

1.1.3 Diagnostik der proximalen Humerusfraktur

Primär erfolgt die klinische Untersuchung mit Beurteilung der Schmerzsituation, Bewegungsfähigkeit, peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität. Hierbei sollte besonders die Funktion des Nervus axillaris und des Plexus cervicalis untersucht werden.

Bei der initialen bildgebenden Diagnostik werden in der Regel konventionelle Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen, eventuell erweitert als sogenannte Traumaserie (true a.p., axial und eine Y-Aufnahme) durchgeführt [Ellwein et al., 2014]. Hierüber ist eine Beurteilung der Fragmentzahl und des Dislokationsgrades möglich. Inzwischen wird die Erweiterung der Diagnostik mit CT inklusive 3D-Rekonstruktion bei mehrfragmentären Frakturen standardmäßig empfohlen, um Unsicherheiten zu vermeiden [Bahrs et al., 2009; Hirzinger et al., 2011]. Durch ein CT und eine ergänzende 3D-Rekonstruktion konnte eine Verbesserung der Inter-Observer-Übereinstimmung unter Spezialisten der oberen Extremitäten betreffend der Frakturklassifikation erreicht werden [Foroohar et al., 2011]. Eine Kernspintomographie wird nur in seltenen Fällen in der präoperativen Diagnostik verwendet. Die MRT-Bildgebung erwies sich dem CT im Hinblick auf die Frakturbeurteilung als gleichwertig, kann jedoch sowohl bezüglich der Rotatorenmanschette als auch der Humeruskopfperfusion eine therapierelevante Zusatzinformation liefern und kann bei jungen Patienten eine diagnostische Alternative zum CT ohne Strahlenbelastung darstellen [Voigt et al., 2010a].

1.1.4 Therapie der proximalen Humerusfraktur

Bei der Therapie unterscheidet man vor allem zwei grundlegende Behandlungszweige - die konservative vs. operative Therapie. Bei der konservativen Therapie wird das Schultergelenk in der Regel in einer Orthese kurzzeitig (drei Tage) ruhiggestellt und der Arm schrittweise unter physiotherapeutischer Anleitung frühfunktionell nachbehandelt.

Verschiedene Arbeitsgruppen haben untersucht, welche Ergebnisse bei einer rein konservativen Therapie zu erzielen sind. Yüksel et al. zeigten hierbei auf, dass die konservative Behandlung von 3- und 4-Part-Frakturen, bei Patienten welche eine operative Therapie ablehnten oder aus medizinischen Gründen nicht erhalten konnten, zu zufriedenstellenden Ergebnissen führten [Yüksel et al., 2011]. Auch Torrens et al. untersuchten prospektiv 70 Patienten, bei welchen eine konservative Therapie eingeleitet wurde. Hier zeigte sich, dass bei 4-Part-Frakturen die schlechtesten Ergebnisse erzielt wurden. Patienten älter als 75 Jahre wiesen deutlich schlechtere Funktionen auf als jüngere

[Torrens et al, 2011]. Patienten unter 75 Jahren erreichten allerdings bei 3- und 4-Part-Frakturen nach konservativer Therapie schlechte funktionelle Ergebnisse, sodass für diese Gruppe eine operative Therapie empfohlen wurde [Torrens et al, 2011].

Im Rahmen der operativen Therapie gibt es diverse Möglichkeiten. Unterschieden werden osteosynthetische Versorgungen mittels Schrauben, Platten oder Marknagelung mit dem Ziel der anatomischen Reposition und stabilen Rekonstruktion des Humeruskopfes.

Lill et al. geben aktuell eigene Indikationskriterien zur operativen Versorgung der proximalen Humerusfrakturen an [Lill et al., 2012]:

- Tub.-majus-Frakturen (Dislokation von ≥ 2 mm, knöcherne Ausrisse der RM)
- Collum-chirurgicum-Frakturen (Ad-latus-Dislokation > 5 mm, Abkipfung der Kalotte $> 20^\circ$)
- Metaphysäre Trümmerzone
- Collum-anatomicum-Frakturen
- Headsplit-Frakturen
- Luxationsfrakturen
- Gefäß-/Nervenverletzungen
- Persistierende Instabilität nach Reposition
- Repositionshindernis

Lanting et al. stellten in einer systematischen Metaanalyse von 66 Studien dar, welche Behandlungsmodalität bei welchem Frakturtyp bevorzugt eingesetzt wurde. Danach erfolgt die Nagelosteosynthese vor allem bei dislozierten subkapitalen 2-Part-Frakturen sowie bei in den Schaft reichenden Spiralfrakturen [Katthagen et al., 2012c], die Plattenosteosynthese bei 3-/4-Part-Frakturen und die endoprothetische Versorgung vor allem bei komplexen 4-Part-Frakturen. Die konservative Therapie findet vor allem bei undislozierten oder gering dislozierten, stabilen 2-/3-Part-Frakturen Anwendung. Allerdings konnte für keines der Therapieverfahren eine generelle Überlegenheit nachgewiesen werden [Lanting et al., 2008]. Bei Nicht-Rekonstruierbarkeit besteht die Möglichkeit des endoprothetischen Humeruskopfersatzes, wobei hier primäre Frakturprothesen und inverse Prothesen unterschieden werden.

Die Wahl des Therapieverfahrens ist von komplexen Faktoren des Patienten (Alter, Anspruch und Compliance), der Frakturmorphologie und der Fähigkeiten des Operateurs abhängig. Ein Kriterium der Frakturmorphologie ist der vaskuläre Status. Hertel's radiologische Kriterien für die Perfusion des Humeruskopfes stellen gute Prädiktoren für eine Humeruskopfschämie dar [Hertel, 2004]. Zum einen ist es als kritisch anzusehen,

wenn die metaphysäre Verlängerung, der sog. „mediale Spickel“ des Humeruskopfes kürzer als 8 mm ist [Hertel, 2004]. Zudem kann es bei einer Ad-Latus-Dislokation des Humeruskopfes zu einer Ruptur des Periostes („medialer Hinge“) kommen. Bei einer Dislokation ab 6 mm zerreißt das Periost komplett, wodurch ein höheres Risiko einer Humeruskopfnekrose, sowie eines Verlustes der anatomischen Reposition entsteht, da die Kalottenperfusion vermindert wird [Kralinger et al., 2009].

Bei der winkelstabilen Plattenosteosynthese handelt es sich um ein Verfahren, bei welchem eine offene Frakturposition und anschließende interne Fixierung durchgeführt wird. Es ist heutzutage als Standardverfahren bei dislozierten 3- und 4-Part-Frakturen etabliert [Maier, et al., 2012]. Als operativer Zugang wird sowohl der deltoideopektorale (DP) Zugang als auch der erweiterte anterolaterale Deltasplit (DS) verwendet, wobei Hepp et al. zeigten, dass die Patienten nach DP-Zugang nach zwölf Monaten ein deutlich besseres funktionelles Ergebnis aufwiesen. Zwölf Monate postoperativ betrug der relCS bei der DP-Gruppe 81 % im Vergleich zu 73,1 % in der DS-Gruppe [Hepp et al., 2008]. Der Vorteil des DP-Zuganges liegt in der Möglichkeit der distalen Erweiterung ohne gleichzeitige Gefährdung des N. axillaris.

Die winkelstabile Plattenosteosynthese ist inzwischen ein etabliertes Standardverfahren. In einer biomechanischen Studie konnte aufgezeigt werden, dass monoaxiale und polyaxiale Verriegelungssysteme zyklischen Dauertests als auch ansteigenden Krafttests in ähnlicher Weise standhielten [Zettl et al., 2011]. Aktuelle Studien beobachten im Median nach zwölf bis 24 Monaten postoperativ einen CS von 71 – 82 Punkten und stellen somit „gute“ bis „zufriedenstellende“ Ergebnisse dar [Brunner et al., 2009; Egol et al., 2008; Owsley und Gorczyca, 2008]. Hessler et al. beschrieben, dass bei 58 Patienten der CS 18 Monate postoperativ im Durchschnitt bei 57 Punkten und der seitenangepasste CS sogar bei 89 % lag [Hessler et al., 2006]. In einer Studie im Unfallkrankenhaus Graz wurden 36 Patienten nach Plattenosteosynthese untersucht, wobei auf eine Abhängigkeit des Ergebnisses je nach Frakturtyp hingewiesen wurde (AO11-A3-Frakturen: relCS 90,7 %, C2-Frakturen: 75,6 %) [Plecko und Kraus, 2005].

1.1.5 Komplikationen nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen

Die in der Literatur beschriebenen Komplikationsraten nach Plattenosteosynthese von proximalen Humerusfrakturen liegen bei durchschnittlich 19 - 35 % [Brunner et al., 2009; Egol et al., 2008 ; Kettler et al., 2006 ; Owsley und Gorczyca, 2008; Spross et al., 2012;

Südkamp et al., 2009; Voigt et al., 2007]. Krettek und Wiebking beschreiben, dass Komplikationen nach operativen Eingriffen (34 %) öfter auftraten als nach konservativer Therapie proximaler Humerusfrakturen (28,8 %) [Krettek und Wiebking, 2011]. Häufig waren die Fehler iatrogen und operations-technisch bedingt (40 % der Komplikationen) [Südkamp et al., 2009]. Vor allem technische Komplikationen wie Plattenfehl- lage, fehlerhafte Schraubenlänge mit Schraubenüberstand oder ein sekundäres Ausschneiden der Schrauben beeinflussen das endgültige klinische Ergebnis [Clavert et al., 2010].

Eine des Öfteren auftretende Komplikation ist das symptomatische subacromiale **materialbezogene Impingement** durch eine Fehlpositionierung des Implantates nach proximal (in 3 bis zu 25 % der Fälle) [Bartsch und Echtermeyer, 2003; Kettler et al., 2006; Sproul et al., 2011]. Um diese Komplikation zu vermeiden, sollte die Platte proximal etwa 5 – 8 mm unterhalb des kranialen Randes des Tuberkulum majus eingebracht werden [Südkamp et al., 2009].

In bis zu 14 % kommt es zu einer primären, d.h. iatrogen bedingten **Schraubenperforation** [Brunner et al., 2009]. Allerdings ist diese Komplikation in ihrer Häufigkeit durch Sensibilisierung der Anwender, korrekte intraoperative Durchleuchtung in zwei Ebenen und Vermeidung einer Perforation der Kalotte in den letzten Jahren bereits etwas zurückgegangen. Mittlerweile wird die Rate an Schraubenperforationen in aktuelleren Studien mit teilweise weniger als 10 % angegeben [Sproul et al., 2011]. Bei den winkelstabilen Platten kommt es durch sekundäre Sinterung des osteoporotischen Knochens zu sekundären Schraubenperforationen [Helwig et al., 2009]. Diese Komplikation tritt in bis zu 8 % der Fälle auf [Brunner et al., 2009]. Eine subchondrale Lage der Schrauben ist für die Stabilität und Verankerung essentiell. In bis zu 25 % kann auch eine Knochensinterung ohne Schraubenperforation auftreten. Schraubenperforationen wurde vor allem in dem postero-superioren Quadranten beobachtet, da diese Region fluoroskopisch schwierig darzustellen ist [Solberg et al., 2009]. Sie können zu einer schweren Destruktion des Glenoids führen. In einer retrospektiven Analyse von 121 Patienten, welche aufgrund einer Komplikation nach winkelstabiler Plattenosteosynthese behandelt worden waren, zeigte sich, dass bei 57 % der Komplikationen eine sekundäre Schraubenperforation vorlag. Diese führte bei 33 % der betroffenen Patienten zu einer Glenoiddestruktion, die teilweise so ausgeprägt war, dass im Rahmen einer endoprothetischen Versorgung keine Glenoid-Komponente platziert werden konnte [Jost et al., 2013].

Weiterhin treten bei den operativ versorgten proximalen Humerusfrakturen in 8 – 10 % der Fälle **avaskuläre Humeruskopfnekrosen** (AVN) auf [Brunner et al., 2009; Helwig et al., 2009; Kettler et al., 2006; Südkamp et al., 2009; Voigt et al., 2007].

Bei bis zu 9 % werden relevante **Fehlstellungen der Tuberkula** in der Literatur angegeben, bei denen die Indikation zur Tuberkuloplastik besteht [Kettler et al., 2010; Südkamp et al., 2009; Voigt et al., 2007].

Eine spezifische, seltenere Komplikation, welche bei winkelstabilen Plattenosteosynthesen auftreten kann, ist die Möglichkeit einer **Pseudarthrose**, die bis zu 13 % der Komplikationen darstellen. Diese gehen meist mit einer fehlerhaften Frakturposition einher [Jost et al., 2013]. In einer Multicenterstudie konnte eine Pseudarthrosenentwicklung bei 5,8 % aller Plattenosteosynthesen bei proximalen Humerusfrakturen aufgezeigt werden [Südkamp et al., 2009].

Als weitere Komplikation kann eine sekundäre **posttraumatische bzw. postoperative Schultersteife** auftreten. Hierbei können Adhäsionen im Subacromialraum, sowie subdeltoideal oder Vernarbungen im Bereich des operativen Zuganges als pathomorphologische Ursache vorliegen [Voigt et al., 2009]. Die postoperative Schultersteife zeigt häufig einen schwerwiegenden Verlauf, welcher nicht vollständig reversibel ist [Elhassan et al., 2010]. Daher besteht in vielen Fällen die Indikation zur operativen Lösung der Vernarbungen, welche vor allem im Rahmen einer arthroskopischen Arthrolyse möglich ist [Katthagen et al., 2012b]. Das Hauptproblem wird in der kapsulären Vernarbung gesehen, wobei durch die offene Operationstechnik die Kapsel nicht adäquat gespalten werden kann. Im Gegensatz hierzu ist dies arthroskopisch jedoch möglich.

In aktuellen Studien wird vermehrt darauf hingewiesen, dass bei der winkelstabilen Plattenosteosynthese vor allem auf den „medialen Support“ zu achten ist [Gardner et al., 2007]. Hierzu können Kalkarschrauben oder Allografts implantiert oder Adjuvantien wie demineralisierte Knochenmatrix verwendet werden, wodurch Komplikationen wie Varusfehlstellung, Plattenversagen, Schraubendislokation und Impingement vermieden werden können [Nho et al., 2007].

Bei allen genannten Komplikationen kann eine partielle oder vollständige Schrauben- oder Implantatentfernung, ggf. mit Arthrolyse, indiziert sein. Insgesamt wurden 19 % der Patienten einer Multicenterstudie operativ revidiert [Südkamp et al., 2009]. Bei einem systematischen Review von 791 proximalen Humerusfrakturen waren bei 13,7 % der Patienten Reoperationen notwendig [Thanasas et al., 2009]. In einer Schweizer Studie wurden von 294 Patienten sogar 24,5 % operativ revidiert [Spross et al., 2012]. Ein

deutlicher Unterschied ist im Vergleich zwischen varisch dislozierten und valgisch dislozierten Frakturen ersichtlich, wobei die Varus-Frakturen eine signifikant schlechtere Funktion, höhere Komplikationsrate (79 % vs. 19 %), sowie signifikante Häufung der operativen Revision in der Varusgruppe aufweisen [Solberg et al., 2009]. Ein verringerter Kopf-Schaft-Winkel aufgrund eines fehlenden medialen Supportes ist einer der führenden Prognosefaktoren für ein schlechtes klinisches Ergebnis [Lee und Shin, 2009].

Bei vielen Patienten, welche eine Komplikation nach winkelstabiler Plattenosteosynthese erlitten haben, kann jedoch kein dauerhafter Gelenkerhalt erzielt werden. In einer Studie aus Zürich musste bei über 50 % der Patienten mit aufgetretener Komplikation eine sekundäre Arthroplastik durchgeführt werden [Jost et al., 2013].

1.1.6 Materialentfernung nach plattenosteosynthetisch versorgten proximalen Humerusfrakturen

Operative Materialentfernungen machen bis zu 29 % aller elektiven orthopädischen Eingriffe aus [Böstmann und Pihlajamäki, 1996]. In einer internationalen Befragung gaben 85 % der Teilnehmer an, dass eine Metallentfernung nicht routinemäßig notwendig sei. Insgesamt 58 % der Chirurgen glaubten nicht, dass belassene Metallimplantate einen klinisch signifikanten nachteiligen Effekt darstellten [Hanson et al., 2008].

Vos et al. befragten Unfallchirurgen und Orthopäden in den Niederlanden zu Implantatentfernungen nach Frakturheilung. Etwa 90 % der Chirurgen sahen sowohl Schmerzen und funktionelle Defizite, als auch eine Infektion des Implantates oder des Knochens als mögliche Indikation für eine Materialentfernung [Vos et al., 2012].

Als Hauptindikationen für die Schrauben- oder auch vollständige Metallentfernung am proximalen Humerus sind vor allem mechanische Komplikationen aber auch ein eingeschränktes Bewegungsausmaß und persistierende Schmerzen zu nennen. Die Rate der durchgeführten Materialentfernungen liegt bei proximalen Humerusfrakturen zwischen 6 – 10 % [Agudelo et al., 2007; Kettler et al., 2006; Lovald et al., 2011; Owsley und Gorczyca, 2008; Voigt et al., 2007]. Jedoch kann eine Materialentfernung auch bei Patienten ohne vorhandene Komplikationen durchgeführt werden, falls dies vom Patienten gewünscht wird. Dies ist insbesondere bei jungen Patienten der Fall.

1.2 Schultergelenksarthroskopie bei proximaler Humerusfraktur

1.2.1 Begleitverletzungen

Schon 1999 beschrieben Schai et al., dass sich in einer signifikanten Anzahl an Fällen während einer präoperativen diagnostischen Schulterarthroskopie bei Frakturen des Schultergürtels Läsionen des Labrums, der Kapsel, der Ligamente, der Knorpelflächen, sowie der Rotatorenmanschette zeigten, die nicht durch die präoperative klinische Untersuchung oder Bildgebung diagnostiziert worden waren [Schai et al., 1999].

In der MRT werden bei bis zu 40 % komplette Rupturen oder Einrisse mindestens einer Sehne der Rotatorenmanschette (RM) diagnostiziert. Eine Häufung der Rupturen tritt bei zunehmender Neer-Klassifikation und bei Dislokation des Tuberkulum majus über 5 mm auf [Gallo et al., 2007]. In einer weiteren Untersuchung wurden in 23 % der akuten proximalen Humerusfrakturen RM-Läsionen mittels MRT diagnostiziert [Voigt et al., 2010a]. Bahrs et al. beschreiben in einer aktuellen Studie, dass nach 4,4 Jahren bei 302 Patienten mit operativ versorgter proximaler Humerusfraktur eine 13 % höhere Prävalenz für RM-Rupturen auf der verletzten Seite im Vergleich zur kontralateralen Seite besteht [Bahrs et al., 2010]. Scheibel fasste zusammen, dass die Prävalenz von begleitenden Rotatorenmanschettenläsionen in Abhängigkeit von der Untersuchungsmodalität, der Frakturmorphologie und dem Patientenalter zwischen 5 und > 50 % variiert [Scheibel, 2011].

1.2.2 Arthroskopische Materialentfernung bei proximaler Humerusfraktur

Das neuartige Prinzip der Operationstechnik zur arthroskopischen ME winkelstabiler Plattenosteosynthesen wurde im Jahr 2009 in unserer Klinik entwickelt und 2010 erstmalig publiziert [Voigt et al., 2010b]. Kurz darauf wurde die Operationstechnik im selben Jahr nochmalig von einer anderen Arbeitsgruppe veröffentlicht [Dines et al., 2010]. Die Idee bei diesem Operationsverfahren besteht in dem schonenderen Umgang mit dem Weichteilgewebe, in Kombination mit der Möglichkeit der gezielten Kapsulotomie zur Arthrolyse und der Behandlung von Begleitverletzungen. Weiterhin ist eine verminderte Infektionsrate als auch eine gezielte Schonung des Nervus axillaris durch den arthroskopischen Eingriff zu erwarten.

Erste Ergebnisse aus der eigenen Arbeitsgruppe wurden bereits 2012 publiziert. Hier konnten vergleichbare Ergebnisse nach offener und arthroskopischer ME mit Besserung der Außenrotation und Abduktion aufgezeigt werden [Katthagen et al., 2012a].

Die arthroskopische ME wies den Vorteil auf, dass Begleitpathologien diagnostiziert und mitbehandelt werden konnten und wurde vor allem bei starken Bewegungseinschränkungen zur Arthrolyse eingesetzt [Katthagen et al., 2012a].

Jeong und Shin berichteten schon 2009 von der Möglichkeit einer arthroskopischen ME von Metallankern nach operativ versorgten Bankart-Läsionen [Jeong und Shin, 2009]. Auch Operationstechniken zur arthroskopischen ME nach Nagelosteosynthese am proximalen Humerus wurden bereits beschrieben, wobei die Entfernung sowohl einzelner Bolzen, als auch des vollständigen Nagels arthroskopisch möglich war [Kim et al., 2007; Lill et al., 2011]. Hier wurden allerdings noch keine postoperativen Ergebnisse dargestellt, jedoch wurde im Rahmen aller Studien auf die Vorteile der arthroskopischen ME hingewiesen.

1.2.3 Arthroskopische Therapien von Begleitverletzungen proximaler Humerusfrakturen

Bei der arthroskopischen Operationstechnik besteht die Möglichkeit einer kompletten Gelenkinspektion und Therapie relevanter intraartikulärer Begleitverletzungen [Voigt et al., 2010b]. Rupturen oder Teilrupturen der Rotatorenmanschette oder der langen Bizepssehne können angegangen werden. Bei ausgeprägten chondralen Läsionen kann bei Bedarf eine Chondroplastik erfolgen und bei dislozierten Tuberositas-Fragmenten kann eine Tuberkuloplastik durchgeführt werden. Abhängig von der Bewegungseinschränkung des Patienten kann eine subacromiale sowie periglenoidale (Kapsulotomie und Rotatorenintervalleröffnung) Arthrolyse durchgeführt werden. Bei ausgeprägter posttraumatischer oder postoperativer Schultersteife wird hierbei arthroskopisch ein komplettes, kapsuläres 360° - Release (Abb. 2) empfohlen [Lafosse et al., 2012], welches bei einer offenen Operation nicht vollständig möglich ist [Katthagen et al., 2012b].

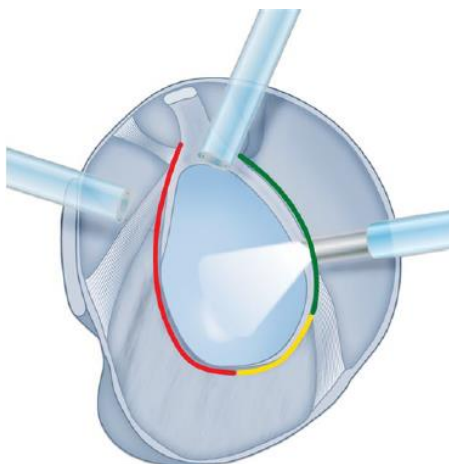


Abb. 2: Auswirkung partieller Kapsulotomien auf die Beweglichkeit des Schultergelenks, Schulter links, Blick auf Glenoid und Kapsel: Kapselrelease der *rot markierten* Anteile (Rotatorenintervall, anterior, anteroinferior) verbessert Außenrotation, Anteversion, Abduktion; der *grün markierten* Anteile (posterior) die Innenrotation und der *gelb markierten* Anteile (posteroinferior) die Abduktion und Anteversion (aus Katthagen et al., 2012b, Abb. 3, mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlags, Berlin)

1.3 Fragestellung der Arbeit

Als bisheriges Standardverfahren zur Implantatentfernung am proximalen Humerus wird die offene Materialentfernung über den zuvor verwendeten operativen Zugang durchgeführt. Aufgrund häufig ausgedehnter Verwachsungen und Vernarbungen handelt es sich um eine aufwändige Sekundäroperation mit relativ großem Weichteilschaden und Blutverlust.

Die von uns beschriebene Technik der arthroskopischen ME bietet im Vergleich zur offenen ME die Vorteile, Weichteilschaden und Blutverlust so gering wie möglich zu halten. Große Vorteile liegen in der Möglichkeit zur gleichzeitigen Kapsulotomie, sowie zur Diagnostik und Therapie intraartikulärer Begleitverletzungen.

In der vorliegenden Arbeit werden insbesondere folgende Fragestellungen bearbeitet:

1. Welches sind die Indikationen für die Metallentfernung nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen?
2. Welche Ergebnisse werden nach der arthroskopischen ME erzielt?
3. Wie sind die Ergebnisse im Vergleich zur offenen ME?
4. Wird das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht als nach offener ME?
5. Wie hoch ist die Rate an therapiebedürftigen Begleitverletzungen und notwendigen Kapsulotomien?
6. Können Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis festgelegt werden?

2. Material und Methoden

2.1 Patienten

2.1.1 Patientenkollektiv

Im Rahmen der prospektiven, nicht randomisierten kontrollierten Studie wurden im Zeitraum von August 2008 bis März 2011 alle Patienten eingeschlossen, bei welchen eine elektive Materialentfernung nach winkelstabiler Plattenosteosynthese und offener Frakturposition bei proximaler Humerusfraktur durchgeführt wurde. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover genehmigt (Ethikkommissionsnummern: 600-2009 und 1362-2012). Die Patientenidentifizierung erfolgte anhand von Operationsplänen und Krankenakten der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Friederikenstiftes Hannover.

Eine Serie von 58 konsekutiv behandelten Patienten (34 Frauen, 24 Männer) im mittleren Alter von 56 (16 – 82) Jahren erhielt von August 2008 bis März 2011 an 60 oberen Extremitäten eine vollständige Materialentfernung nach plattenosteosynthetisch versorgter proximaler Humerusfraktur. Bei einer Patientin wurde im Intervall an einer Schulter eine arthroskopische, an der kontralateralen Schulter eine offene Materialentfernung durchgeführt.

Einschlusskriterien für eine Untersuchung waren Männer und Frauen mit der Indikation zur Materialentfernung nach mittels Plattenosteosynthese versorgter proximaler Humerusfraktur (2- bis 4-Segment- und Luxationsfrakturen, AO 11-A1 bis AO 11-C3). Patienten (n = 3), welche eine postoperative Untersuchung ablehnten, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Bei Patienten, bei denen im Verlauf eine Schulter-Endoprothese implantiert werden musste, wurde erfasst, zu welchem Zeitpunkt und aufgrund welcher Ursache der Protheseneinbau erfolgte.

2.1.2 Einbestellung der Patienten

Die Patienten wurden im Rahmen der stationären Aufnahme zur Materialentfernung vor der Operation in die Studie eingeschlossen, über die Untersuchung informiert und gebeten, auf freiwilliger, unentgeltlicher Basis teilzunehmen. Vor Beginn der Untersuchung erhielten die Patienten einen Aufklärungsbogen (Anhang, S. 90) und wurden über den Ablauf der Untersuchung informiert. Die Teilnahme an der Untersuchung fand erst nach

erfolgter Unterschrift der Einverständniserklärung statt. Die Kontaktierung zur Nachuntersuchung erfolgte durch ein Anschreiben der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Friederikenstiftes Hannover oder durch eine telefonische Kontaktaufnahme. Die Nachuntersuchung bestand aus der Beantwortung eines Fragebogens mit eigenständigem Ausfüllen des SST, einer klinischen Untersuchung der oberen Extremität der betroffenen als auch gesunden Körperseite und einer Fotodokumentation des Bewegungsausmaßes. Die Untersuchung fand standardisiert nach einem Zeitraum von jeweils drei, zwölf und 24 Monaten statt.

2.2 PHILOS®-Platte

In unserem Haus wurde zur Plattenosteosynthese vorwiegend die Proximal Humerus Interlocking System (PHILOS®) - Platte (Abb. 3) verwendet. Dabei handelt es sich um eine winkelstabile Platte der Firma Synthes (Oberdorf, Schweiz), welche 3-dimensional anatomisch angepasst ist. Vor allem im Bereich des Humeruskopfes ist das Plattendesign so gewählt, dass sich die Platte gut an den Kopf anlegt. Das Ziel der Winkelstabilität ist eine stärkere Verankerung, vor allem bei osteoporotischen Knochen.

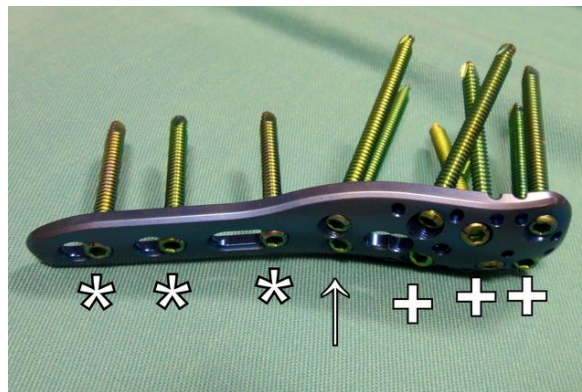


Abb. 3: Winkelstabile PHILOS®-Platte Länge 90 mm (Fa. Synthes, Oberdorf, Schweiz) mit einliegenden Schrauben (6-Kopf-Verriegelungsschrauben (+), 2 Kalkarschrauben(Pfeil), 3 Schaftschrauben(*))

2.3 Operationstechnik

2.3.1 Technik der arthroskopischen Materialentfernung

Die Operation wurde in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Patienten wurden zur arthroskopisch assistierten Materialentfernung in der Beach-Chair-Position gelagert (Abb. 4) [Voigt et al, 2010b]. Vor Beginn der eigentlichen Operation wurde das

glenohumerale Bewegungsausmaß in Narkose untersucht. Die verwendeten Operationsportale waren standardmäßig das anteriore, posteriore und anterolaterale Portal (Abb. 5).



Abb. 4: Lagerung zur Schulterarthroskopie rechts in Beach-Chair-Position. Der Arthroskopieturm wurde am Fußende des Tisches aufgebaut. Der Arm wurde in dieser Position in einer automatischen Armhalterung (Trimano von der Firma Arthrex, Karlsfeld, München) gehalten.



Abb. 5: Rechtes Schultergelenk. Ansicht von schräg vorne. Dargestellt sind das posteriore Portal (1.), das erweiterte anterolaterale Portal (2.) und das anteriore Portal (3.). Weiterhin sichtbar sind der zuvor verwendete deltoideopektorale Zugang (DP) und die beiden zusätzlichen lateralen Inzisionen zur Schraubenextraktion (4./ 5.).

Des Weiteren wurden noch zwei bis drei weitere Inzisionen über dem lateralen proximalen Humerus direkt über der einliegenden Platte benötigt. Zu Beginn der Entwicklung der OP-Technik wurden meist drei Portale verwendet. Im Verlauf der Lernkurve und nach Weiterentwicklung der Technik stellte sich jedoch heraus, dass in der Regel zwei Portale über dem Plattenschaft genühten.

Das posteriore Optikportal wurde zuerst angelegt und das Arthroskop eingeführt. Als oberflächlicher Orientierungspunkt dient der posteriore „soft spot“. In der Regel konnte das Arthroskop während der gesamten Operation im posterioren Portal verbleiben. Das anteriore Standardportal für Tasthaken und Instrumente wurde unter direkter Sicht oberhalb der Sehne des M. subscapularis in outside-in-Technik platziert. Daraufhin führten wir eine standardmäßige diagnostische Arthroscopie des Glenohumeralgelenkes durch, um intraartikuläre Begleitverletzungen (Läsionen der Rotatorenmanschette oder langen Bizepssehne, Pathologien des Pulley-Komplexes, sowie Knorpelläsionen) der proximalen Humerusfraktur zu identifizieren und gegebenenfalls zu behandeln.

Falls es am Tuberkulum majus oder Tuberkulum minus zu einer Fehlstellung gekommen war, konnte eine Tuberkuloplastik von intraartikulär erfolgen. Abhängig vom Ausmaß und der Ursache der Bewegungseinschränkung konnte unter Umstecken der Optik eine periglenoidale und intraartikuläre Arthrolyse mit Kapsulotomie in ausgewählten Bereichen oder als 360°-Kapsulotomie erfolgen [Katthagen et al, 2012b]. Das

Kapselrelease sollte im Rotatorenintervall begonnen werden, wobei durch die Inzision des CHL (coracohumerales Ligament) die Außenrotation verbessert wurde. Das MGHL (mediales glenohumerales Ligament) wurde dargestellt und gelöst. Als nächster Schritt wurde die Kapsel am Glenoid nach inferior eng am Knochen bis zur 6-Uhr-Position inzidiert. Zur Verbesserung der Innenrotation konnten additiv ein posteriores Release, oder, zur Verbesserung der Anteversion und Abduktion, ein inferiores Release durchgeführt werden (Abb. 2) [Katthagen et al., 2012b].

Nach Abschluss der intraartikulären Inspektion und durchgeführten Behandlung der relevanten Begleitpathologien erfolgte ein Wechsel der Optik nach subacromial. Das Arthroskop wurde über das posteriore Portal in den Subacromialraum umgesetzt. Zusätzlich wurde ein anterolaterales Arbeits-Portal angelegt. Dieses wurde unterhalb des lateralen Acromionrandes etwa 2 cm lateral des anterolateralen Acromionecks angelegt. Darüber erfolgten die subacromiale Bursektomie und das Aufsuchen des oberen Randes der einliegenden Platte. Sobald dieser lokalisiert worden war, wurden die Schraubenköpfe mittels Elektrodissektor und einem kleinen Rasparatorium von Narbengewebe befreit und schrittweise freigelegt (Abb. 6). Einliegende Nähte können mit einer Faszange entfernt werden. Damit der Schraubenzieher bei der Entfernung einen guten Halt fand und der Konus nicht zerstört wurde, konnte ein kleines Häkchen zur Säuberung des Konus verwendet werden (Abb. 7). Nun wurden die proximalen Kopfschrauben schrittweise entfernt. Dies konnte in der Regel vollständig über das anterolaterale Portal erfolgen [Katthagen et al, 2012a; Voigt et al, 2010b].

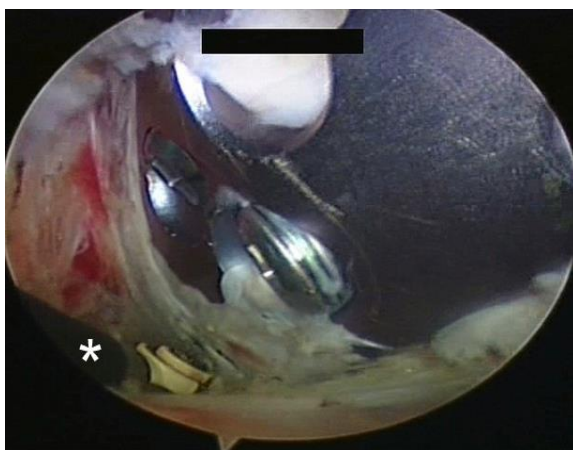


Abb. 6: 71-jähriger Patient, linkes Schultergelenk, intraoperativer Befund. Posteriores Optikportal, anterolaterales Arbeitsportal. Darstellung der einliegenden Platte und Lösen von Narbengewebe mit dem Elektrodissektor (*).

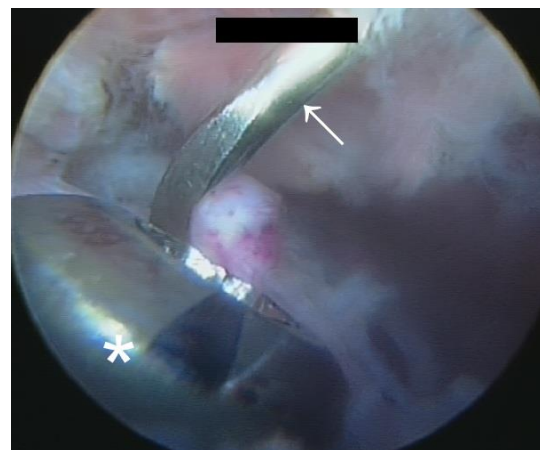


Abb. 7: 48-jähriger Patient, rechtes Schultergelenk. Lösen von Vernarbungen / Weichteilgewebe um den Schraubenkopf (*) mit dem „Zahnarzt“-Häkchen (Pfeil).

Die Präparation sollte scharf an der Osteosyntheseplatte erfolgen, um während der gesamten Operation den Nervus axillaris zu schonen. Dieser kreuzt die Osteosyntheseplatte typischerweise auf Höhe des ersten Schraubenloches im Schaftbereich [Röderer et al., 2007]. Der Nerv sollte in der arthroskopischen Technik nicht explizit dargestellt, sondern en-bloc im Narben-Weichteilgewebe belassen werden, um ihn nicht zu verletzen. Nur in seltenen Fällen kann der Nerv sehr dicht an der Platte verlaufen. In diesem Fall sollte eine vorsichtige Präparation und Visualisierung erfolgen (Abb. 9). Durch die kontinuierliche Kühlung durch die Arthroskopieflüssigkeit wurde eine thermische Schädigung vermieden.

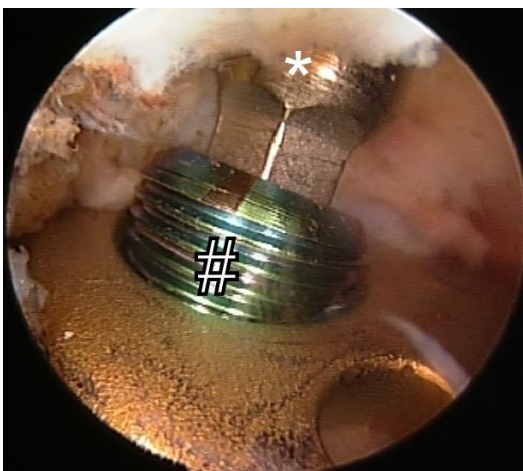


Abb. 8: 53-jährige Patientin, rechtes Schultergelenk, Ansicht von dorsal. Herausdrehen einer Schraube (#) mit dem Kleinfragment-Schraubenzieher (*).

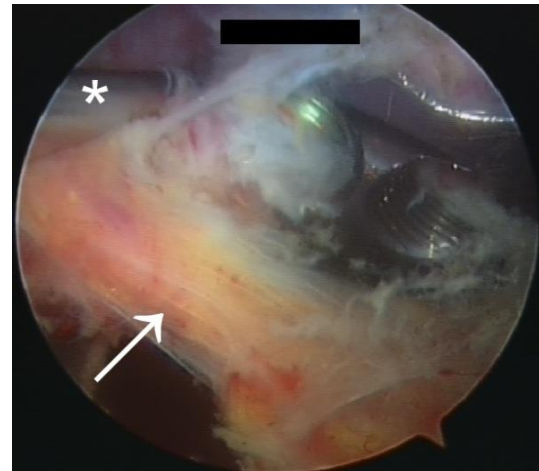


Abb. 9: 56-jähriger Patient, linkes Schultergelenk, intraoperativer Befund. Posteriores Optikportal, anterolaterales Arbeitsportal. Darstellung des auf Höhe des proximalen Schaft-Schraubenlochs kreuzenden N. axillaris (Pfeil). Stumpfe Präparation mit dem Tasthaken (*).

Damit ein Verlust der Schraube im Weichteilgewebe verhindert werden kann, sollte vor allem auf das korrekte Einsetzen des Schraubendrehers und die korrekte Schraubenrichtung geachtet werden (Abb. 8). Um die Schraubenrichtung optimal in Kongruenz zum anterioren oder anterolateralen Portal zu bringen, erwies es sich als hilfreich, den Arm mittels Abduktions- und Rotationsbewegungen durch einen Assistenten optimal zu positionieren.

Eventuell einliegende Kalkarschrauben als auch die Schaftschrauben konnten in der Regel nicht durch die oben genannten Portale entfernt werden. Hierzu mussten die anfangs beschriebenen zusätzlichen kleinen Hautinzisionen am lateralen proximalen Humerus über dem Schaftbereich durchgeführt werden. Die Bestimmung der Höhe erfolgte unter arthroskopischer Sicht in Outside-In-Technik und mittels Zuhilfenahme einer perkutan eingebrachten Kanüle, welche in der korrekten Richtung auf die zu entfernenden

Schrauben platziert wurde (Abb. 10). Nach erfolgter Stichinzision wurde das Subkutangewebe mit einer Klemme stumpf gespreizt und die Schrauben extrahiert (Abb. 12). Zur Extraktion wurde bei Bedarf eine Zange oder Klemme zu Hilfe genommen (Abb. 11, 13).

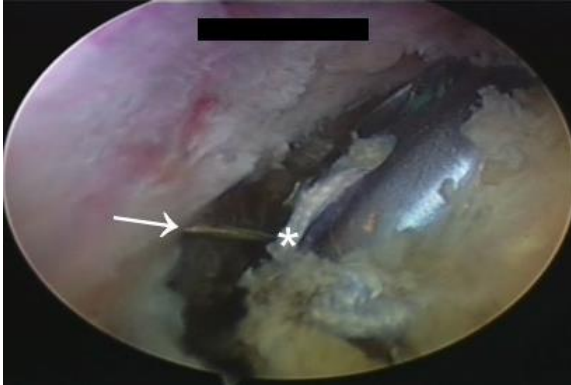


Abb. 10: 71-jähriger Patient, linkes Schultergelenk. Eine Kanüle (→) wurde perkutan zur Orientierung eingeführt, um ein weiteres Portal über den distalen Schraubenlöchern (*) anzulegen.

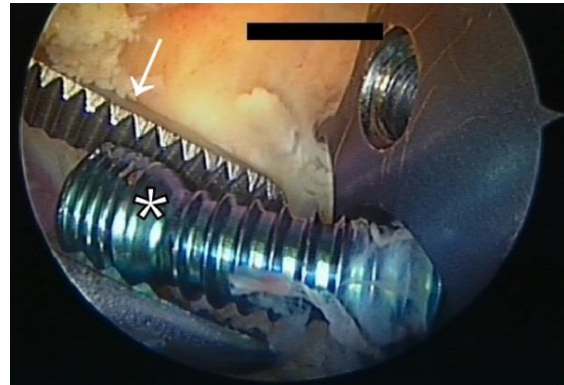


Abb. 11: 74-jährige Patientin, linkes Schultergelenk. Zuhilfenahme einer Klemme (→) zur Extraktion der bereits teilweise heraus gedrehten Schraube (*).



Abb. 12: Rechtes Schultergelenk. Ansicht von dorsal. Das Arthroskop befindet sich im posterioren Portal (←). Über das anterolaterale Portal (+) wurde mit einem Rasparatorium das Weichteilgewebe vor der Platte beiseite gehalten. Über ein weiter distal angelegtes Portal (*) wurde die Schraube entfernt.



Abb. 13: Rechtes Schultergelenk. Zur Extraktion der Schrauben über die minimal-invasiven Zugänge kann eine Klemme verwendet werden, welche am außenliegenden Ende der Schraube angesetzt wurde.

Im Falle einer Kaltverschweißung der winkelstabilen Schrauben mit der Platte, nahmen wir ein Linksgewinde mit langem Handgriff zur Hilfe (Abb. 14). Weiterhin stellte sich als zielführend heraus, die Schrauben wie bei der offenen ME zu überbohren (Abb. 15).

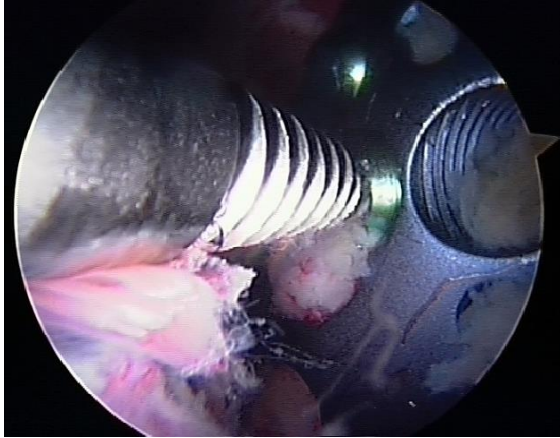


Abb. 14: 82-jähriger Patient, linkes Schultergelenk. Einbringen eines „Linksgewindes“ zur Extraktion einer kaltverschweißten Schraube.

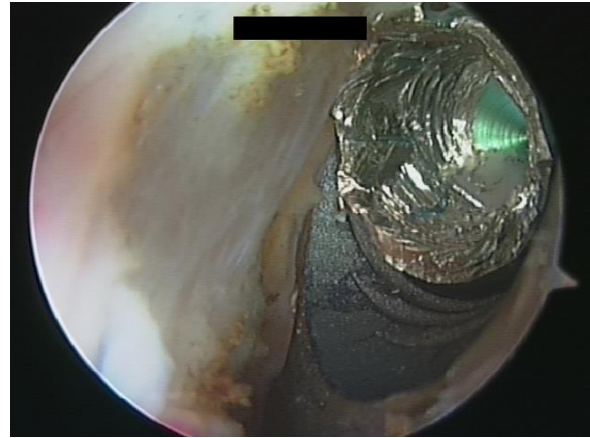


Abb. 15: 48-jähriger Patient, linkes Schultergelenk. Kaltverschweißte Schraube nach partieller Überbohrung des Schraubenkopfes.

Nach Entfernung aller Schrauben sollten Ossifikationen, welche die Platte am Knochen fixieren, mit einem kleinen Meißel entfernt werden. Daraufhin konnte die Platte mit dem Rasparatorium oder Meißel unterfahren und anschließend vom Knochen angehoben werden (Abb. 16).

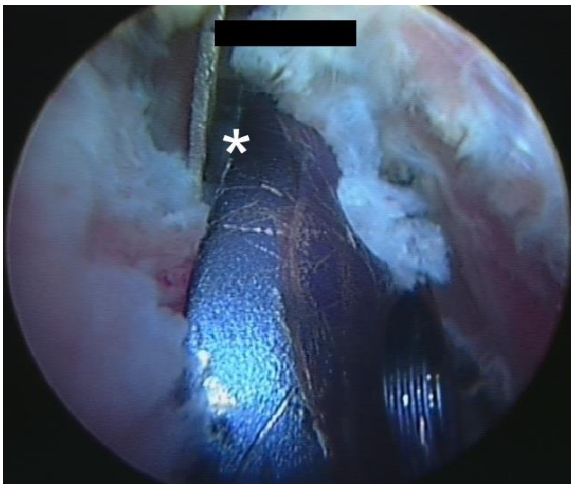


Abb. 16: 48-jähriger Patient, rechtes Schultergelenk. Nach der Entfernung aller Schrauben wurde die Platte mit einem Rasparatorium oder Meißel angehoben, um sie vom Knochen abzulösen.



Abb. 17: Rechtes Schultergelenk. Das Arthroskop befand sich im posterioren Portal. Die PHILoS®-Platte wurde über das erweiterte anterolaterale Portal (*) extrahiert.

Abschließend wurde das anterolaterale Portal auf etwa 2 cm Länge erweitert und die Platte mittels eines Einzinker-Hakens oder einer groben Klemme extrahiert (Abb. 17). Das Arthroskop wurde nach Absaugen der Spülflüssigkeit und nach Kontrolle auf Blutrockenheit entfernt, die Hautschnitte mittels Nähten verschlossen und ein steriler Wundverband aufgelegt. Eine intraoperative Röntgenaufnahme mittels Bildverstärker wurde zur Dokumentation der vollständigen Materialentfernung durchgeführt.

Nachbehandlung

Eine physiotherapeutische Beübung begann ab dem ersten postoperativen Tag mit einer frühfunktionellen Nachbehandlung ohne Einschränkungen unter Einsatz einer Continuous passive motion (CPM) - Schiene. Postoperativ wurde vor allem bei Patienten mit deutlichen Bewegungseinschränkungen und mit starken präoperativen Bewegungsschmerzen ein interskalenärer Schmerzkatheter zur schmerzarmen Beübung angelegt.

2.3.2 Technik der offenen Materialentfernung

Die offene Materialentfernung und subacromiale Arthrolyse erfolgten in Vollnarkose. Der Oberkörper wurde 30° hochgelagert, wobei der betroffene Arm auf einem Armtisch lag (Abb. 18). Vor Beginn der eigentlichen Operation wurde das glenohumerale Bewegungsausmaß in Narkose untersucht.



Abb. 18: : Lagerung zur offenen Materialentfernung in Rückenlage mit 30°-Oberkörper-Hochlagerung.

Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Operationsgebietes erfolgte der operative Zugang gemäß dem ursprünglich verwendeten Zugang, gegebenenfalls mit gleichzeitigem Ausschneiden einer hypertrophen Narbe. Zuerst wurde die Vena cephalica aufgesucht, dann unter Schonung dieser weiter medial eingegangen. Anschließend erfolgte die scharfe und stumpfe Präparation auf die Platte und Darstellung derselben. Abhängig vom Bewegungsausmaß und den intraoperativ sichtbaren Vernarbungen wurde bei Bedarf eine subacromiale und / oder subdeltoidale Arthrolyse durchgeführt. Die Schraubenköpfe wurden freigelegt und allesamt entfernt. Im Falle einer Kaltverschweißung der winkelstabilen Schraube mit dem Gewinde, konnte ein Linksgewinde zur Extraktion

eingesetzt, oder die Schraube optional überbohrt werden. Nach schrittweiser Entfernung aller Schrauben wurde die Platte extrahiert. Falls es zu knöchernen Vernarbungen bzw. Ossifikationen um die Platte gekommen war, konnten diese zuvor mit dem Meißel gelöst werden. Danach erfolgten die optionale Einlage einer Redondrainage und der schichtweise Wundverschluss.

Gleichzeitig war es möglich, eventuelle Begleitpathologien der LBS im extraartikulären Verlauf zu beurteilen. Außerdem konnten von außen sichtbare SSP- oder SSC-Rupturen gesichtet und bei Bedarf behandelt werden. Wie bei der arthroskopischen Methode wurde eine intraoperative Röntgenkontrolle mittels Bildverstärker zur Dokumentation der vollständigen Materialentfernung durchgeführt.

Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgte ebenfalls frühfunktionell ohne Einschränkungen mit krankengymnastischer Beübung ab dem ersten postoperativen Tag.

2.4 Patientendaten und Nachuntersuchung

Die Indikation zur operativen Materialentfernung wurde anhand von Röntgenbildern und der klinischen Untersuchung durch einen Facharzt für Unfallchirurgie gestellt. Anhand aktueller Röntgenbilder und einer erneuten Untersuchung wurde die Indikation am stationären Aufnahmetag verifiziert. Das Patientenkollektiv wurde vorerst in zwei Gruppen unterteilt. Hierbei wurde zwischen der offenen und arthroskopischen Materialentfernung unterschieden.

Die beiden Kollektive (offene und arthroskopische Materialentfernung) wurden jeweils zur Differenzierung der Ergebnisse in drei „Indikations-Gruppen“ unterteilt:

- Gruppe 1: Materialentfernung aufgrund einer primären oder sekundären Schraubenperforation.
- Gruppe 2: Materialentfernung wegen mechanischer Komplikationen durch ein Impingement der Plattenosteosynthese.
- Gruppe 3: posttraumatische/ postoperative Schultersteife als Indikation für die Materialentfernung.

Die Nachuntersuchungen der Patienten erfolgten jeweils drei, zwölf und 24 Monate nach der Materialentfernung.

In der weiterführenden Analyse wurden als weitere Sondergruppe die Patienten mit einer partiellen oder kompletten AVN zusammengefasst. Insgesamt konnte bei zwölf Patienten (9 w, 3 m, durchschnittliches Alter zum Zeitpunkt der ME von $65,0 \pm 7,4$ Jahren) bis zum Zeitpunkt der 24-Monats-Nachuntersuchung eine avaskuläre Humeruskopfnekrose (AVN) nachgewiesen werden. Diese Gruppe wurde zur Komplikationsanalyse abschließend gesondert ausgewertet.

2.5 Untersuchungen der Patienten

2.5.1 Datenerhebungsbogen / Studienprotokoll

Die Daten der klinischen Untersuchung, der Auswertung der bildgebenden Diagnostik sowie der Befragung des Patienten wurden auf einem Datenerhebungsbogen standardisiert erfasst (Anhang, S. 78 – 89). Folgende Patientendaten wurden dokumentiert:

- Alter, Geschlecht und betroffene Seite
- Unfallzeitpunkt und Frakturklassifikation anhand der 4-Segment Theorie nach Codman [Codman, 1934]
- Versorgungszeitpunkt, Art des Implantates sowie die Anzahl der verwendeten Osteosyntheseschrauben
- Zeitspanne zwischen initialer Versorgung und Materialentfernung, etwaige postoperative Komplikationen und Revisionen
- intraartikuläre Begleitverletzungen und deren Therapie, subacromiale und intraartikuläre Arthrolsen, Kapsulotomien und ggf. Tuberkuloplastiken.
- Operationsdauer, Blutverlust und intraoperative Röntgenzeit.

Durch die bei der Arthroskopie verwendete Spülflüssigkeit mit kontinuierlicher Flussrate und Absaugung war eine quantitative Bestimmung des intraoperativen Blutverlustes nicht möglich. Daher erfolgte die Erfassung des Hämoglobinwertabfalls (Hb-Abfall) von der präoperativen Blutbildkontrolle (am Tag vor der Materialentfernung) bis zur postoperativen Laborkontrolle (am 2. postoperativen Tag).

2.5.2 Klinische Untersuchung und Fotodokumentation

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde eine standardisierte klinische Untersuchung durchgeführt, welche sowohl vor als auch drei, zwölf und 24 Monate nach durchgeführter Materialentfernung erfolgte.

Hierbei wurde das aktive Bewegungsausmaß sowohl der operierten Schulter als auch der Gegenseite in allen Freiheitsgraden untersucht. Die Beweglichkeit wurde anhand der Neutral-Null-Methode [Hepp und Debrunner, 2004] gemessen. Dabei wurden folgende Bewegungen im Seitenvergleich untersucht: Anteversion, Abduktion, Innenrotation und Außenrotation im Schultergelenk.

Mögliche Impingementzeichen des betroffenen Gelenkes wurden klinisch erfasst. Die periphere Durchblutung, Sensibilität und Motorik wurden untersucht. Die Sensibilität der oberen Extremitäten wurde im Seitenvergleich für jedes Dermatom einzeln geprüft.

Nach schriftlicher Einwilligung wurde die Anteversion, die Abduktion, die Außen- und Innenrotation als auch der Schürzen- und Nackengriff der Patienten fotografisch dokumentiert (Abb. 19).



Abb. 19: 18 Jahre, weiblich, Z. n. offener Materialentfernung einer PHILOS®-Plattenosteosynthese (Fa. Synthes, Freiburg, Deutschland) rechtes Schultergelenk, Untersuchung drei Monate postoperativ.

Die Kraftmessungen wurden mit einem isometrischen Dynamometer (Modell: ISOBEX® 4.0 Muskelkraft-Analysegerät, Firma MDS Medical Device Solutions AG, Burgdorf, Schweiz) beim stehenden Patienten in 90° Abduktion in der Scapulaebene und unter Pronation der Hand durchgeführt (Abb. 20). Hierbei ist die Einhaltung der

standardisierten Position von entscheidender Bedeutung für eine hohe Reliabilität des Testes [Hirschmann et al., 2010]. Es wurde eine dreimalige Messung durchgeführt und der Mittelwert errechnet.



Abb. 20: Anwendung des isometrischen Dynamometers Modell Isobex ® 4.0
(Fa. MDS Medical Device Services AG, Burgdorf, Schweiz).

Die äußerlich sichtbaren Narben nach operativer Versorgung wurden manuell ausgemessen, dokumentiert und die Gesamtlänge aller Narben addiert. Die Patienten wurden befragt, ob seit der Operation nennenswerte Komplikationen aufgetreten seien, insbesondere ob eine erneute operative Revision oder sonstige unerwartete Behandlung erforderlich gewesen sei. Weiterhin wurden die Patienten befragt, ob durch die erfolgte Operation eine subjektive Besserung aufgetreten sei oder nicht. Abschließend wurde der Simple Shoulder Test erfaßt [Lippitt et al., 1992].

2.5.3 Constant Murley Score (CS)

Bei den standardisierten Nachuntersuchungen wurden der Constant Murley Score (CS) [Constant und Murley, 1987] und der relative, also alters- und geschlechtsadaptierte CS [Katolik et al., 2005] erhoben. Beim Constant Murley Score können maximal 100 Punkte erreicht werden. Diese werden aufgeschlüsselt durch die objektivierbaren Teilbereiche Beweglichkeit (max. 40 Punkte) und Kraft (max. 25 Punkte), sowie die subjektiven Parameter Schmerz (max. 15 Punkte) und Aktivität (max. 20 Punkte).

Der Parameter Schmerz als Kategorie I wird beim CS subjektiv bewertet. Hierbei ist durch den Patienten eine stufenlose Abgrenzung von 0 bis 15 Punkten möglich. Zur Auswertung werden die Werte in der Originalarbeit [Constant und Murley, 1987] wie folgt gedeutet: 15 Punkte bedeuten hierbei „keine Schmerzen“, 10 Punkte „leichte Schmerzen“, 5 Punkte „mäßige Schmerzen“ und 0 Punkte „starke Schmerzen“.

Die 20 Punkte für die Kategorie II hinsichtlich der Aktivitäten des täglichen Lebens werden zur Hälfte rein subjektiv durch den Patienten vergeben. Er wird hierfür bezüglich seiner Fähigkeit zu normalen Arbeiten (4 Punkte), seinen Freizeitaktivitäten (4 Punkte) und seinem Vermögen, ohne Störungen zu schlafen (2 Punkte) befragt. Die anderen 10 Punkte werden für die schmerzfreie Aktivität des Arms über einen breiten Bereich, beginnend unterhalb der Gürtellinie bis über den Kopf, stufenweise vergeben.

Zur Bewertung der aktiven Beweglichkeit, welche insgesamt 40 Punkte des CS erbringt, werden objektive Messergebnisse von Anteversion (max. 10 Punkte), Abduktion (max. 10 Punkte), Außenrotation (max. 10 Punkte) und Innenrotation (max. 10 Punkte) verwendet (Tab. 1).

Innenrotation	<i>Punkte</i>	Anteversion	<i>Punkte</i>
Handrücken auf Außenseite des Oberschenkels	0	0° - 30°	0
Handrücken auf Gesäß	2	31° - 60°	2
Handrücken auf lumbosacralem Übergang	4	61° - 90°	4
Handrücken auf Gürtellinie (3. Lendenwirbel)	6	91° - 120°	6
Handrücken auf 12. Rückenwirbel	8	121° - 150°	8
Handrücken auf zwischen Schulterblättern (Th 7)	10	151° - 180°	10
Außenrotation	<i>Punkte</i>	Abduktion	<i>Punkte</i>
		0° - 30°	0
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne	2	31° - 60°	2
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach unten	4	61° - 90°	4
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach vorne	6	91° - 120°	6
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach unten	8	121° - 150°	8
Volle Elevation vom Scheitel ausgehen	10	151° - 180°	10

Tab. 1: Punkteverteilung für den Bewegungsumfang beim CS

Bei der Kategorie IV handelt es sich um eine Kraftmessung. Bei unseren Untersuchungen wurde das oben beschriebene Dynamometer verwendet und für je ein Englisches Pfund ($\cong 0,454$ kg) ein Punkt vergeben. Um auf die maximal erreichbare Punktzahl von 25 Punkten zu kommen, mussten 11,25 kg Zugkraft erreicht werden. Wenn eine Abduktion des entsprechenden Armes nicht bis 90° möglich war, um die für eine korrekte Messung notwendige Position (siehe 2.5.2) einnehmen zu können, konnte die Messung mittels ISOBEX® nicht durchgeführt werden. In diesem Fall wurden für diesen Teil des CS 0 Punkte vergeben. Nach Errechnung des Constant Murley Scores wurde noch zur besseren Vergleichbarkeit der alters- und geschlechtskorrigierte CS errechnet, wobei Durchschnittswerte entsprechend des Alters und nach Geschlecht getrennt verglichen werden [Katolik et al., 2005; Yian et al., 2005].

2.5.4 Simple Shoulder Test (SST)

Der SST wurde entwickelt, um die Schulterfunktion in Bezug auf viele Aktivitäten des täglichen Lebens zu bewerten. Der Test besteht aus zwölf Fragen, welche mit „ja“ oder „nein“ zu beantworten sind und sich nur auf die betreffende Schulter beziehen (Tab. 2) [Lippitt et al., 1992]. Der SST wird als standardisiertes, einfaches, kurzes und praktisches Verfahren zur Beurteilung der Schulterfunktion angesehen. Der Patient sollte den Test selber ausfüllen, da es sich um die von ihm selber zu beurteilende Evaluation seiner Schulterfunktion handelt. Hierdurch treten keine Inter-Observer-Variationen auf. Der SST zeigt eine gute Reproduzierbarkeit, welche nur teilweise von der alltäglichen Variation der Schulterfunktion beeinflusst wird.

Der SST wurde im Rahmen dieser Untersuchung angewandt, um objektivierbar und schnell den Verlauf des Behandlungserfolges zu monitoren. Ein höherer Score bedeutet eine bessere Teilhabe an den Aktivitäten des täglichen Lebens.

		Ja	Nein
1.	Ist Ihre Schulter beschwerdefrei, wenn Sie Ihren Arm an Ihrer Seite ruhen lassen?		
2.	Erlaubt Ihre Schulter Ihnen einen ungestörten Schlaf?		
3.	Können Sie Ihr Kreuz erreichen, um mit Ihrer Hand ein Hemd / eine Bluse in die Hose zu stecken?		
4.	Können Sie Ihre Hand so hinter den Kopf führen, dass der Ellenbogen seitlich abgespreizt ist?		
5.	Können Sie eine Geldstück in ein Regal in Ihrer Schulterhöhe legen, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
6.	Können Sie 450 g in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
7.	Können Sie 3,5 kg in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
8.	Können Sie mit dem betroffenen Arm 9 kg an Ihrer Seite tragen?		
9.	Denken Sie, dass Sie mit Ihrem betroffenen Arm einen Softball aus der Hüfte ca. 20 m weit werfen können?		
10.	Denken Sie, dass Sie einen Softball (Überhand) ca. 20 m weit werfen können?		
11.	Können Sie die Rückseite der gegenüberliegenden Schulter mit dem betroffenen Arm waschen?		
12.	Können Sie mit Ihrer Schulter in Ihrem normalen Beruf Vollzeit arbeiten?		

Tab. 2: Simple Shoulder Test.

2.5.5 Auswertung bildgebender Diagnostik

Soweit vorhanden (ASK n = 29, offen n = 12), wurden von allen Patienten die ursprünglichen Röntgen- und gegebenenfalls Computertomographie-Bilder der zugrundeliegenden proximalen Humerusfraktur analysiert und die Fraktur nach der Codman-Klassifikation eingruppiert. Da einige der initialen Frakturversorgungen auswärtig durchgeführt wurden, war diese Auswertung nicht in allen Fällen möglich. Sofern verfügbar, wurde in diesen Fällen die in den Behandlungsberichten aufgeführte Klassifikation verwendet.

In einem weiteren Schritt wurden die zum Zeitpunkt der Materialentfernung angefertigten nativradiologischen Bilder des Schultergelenkes in zwei Ebenen ausgewertet. Bei dieser Analyse wurden vor allem folgende Aspekte bewertet: die knöchernen Konsolidierung der Fraktur, primäre oder sekundäre Implantatfehlage, Implantatlockerung und Implantatbruch. Nativradiologische Zeichen einer avaskulären Humerkopfnekrose (partiell oder total) wurden beurteilt. Diese Daten wurden zur Gruppierung der Patienten in die verschiedenen Indikationsgruppen und zur Beurteilung der Risikofaktoren eines schlechten Ergebnisses analysiert.

2.5.6 Schriftliche Evaluation

Für Patienten, die aufgrund medizinischer Belange oder einer großen Entfernung des Wohnortes zum Untersuchungsort nicht die Möglichkeit hatten, sich persönlich zu einer klinischen Untersuchung vorzustellen (ASK $n = 12/116$, offen $n = 3/32$), wurde ein zusätzlicher schriftlicher Evaluationsbogen entwickelt. Über dieses Verfahren konnten die oben beschriebenen Daten (siehe 2.4.1. bis 2.4.4) nur teilweise erhoben werden. Die Aktivitäten des täglichen Lebens, das subjektive Befinden und die Fragen des Simple Shoulder Tests konnten auf dem Fragebogen angekreuzt werden. Die Narben an der Schulter sollten auch hierbei manuell ausgemessen werden. Die Überprüfung der Beweglichkeit erfolgte durch den Patienten selbst bzw. wenn möglich unter Zuhilfenahme einer weiteren Person. Das Bewegungsausmaß wurde hierbei in 30-Grad-Schritte eingeteilt und anhand von Musterabbildungen durch den Patienten selbst eingeschätzt. Die Kraftmessung zur Auswertung des Constant Murley Scores wurde ebenfalls durch den Patienten selbst durchgeführt, indem er entsprechend einer Musterabbildung den Arm in der vorgeführten Stellung halten sollte und mit Hilfe einer Tasche das maximal anzuhebende Gewicht ermitteln sollte.

2.6 Statistik und Auswertung

2.6.1 Statistik: Software, Tests und Signifikanz

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS Statistics Student version 18.0® (SPSS Inc.®, Chicago, IL, USA). Der Kolmogorov-Smirnoff-Test ergab keine Normalverteilung. Bei unabhängigen Daten wurde zur Signifikanzprüfung der Whitney-Mann-U-Test angewandt, bei abhängigen Daten wurde zur Signifikanzprüfung der

Wilcoxon-matched-pair-Test angewandt. Ein Ergebnis wurde als signifikant bezeichnet bei einem Signifikanzniveau $p < 0,05$. Die arithmetischen Mittelwerte wurden mit der zugehörigen Standardabweichung (SD = standard deviation) angegeben. Die Daten der nur arthroskopisch operierten Patienten wurden getrennt von den Daten der offen operierten Patienten ausgewertet.

2.6.2 Auswertung der Bewegungsausmaße

Zur Auswertung der nach der Neutral-Null-Methode [Hepp und Debrunner, 2004] erhobenen Daten der Bewegungsausmaße wurden Werte, bei denen die Neutralstellung nicht erreicht wurde (z.B. Außenrotation der Schulter nur bis 10° Innenrotationsstellung möglich: 0° - 10° - 80°) als negativer Wert angegeben (in diesem Fall also -10°).

Bei der Studie lag kein Interessenkonflikt vor. Diese klinische Studie wurde ohne finanzielle oder materielle Förderung durchgeführt.

3. ERGEBNISSE

3.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs

3.1.1 Patientenkollektiv der arthroskopischen Materialentfernung

Das in die Studie eingeschlossene Kollektiv der arthroskopischen ME setzte sich aus 45 Patienten (28 Frauen, 17 Männer) zusammen, welche an 46 oberen Extremitäten eine Materialentfernung in unserer Klinik erhielten. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Materialentfernung betrug $58,9 \pm 12,4$ Jahre (30 bis 82 Jahre) (Abb. 21). Bei einer Patientin wurde die arthroskopische Implantatentfernung gleichzeitig an beiden Schultern durchgeführt.

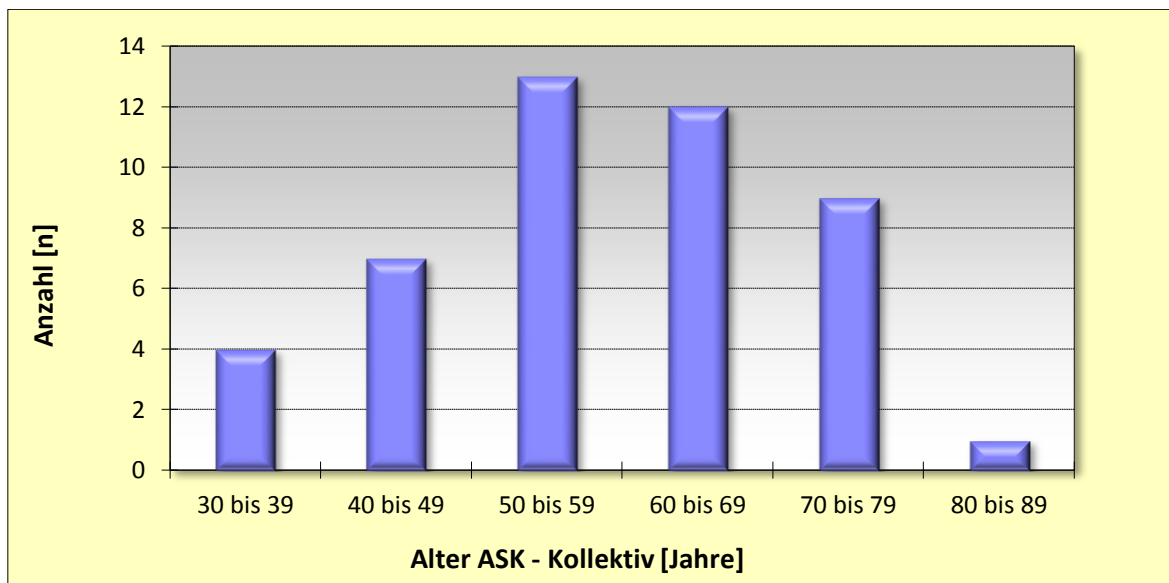


Abb. 21: Altersverteilung im Kollektiv der arthroskopischen Materialentfernung

Die primäre Frakturversorgung wurde bei 28 Patienten (15 w, 13 m) an 29 oberen Extremitäten in unserer Klinik mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese (PHILOS®, Fa. Synthes, Freiburg, Deutschland) durchgeführt. Nach der Frakturklassifikation anhand der Codman-Theorie [Codman, 1934] lagen neunzehn 4-Segment-Frakturen, acht 3-Segment-Frakturen und zwei 2-Segment-Frakturen vor. Im Mittel wurden $10,1 \pm 1,8$ (6 - 15) Schrauben verwendet, wovon $8,9 \pm 1,7$ (5 - 12) winkelstabil waren. Intraoperative Komplikationen während der Primärversorgung wurden bei keinem der Patienten dokumentiert. 17 Patienten (13 w, 4 m) wurden in anderen Krankenhäusern primär versorgt. In dieser Gruppe war die ursprüngliche Segmentanzahl nur in drei Fällen bekannt (zwei 3-Segment-Frakturen und eine 2-Segment-Fraktur). Die Frakturversorgung

erfolgte mit unterschiedlichen winkelstabilen Implantaten. Die operative Versorgung erfolgte im Mittel $1,6 \pm 3,0$ (0 - 15) Tage nach Auftreten der Fraktur.

Acht Patienten erhielten 1 - 10 Wochen nach Primärversorgung eine Revisionsoperation (Reosteosynthese bei Dislokation (n = 3), Teilmaterialentfernung und Arthrolyse (n = 1), Schraubenkürzung und Arthrolyse (n = 1), Schraubenentfernung bei Materialbruch (n = 1), Entfernung einer Schraube und Hämatomausräumung (n = 1), Entfernung eines dislozierten Tuberkulum-majus-Fragmentes (n = 1)).

Insgesamt waren 24 rechte und 22 linke Schultergelenke betroffen. Die Patienten gaben in 44 Fällen eine Rechtshändigkeit, in zwei Fällen eine Linkshändigkeit an. In 25/46 (54 %) Fällen lag die Verletzung auf der Seite der dominanten Hand, in 21/46 (46 %) der Fälle auf der kontralateralen Seite. Die arthroskopische Materialentfernung wurde durchschnittlich $9,4 \pm 8,3$ (2 - 56) Monate nach Frakturversorgung durchgeführt.

Bei 3/46 (7 %) Patienten musste im Verlauf eine Schulterprothese implantiert werden. Eine Patientin konnte nach der TEP-Implantation nicht mehr nachuntersucht werden. Bei den anderen beiden Patienten war zum Zeitpunkt der 24-Monats-Untersuchung bereits die Schulterprothese implantiert. Alle drei Patienten stammten aus der Indikations-Gruppe 1.

Ein Patient aus Gruppe 1 verstarb etwa 15 Monate nach der Operation und konnte nur zweimal, nach drei und zwölf Monaten, nachuntersucht werden. Eine weitere Patientin aus Gruppe 1 verstarb etwa neun Monate nach der Operation und konnte nur einmal nach drei Monaten nachuntersucht werden. Das Versterben beider Patienten stand nicht mit der Operation in Zusammenhang.

3.1.2 Patientenkollektiv der offenen Materialentfernung

In das Kollektiv der offenen Materialentfernung (ME) wurden im Rahmen dieser Studie 14 Patienten (7 w, 7 m) eingeschlossen, welche an 14 oberen Extremitäten eine ME in unserer Klinik erhielten. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Materialentfernung betrug $45,8 \pm 16,9$ Jahre (16 bis 76 Jahre) (Abb. 22).

Dabei erhielten 10 Patienten (7 w, 3 m) an 10 oberen Extremitäten die primäre Frakturversorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese (PHILOS®, Fa. Synthes, Freiburg, Deutschland) in unserer Klinik. Nach der Frakturklassifikation anhand der Codman-Theorie [Codman, 1934] lagen vier 4-Segment-Frakturen, zwei 3-Segment-Frakturen und vier 2-Segment-Frakturen vor. Im Mittel wurden $9,3 \pm 1,9$ (5 - 11) Schrauben verwendet, wovon $8,0 \pm 2,1$ (4 - 10) winkelstabil waren. Intraoperative

Komplikationen während der Primärversorgung wurden bei keinem der Patienten dokumentiert. Vier Patienten (4 m) wurden in anderen Krankenhäusern primär versorgt. Von den vier auswärts operierten Patienten war die ursprüngliche Segmentanzahl in zwei Fällen bekannt (je eine 4-Segment-Fraktur und eine 2-Segment-Fraktur). Die Frakturversorgung erfolgte mit unterschiedlichen winkelstabilen Implantaten. Die Operation erfolgte im Mittel $4,7 \pm 7,3$ (0 - 20) Tage nach Fraktur.

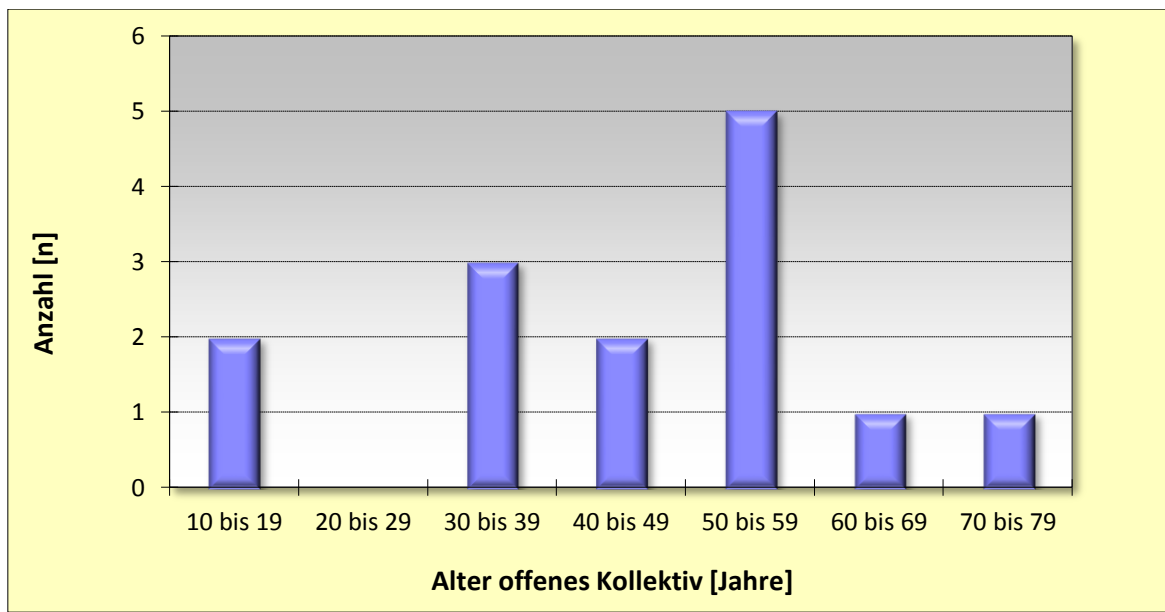


Abb. 22: Altersverteilung im Kollektiv der offenen Materialentfernung

Drei Patienten erhielten 1 - 16 Wochen nach Primärversorgung eine Revisionsoperation (Osteotomie des Tuberkulum minus und Reosteosynthese bei Dislokation (n = 1), Entfernung intraartikulärer Fragmente und Refixation des Tuberkulum majus (n = 1), arthroskopische Arthrolyse mit Tuberkuloplastik des Tub. majus- und Rotatorenmanschettenrefixation (n = 1)).

Bei zehn Patienten wurde die ME geplant offen durchgeführt, da der jeweilige Operateur die arthroskopische ME-Technik kurz nach deren Entwicklung noch nicht beherrschte. Bei drei dieser Patienten wurde jedoch eine Arthroskopie vor offener ME in einer Sitzung durchgeführt. Bei sieben Patienten wurde die offene ME ohne vorhergehende Arthroskopie durchgeführt. Bei vier weiteren Patienten war initial eine arthroskopische ME geplant, bei Verknöcherung, beziehungsweise massiver Vernarbung der Platte (n = 2), ausgeprägten Verwachsungen an einem fremden Implantat (n = 1) und kaltverschweißten Schrauben (n = 1) musste jedoch sekundär vom arthroskopischen auf ein offenes Vorgehen gewechselt werden. Die vorausgegangene Arthroskopie ging jeweils mit einer vollständigen glenohumeralen Inspektion einher, um eventuell eine Arthrolyse

durchzuführen und Begleitpathologien zu identifizieren, welche dann entsprechend behandelt wurden (Tab. 4). Insgesamt wurden sieben Patienten vor der offenen ME arthroskopiert.

Sieben rechte und sieben linke Schultergelenke waren betroffen. Die Patienten gaben in zwölf Fällen eine Rechtshändigkeit, in zwei Fällen eine Linkshändigkeit an. In 7/14 (50 %) Fällen lag die Verletzung auf der Seite der dominanten Hand, bei 7/14 (50 %) Patienten auf der kontralateralen Seite. Die offene Materialentfernung wurde durchschnittlich $12,3 \pm 6,1$ (2 - 25) Monate nach Frakturversorgung durchgeführt.

3.1.3 Präoperativer Befund

Beim arthroskopischen Kollektiv betrug die vor der Materialentfernung gemessene Anteversion der betroffenen Schulter durchschnittlich $85,9^\circ \pm 37,4^\circ$, die präoperativ gemessene Abduktion der betroffenen Schulter $76,7^\circ \pm 37,5^\circ$. Die Außenrotation war im Durchschnitt bis $29,6^\circ \pm 24,1^\circ$ möglich.

Die vor der offenen Materialentfernung gemessene Anteversion der betroffenen Schulter betrug durchschnittlich $110,0^\circ \pm 53,4^\circ$, die präoperativ gemessene Abduktion $78,9^\circ \pm 45,7^\circ$ und die Außenrotation $36,7^\circ \pm 18,9^\circ$.

3.1.4 Indikationen für die Materialentfernung

Die Einteilung des Kollektivs wurde in drei Untergruppen abhängig von der Indikation für die Materialentfernung durchgeführt (Kapitel 2.4). Die Patientenzahlen der einzelnen Untergruppen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Indikationen für ME und Anzahl der betroffenen oberen Extremitäten im arthroskopisch (ASK) und offen operierten Kollektiv

Indikation für ME	ASK (n = 46)	offen (n = 14)
1) Schraubenüberstand	19	1
2) Kraniale Plattenlage / Material – Impingement	12	2
3) Bewegungseinschränkung ohne Materialdislokation	15	11 *

*bei dieser Gruppe handelte es sich vorwiegend um Patienten mit dem Wunsch der ME ohne wesentliche Bewegungseinschränkung.

Dabei wurden im primär arthroskopisch operierten Kollektiv 15/46 Schultern (33 %) aufgrund einer schmerzhaften Bewegungseinschränkung (posttraumatische / postoperative Schultersteife; Gruppe 3) operiert. Der Gruppe mit den materialbedingten Komplikationen (Gruppe 1 und 2) konnten 31/46 Schultern (67 %) zugeordnet werden.

Gruppe 1:

In dieser Gruppe wurden alle Patienten zusammengefasst, bei denen eine oder mehrere intraartikuläre Schraubenperforationen die Hauptindikation zur ME darstellte. Hierbei handelte es sich um 18 Patienten (12 w, 6 m) mit 19 Schultern in einem durchschnittlichen Alter von $65,9 \pm 10,3$ Jahren. Der durchschnittliche Abstand von der Osteosynthese zur ME betrug $6,8 \pm 4,7$ Monate.

Besonders anzumerken ist hier, dass sowohl die drei Patienten, welche im Verlauf eine Schulter-TEP erhielten, als auch die beiden Patienten, denen eine TEP empfohlen wurde, der Gruppe 1 zugehörig waren.

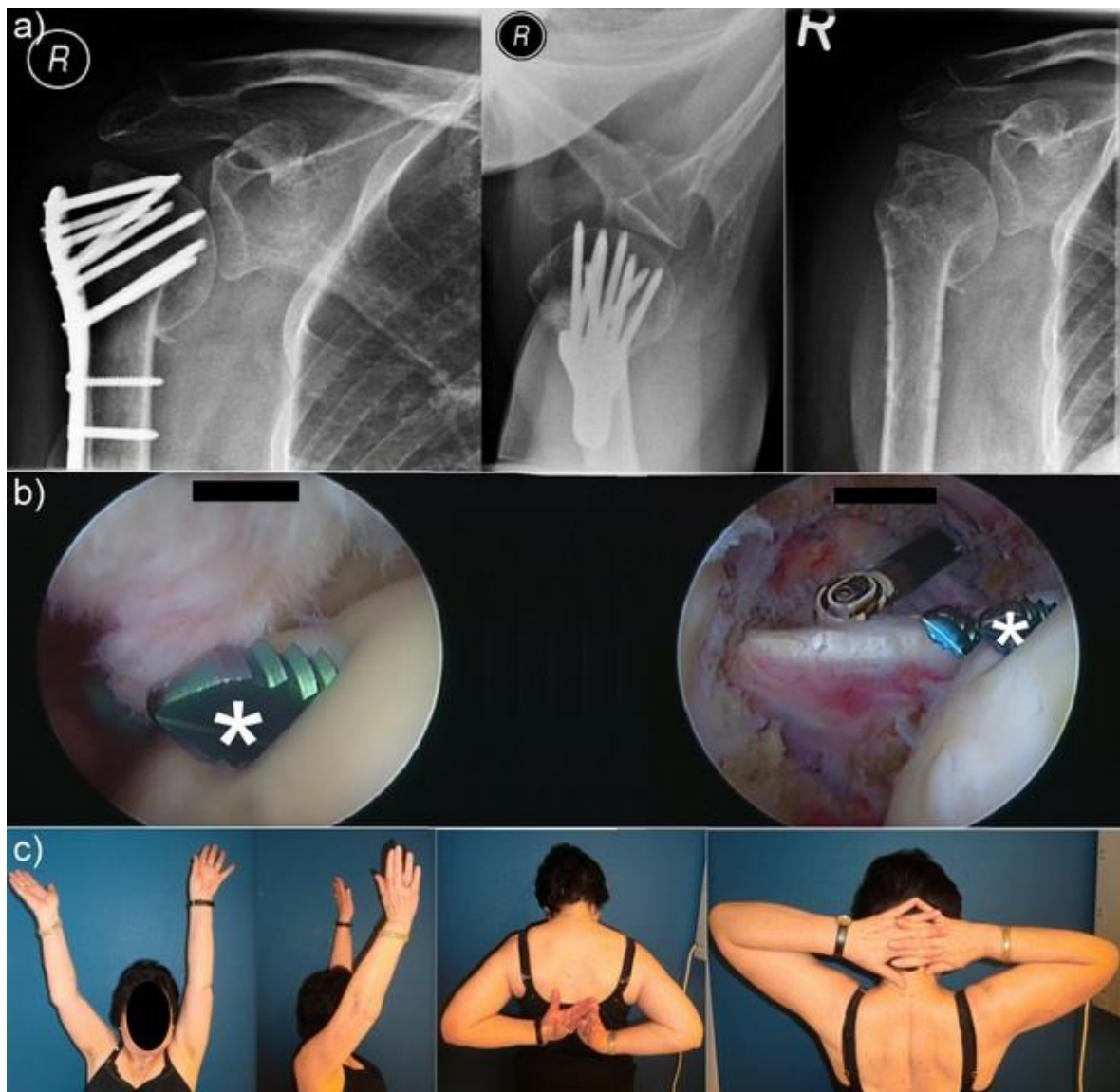


Abb. 23 a-c: Fallbeispiel Gruppe 1: 58-jährige Patientin. Mehrfacher Schraubenüberstand und sekundäre Sinterung, CM II° glenoidal und humeral. Während ASK 360° Kapsulotomie, Chondroplastik, LBS-Tenotomie bei Subluxation und Debridement von Vernarbungen am SSC. **a)** Röntgenbefund vor und nach der Materialentfernung (→ Schraubenperforation). **b)** intraoperative Darstellung der Schraubenperforationen (*). **c)** Klinische Bilder 24 Monate postoperativ, CS 80 Punkte, relCS 113,9 %. Besserung der Beweglichkeit: Anteversion $80^\circ \rightarrow 145^\circ$, Abduktion $80^\circ \rightarrow 150^\circ$.

Gruppe 2:

In der Gruppe 2 wurden alle Patienten zusammengefasst, bei denen die ME hauptsächlich aufgrund eines Materialimpingements, vor allem bei zu kranialer Plattenlage, durchgeführt wurde. In dieser Gruppe wurden 12 Schultern von 12 Patienten (8 w, 4 m) mit einem Durchschnittsalter von $54,9 \pm 12,5$ Jahren nachuntersucht. Die ME wurde im Schnitt $14,9 \pm 13,4$ Monaten nach der Osteosynthese durchgeführt.

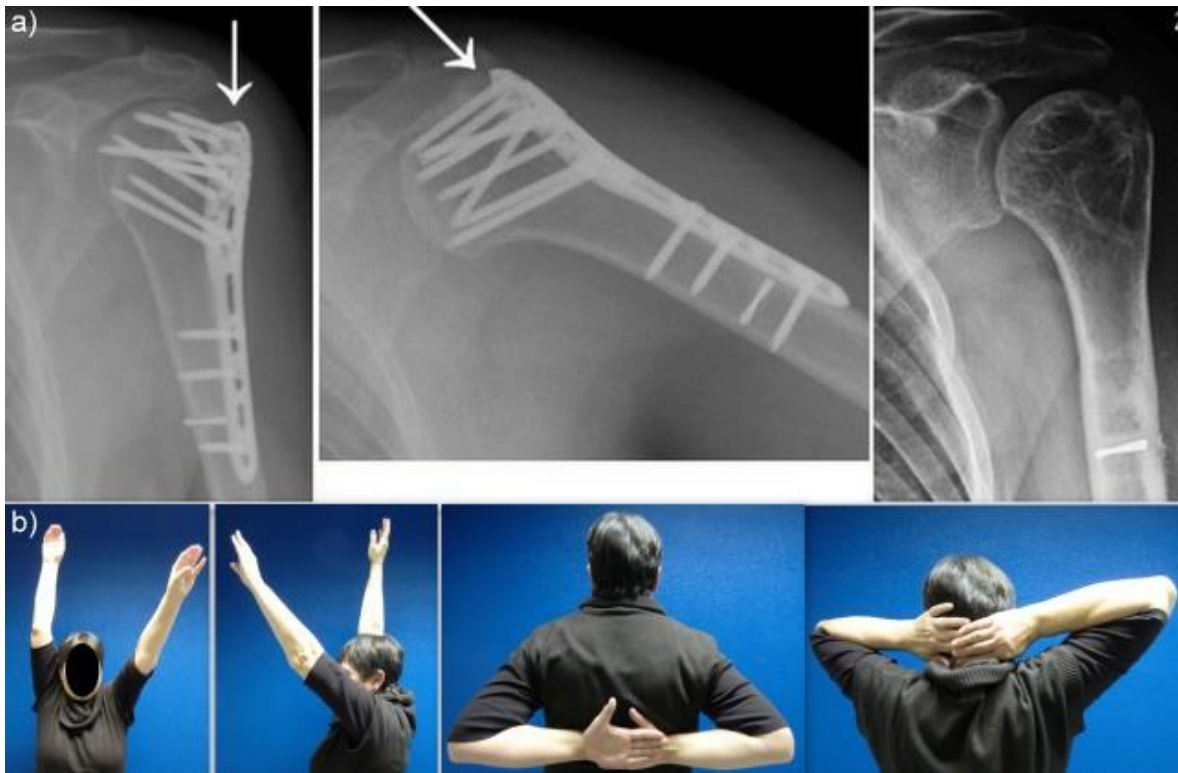


Abb. 24 a-b: Fallbeispiel Gruppe 2: 61-jährige Patientin. Zu kraniale Plattenlage, CM II° humeral. Subacromiale Arthrolyse, LBS-Tenotomie bei Partialruptur und Subluxation. **a)** Röntgenbefund vor und nach der Materialentfernung (→ Plattenüberstand). **b)** Klinische Bilder 24 Monate postoperativ, CS 67 Punkte, relCS 95,3 %. Besserung der Beweglichkeit: Anteversion $90^\circ \rightarrow 140^\circ$, Abduktion $70^\circ \rightarrow 140^\circ$.

Gruppe 3:

Alle Patienten des arthroskopischen (ASK) – Kollektivs, bei denen eine Bewegungseinschränkung ohne Materialprobleme (postoperative / posttraumatische Schultersteife) der Indikation zur ME zugrunde lag, wurden in Gruppe 3 zusammengefasst. Hier wurden 15 Schultern an 15 Patienten (8 w, 7 m) mit einem durchschnittlichen Alter von $53,3 \pm 10,9$ Jahren beobachtet. Die ME wurde hier bereits nach durchschnittlich $8,4 \pm 3,2$ Monaten durchgeführt.

Im offen operierten Kollektiv zeigte sich eine leicht abweichende Verteilung der Indikationen. Hier wurde die Operation viermal auf Wunsch des Patienten durchgeführt.

Bei zwei dieser Patienten lag der ausdrückliche Wunsch einer kosmetischen Korrektur der alten Narbe ohne wesentliche Bewegungseinschränkung oder Schmerzsymptomatik vor. In 3/14 Fällen (21 %) lag eine mechanische Komplikation vor. Der Gruppe 3 wurden 11/14 (79 %) Patienten zugeordnet. In keiner der drei Untergruppen wurden Zeichen einer Humeruskopfnekrose festgestellt.



Abb. 25 a-b: Fallbeispiel Gruppe 3: 60-jährige Patientin. Keine Schraubenperforation, kein Materialimpingement, CM I-II° glenohumeral, SLAP I°-Debridement, kleine Stufe am Tuberkulum minus – Chondroplastik, 360°-Kapsulotomie, Eröffnung des Intervalls und Durchtrennung CHL. a) Röntgenbefund vor und nach der Materialentfernung. b) Klinische Bilder 24 Monate postoperativ, CS 42 Punkte, relCS 60,0 %. Entwicklung der Beweglichkeit: Anteversion 90° → 70°, Abduktion 60° → 65°.

Bei den drei Patienten mit präoperativ deutlich eingeschränktem Bewegungsausmaß wurde zu Beginn eine Arthroskopie mit intraartikulärer Arthrolyse durchgeführt. Die ME wurde bei diesen Patienten anschließend offen durchgeführt.

In der Auswertung der Nachuntersuchungen erfolgte in der ASK-Gruppe eine differenzierte Analyse der Untergruppen bezüglich der Unterschiede in der Funktion. Eine Auswertung der Untergruppen im offenen Kollektiv wurde nicht durchgeführt, da die Patientenanzahl in den Gruppen 1 und 2 zu klein war.

Sondergruppe Avaskuläre Nekrosen (AVN):

Bei der Komplikationsanalyse und der Auswertung der Röntgenbilder stellte sich heraus, dass bis zum 24-Monats-Zeitpunkt an 12 Schultern bei 11 Patienten (8 w, 3 m, durchschnittlich $65,0 \pm 7,4$ Jahre) Zeichen einer AVN des Humeruskopfes vorlagen.

In Gruppe 1 wurden bei acht Schultern an sieben Patienten überwiegend partielle Humeruskopfnekrosen (partiell n = 7, komplett n = 1) festgestellt. In Gruppe 2 wurden keine Humeruskopfnekrosen beobachtet. Bei vier Patienten der Gruppe 3 wurde eine partielle Humeruskopfnekrose diagnostiziert. Bei einem Patienten der Gruppe 1 mit partieller Humeruskopfnekrose musste elf Monate nach der ME aufgrund einer Dekompensation eine Schulter-TEP (Eclipse®, Fa. Arthrex, Karlsfeld, Deutschland) implantiert werden.

Bei den Patienten mit einer nachgewiesenen AVN war der relCS nach 24 Monaten mit 57,8 % ± 23,0 % im Vergleich zu den Patienten ohne AVN mit 83,9 % ± 25,0 % signifikant niedriger (p = 0,003).

3.2 Häufigkeit von intraartikulären Begleitpathologien und Arthrolysen

Im Kollektiv der ausschließlich **arthroskopisch** behandelten Patienten (Patienten n = 45, MEs n = 46) erhielten annähernd alle eine subacromiale Therapie: Bei 43/46 (93 %) Materialentfernungen wurde eine subacromiale Arthrolyse, teilweise in Verbindung mit subacromialer Dekompression und Bursektomie, durchgeführt.

Tab. 4: Anzahl der Arthrolysen sowie intraartikulärer Begleitpathologien			
	Arthroskopische ME (n = 46)	ASK vor offener ME (n = 7)	offene ME ohne ASK (n = 7)
Subacromiale Arthrolyse	43/46 (93 %)	7/7 (100 %)	5/7 (71 %)
Anteroinferiore Arthrolyse	13/46 (28 %)	4/7 (57 %)	
360° - Kapsulotomie	18/46 (39 %)	1/7 (14 %)	
Bizepssehnenotomie	14/46 (30 %)	3/7 (43 %)	
Debridement Bizepssehnenanker	3/46 (7 %)	1/7 (14 %)	
Pathologie Rotatorenmanschette	14/46 (30 %)	0/7 (0 %)	
Tuberkuloplastik	11/46 (24 %)	2/7 (29 %)	
Knorpelläsionen	22/46 (48 %)	2/7 (29 %)	

Im **arthroskopischen** Kollektiv wurde neben der Arthrolyse und subacromialen Therapie in 34/46 (74 %) Fällen auch die Behandlung mindestens einer intraartikulären Begleitpathologie notwendig (Tab. 4):

- In 14/46 Fällen (30 %) wurden Begleitverletzungen der Rotatorenmanschette behandelt, wobei nur bei einer Patientin eine Rekonstruktion der SSP-Sehne erfolgte (Abb. 26).

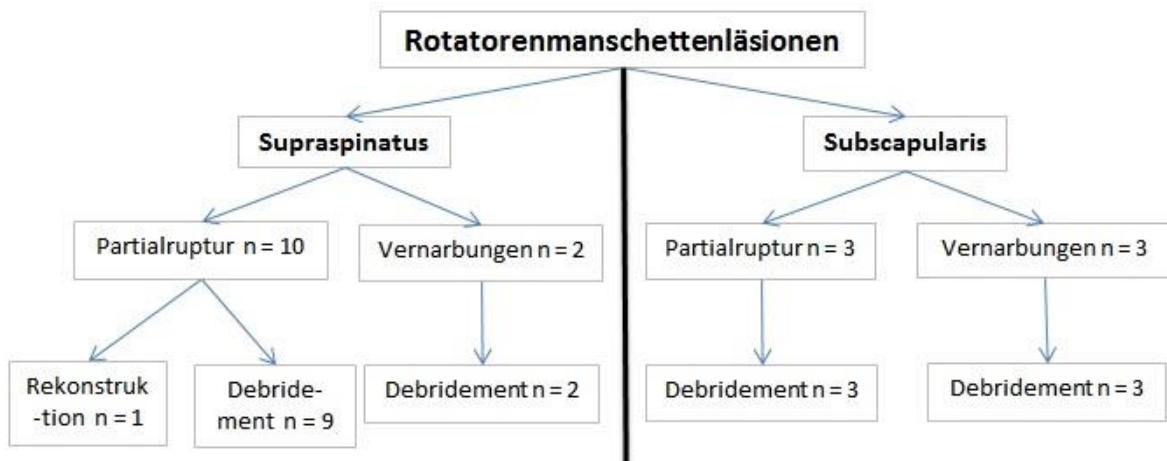


Abb. 26: Baumdiagramm Rotatorenmanschette, Doppelnennungen möglich. n = 14 (Rupturen n = 11, Debridement n = 13, Rekonstruktion n = 1)

- Eine Knorpelläsion (Chondromalazie (CM) nach der Outerbridge-Klassifikation Grad 2 – 4 [Outerbridge, 1961]) wurde insgesamt in 22/46 (48 %) Fällen gefunden. Dabei zeigten sich bei 10/46 (22 %) Schultern höhergradige Läsionen Grad 3 - 4. An der humeralen Gelenkfläche wurden in 13/46 (28 %) Läsionen diagnostiziert, an der glenoidalen Gelenkfläche in 18/46 (39 %) Fällen. (Abb. 27)
 - o Besonders auffällig war, dass in der Gruppe 1 bei sechs Schultern eine CM 4° und in einem weiteren Fall eine CM 3° vorlag. In Gruppe 2 (CM 3° n = 2) und 3 (CM 4° n = 1) kamen fortgeschrittene Knorpelläsionen deutlich seltener vor.

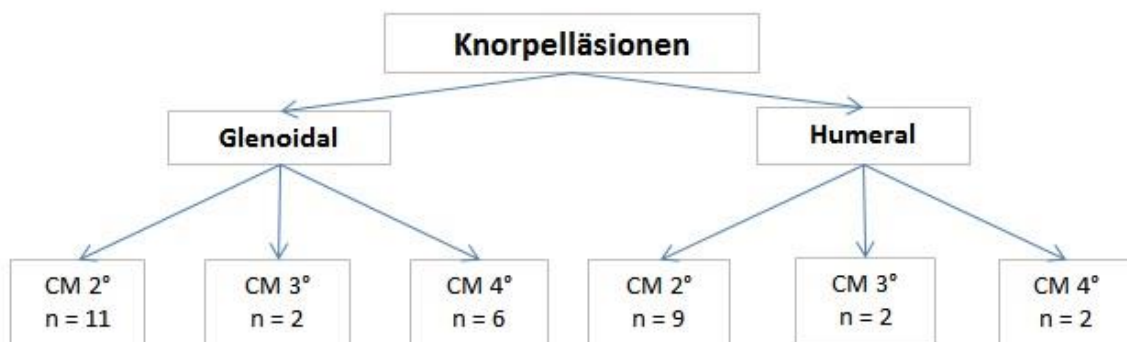


Abb. 27: Baumdiagramm Knorpelläsionen. Gesamtanzahl n = 22/46 (48 %), Doppelnennungen möglich. CM = Chondromalazie.

- Pathologien der langen Bizepssehne (LBS) wurden in 22/46 (48 %) Fällen aufgezeigt, in 4/46 (9 %) Fällen lag eine SLAP-Läsion 1° vor. Als Therapie wurde in 8/46 (17 %) Fällen ein Debridement (der LBS n = 5, des Ankers n = 3) und in 14/46 (30 %) Fällen eine Tenotomie der LBS durchgeführt. Eine bereits stattgehabte Komplettruptur war bei 3/46 (7 %) Schultern ersichtlich. Partialrupturen und Tendinitis der LBS traten vor allem bei gleichzeitig vorliegender intraartikulärer Schraubenperforation auf (n = 11). Eine Tenodese der LBS wurde bei keinem der Patienten durchgeführt (Abb. 28).

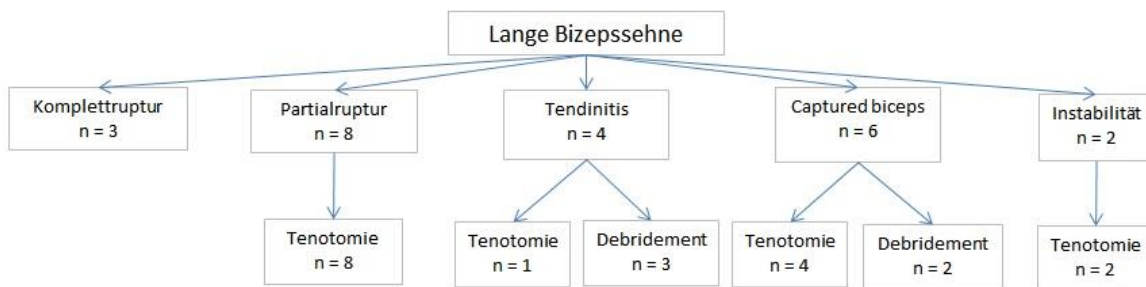


Abb. 28: Baumdiagramm mit Pathologien der langen Bizepssehne, Pathologien des Bizepssehnenankers sind nicht mit dargestellt.
Doppelnennung möglich.

- Tuberkula-Fehlstellungen wurden bei 11/46 (24 %) Schultern adressiert. Dabei wurde eine Tuberkuloplastik isoliert am Tuberkulum majus bei 6/46 (13 %) Fällen, am Tuberkulum minus bei 3/46 (7 %) Fällen und an beiden Tuberkula kombiniert bei 2/46 (4 %) Fällen durchgeführt.

Auch bei den sieben Patienten, welche vor **offener** Materialentfernung eine Arthroskopie der betroffenen Schulter erhielten, wurden intraartikuläre Begleitpathologien behandelt (Tab. 4):

- Bei allen 7/7 (100 %) Patienten erfolgte eine subacromiale Arthrolyse. Bei 4/7 (57 %) Patienten wurde eine anteroinferiore intraartikuläre Arthrolyse und bei 1/7 (14 %) Patienten eine 360°-Kapsulotomie durchgeführt.
- In 4/7 (57 %) Fällen wurden Begleitverletzungen der langen Bizepssehne und des Bizepssehnenankers adressiert, wobei zweimal nur ein Debridement erfolgte, in einem Fall eine LBS-Tenotomie und einmalig eine offene LBS-Tenodese.
- Verletzungen der Rotatorenmanschette wurden nur bei einer Patientin (14 %) beschrieben. Hier erfolgte daraufhin eine Rekonstruktion der Supraspinatussehne.
- Eine Tuberkuloplastik war bei einem Patienten (Tub. majus) (14 %) indiziert.

- Läsionen der Gelenkknorpel wurden in 3/7 (43 %) Fällen beschrieben (CM 2° - 3°), eine Chondroplastik erfolgte nur bei einem Patienten mit zweitgradigem humeroglenoidalen Knorpelschaden.

Insgesamt wurde bei 41/53 (77 %) Operationen, bei welchen vor arthroskopischer oder offener ME eine standardisierte glenohumerale Arthroskopie erfolgte, eine oder mehrere intraartikuläre Begleitpathologien adressiert.

3.3 Vergleich offen vs. arthroskopisch

3.3.1 Operationszeit

Die mittlere Schnitt-Naht-Zeit inklusive der glenohumeralen Inspektion und Therapie von Begleitpathologien betrug im Kollektiv der arthroskopischen Materialentfernung $91,4 \pm 29,6$ Minuten (47 – 187 Minuten). Die mittlere Operationszeit vom Hautschnitt bis zur Wundnaht betrug im Kollektiv der offenen ME $72,3 \pm 30,1$ Minuten (21 – 115 Minuten). Der Unterschied der Operationszeiten war nicht signifikant ($p = 0,076$).

Im Kollektiv der offenen ME erfolgte bei 7/14 (50 %) Patienten initial eine glenohumerale Arthroskopie mit Therapie von aufgefundenen Begleitverletzungen. Bei diesen zeigte sich eine verlängerte Operationszeit von $91,6 \pm 23,4$ Minuten (55 – 115 Minuten).

3.3.2 Blutverlust

Der durchschnittliche Hb-Abfall in der Gruppe der arthroskopischen ME betrug $1,03 \pm 0,88$ mg/dl (Abfall von 0 - 2,3 mg/dl), in der Gruppe der offenen ME $2,5 \pm 1,57$ mg/dl (0,6 - 4,7 mg/dl). Somit konnte ein signifikant geringerer Blutverlust beim arthroskopischen Verfahren im Gegensatz zur offenen ME ($p = 0,011$) festgestellt werden, wobei der Hb-Abfall bei der offenen ME im Durchschnitt fast 2,5-mal höher lag.

3.2.3 Intraoperative Röntgenzeit

Die intraoperative Gesamt-röntgenzeit betrug bei der arthroskopischen ME durchschnittlich $0,06 \pm 0,05$ Minuten und in der Gruppe der offene ME $0,13 \pm 0,11$ Minuten. Bildverstärker-Kontrollen wurden in der Regel nur zur Dokumentation der kompletten Materialentfernung vorgenommen, nur in Ausnahmefällen zur intraoperativen

Orientierung. Eine signifikant kürzere Gesamtstrahlendosis konnte im arthroskopisch operierten Kollektiv festgestellt werden ($p = 0,040$).

3.4 Nachuntersuchung der Patienten - Subjektive Angaben

Die klinische Nachuntersuchung der betroffenen Schultern ($n = 46$) mit arthroskopischer ME erfolgte sowohl drei, als auch zwölf Monate nach ME bei 39/46 Fällen (85 %) und 24 Monate danach bei 38/46 Fällen (83 %).

Die klinische Nachuntersuchung der Patienten ($n = 14$) mit offener ME erfolgte drei Monate nach ME bei 6/14 Patienten (43 %), sowohl zwölf als auch 24 Monate danach bei 13/14 Patienten (93 %).

3.4.1 Schmerz

In der Kategorie Schmerz gaben die Patienten nach arthroskopischer ME 24 Monate postoperativ $11,3 \pm 4,2$ Punkte von möglichen 15 Punkten (kein Schmerz) an. Patienten nach offener ME gaben nach 24 Monaten durchschnittlich $11,5 \pm 4,7$ Punkte an. Zwischen den in der Kategorie Schmerz erhobenen Werten beider Gruppen bestand kein signifikanter Unterschied ($p = 0,760$).

3.4.2 Zufriedenheit

In der Gruppe der arthroskopischen ME empfanden 79 % der befragten Patienten nach 24 Monaten eine subjektive Besserung durch die Operation. 21 % gaben einen subjektiv unveränderten Befund an. Eine zunehmende Zufriedenheit entwickelte sich über die Zeit, wobei nach drei Monaten 76 % und nach zwölf Monaten 78 % zufrieden waren.

In der Gruppe der offenen ME stellten nach 24 Monaten 69 % der Patienten eine subjektive Besserung fest. Bei 31 % der Patienten war es subjektiv zu keiner Besserung gekommen.

3.5 Nachuntersuchung der Patienten - Klinische Untersuchung

Die Patienten des offenen Kollektivs zeigten bereits präoperativ einen sichtbaren, jedoch nicht signifikanten Unterschied im gemessenen Bewegungsausmaß.

Die Anteversion war im offenen Kollektiv mit $110,0^\circ \pm 53,4^\circ$ möglich, im arthroskopischen Kollektiv mit $85,9^\circ \pm 37,4^\circ$ ($p = 0,196$). Bei der Abduktion war der Unterschied $78,9^\circ \pm 45,7^\circ$ gegenüber $76,7^\circ \pm 37,5^\circ$ ($p = 0,943$). Und bei der Außenrotation $36,7^\circ \pm 18,9^\circ$ gegenüber $29,6^\circ \pm 24,1^\circ$ ($p = 0,393$).

Einen Überblick über die Entwicklung der Bewegungsumfänge sowohl im arthroskopischen als auch offenen Kollektiv geben die Tabellen 5 und 6.

Tab. 5: Bewegungsumfang der verletzten und kontralateralen Schulter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen (ASK-Kollektiv)			
	AV [°]	Abd [°]	ARO [°]
Gesunde kontralaterale Schulter	153,5 ± 37,5	149,4 ± 40,5	68,2 ± 26,3
Verletzte Schulter prä-OP	85,9 ± 37,4	76,7 ± 37,5	29,6 ± 24,1
- 3 Monate	93,5 ± 37,2	86,8 ± 36,3	38,3 ± 26,7
- 12 Monate	112,2 ± 43,1	102,3 ± 41,3	48,2 ± 27,5
- 24 Monate	104,9 ± 45,4	96,6 ± 43,2	41,5 ± 31,0
Verhältnis verletzte / gesunde Schulter			
- 3 Monate	60,9 %	84,9 %	56,2 %
- 12 Monate	73,1 %	68,5 %	70,1 %
- 24 Monate	68,9 %	65,0 %	60,1 %

Tab. 6: Bewegungsumfang der verletzten und kontralateralen Schulter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen (offenes Kollektiv)			
	AV [°]	Abd [°]	ARO [°]
Gesunde kontralaterale Schulter	164,2 ± 19,3	155,0 ± 34,8	80,0 ± 13,2
Verletzte Schulter prä-OP	110,0 ± 53,4	78,9 ± 45,7	36,7 ± 18,9
- 3 Monate	125,8 ± 59,7	123,3 ± 62,4	74,0 ± 20,7
- 12 Monate	138,8 ± 33,1	130,8 ± 35,2	59,6 ± 21,6
- 24 Monate	129,6 ± 47,5	123,8 ± 51,6	60,0 ± 28,5
Verhältnis verletzte / gesunde Schulter			
- 3 Monate	76,6 %	79,5 %	92,5 %
- 12 Monate	84,5 %	84,4 %	74,5 %
- 24 Monate	78,9 %	79,9 %	75,0 %

3.5.1 Bewegungsumfang - Anteversion

Die Anteversion verbesserte sich in der Gruppe der arthroskopischen ME signifikant von $85,9^\circ \pm 37,4^\circ$ präoperativ auf $104,9^\circ \pm 45,4^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,048$).

Die Anteversion in der Gruppe der offenen ME verbesserte sich nicht signifikant von $110,0^\circ \pm 53,4^\circ$ präoperativ auf $129,6^\circ \pm 47,5^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,529$). Im Rahmen der 12-Monats-Untersuchung konnte eine bessere Funktion mit $138,8^\circ \pm 33,1^\circ$ aufgezeigt werden.

3.5.2 Bewegungsumfang - Abduktion

Auch die Abduktion verbesserte sich in der Gruppe der arthroskopischen ME signifikant von $76,7^\circ \pm 37,5^\circ$ präoperativ $96,6^\circ \pm 43,2^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,029$).

Die Abduktion verbesserte sich in der Gruppe der offenen ME nicht signifikant von $78,9^\circ \pm 45,7^\circ$ präoperativ auf $123,8^\circ \pm 51,6^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,123$). Im Rahmen der 12-Monats-Untersuchung war noch eine bessere Funktion mit $130,8^\circ \pm 35,2^\circ$ festgestellt worden.

3.5.3 Bewegungsumfang - Außenrotation

Die Außenrotation verbesserte sich in der Gruppe der arthroskopischen ME nicht signifikant von $29,6^\circ \pm 24,1^\circ$ präoperativ auf $41,5^\circ \pm 31,0^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,079$).

Aufgrund der geringen präoperativen Datenmenge im offenen Kollektiv konnte hier keine vergleichende Auswertung der Außenrotation erfolgen.

3.5.4 Bewegungsumfang - Innenrotation

Die Innenrotation verbesserte sich in der Gruppe der arthroskopischen ME hoch signifikant von $57,8^\circ \pm 27,1^\circ$ präoperativ auf $80,1^\circ \pm 11,9^\circ$ nach 24 Monaten ($p = 0,0005$).

Aufgrund der geringen präoperativen Datenmenge im offenen Kollektiv konnte hier keine vergleichende Auswertung der Innenrotation erfolgen.

3.5.5 Kraft

Die Kraft nahm im arthroskopischen Kollektiv von präoperativ $0,63 \text{ kg} \pm 1,15 \text{ kg}$ auf $2,32 \text{ kg} \pm 2,58 \text{ kg}$ 24 Monate postoperativ hoch signifikant zu ($p = 0,009$).

Ein ebenfalls hoch signifikanter Unterschied bestand bei der 24-Monats-Nachuntersuchung beim Vergleich des ASK-Kollektives ($2,32 \text{ kg} \pm 2,58 \text{ kg}$) vs. offenes Kollektiv ($3,45 \text{ kg} \pm 3,01 \text{ kg}$) ($p = 0,0004$).

Sowohl im ASK-Kollektiv (betroffen $2,32 \text{ kg} \pm 2,58 \text{ kg}$ vs. gesund $6,17 \text{ kg} \pm 4,11 \text{ kg}$, $p < 0,001$) als auch im offenen Kollektiv (betroffen $3,45 \text{ kg} \pm 3,01 \text{ kg}$ vs. gesund $6,13 \text{ kg} \pm 3,90 \text{ kg}$, $p = 0,009$) war 24 Monate postoperativ jedoch immer noch eine hoch signifikante Minderung der Kraft des betroffenen Arms im Vergleich zur nicht betroffenen Seite nachweisbar.

3.5.6 Constant Murley Score

Im Verlauf wurde das Studienprotokoll erweitert und der CS mitbestimmt. Daher liegt bei den präoperativen Daten ein vollständiger CS im offenen Kollektiv bei nur einer Patientin und im arthroskopischen Kollektiv bei 20 Patienten vor. Beim arthroskopischen Kollektiv stellte sich eine deutliche Besserung von präoperativ zu postoperativ dar, beim offenen Kollektiv konnte aufgrund der geringen Datenmenge kein Vergleich durchgeführt werden.

Sowohl im arthroskopischen als auch im offenen Kollektiv konnte eine deutliche Verbesserung vom 3-Monats- zum 12-Monats-Nachuntersuchungs-Zeitpunkt beobachtet werden. Zum Zeitpunkt der 24-Monats-Nachuntersuchung kam es jedoch zu keiner wesentlichen Veränderung (Abb. 29, 30).

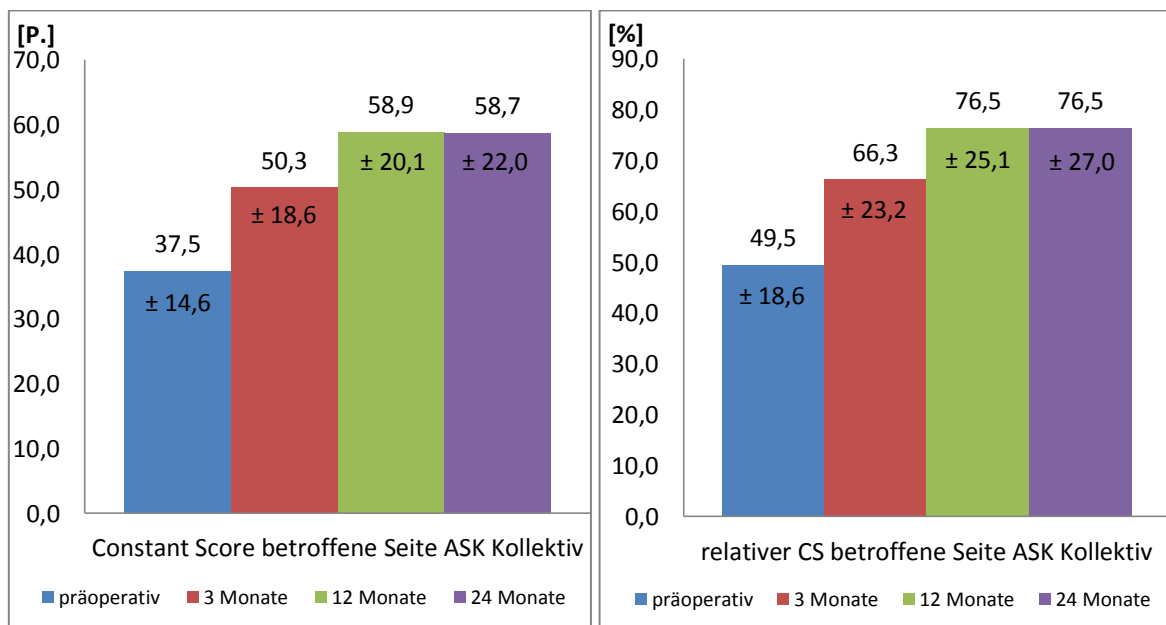


Abb. 29: Entwicklung des Constant Scores (CS) und des altersadaptierten (relativen) CS im Kollektiv der arthroskopischen ME.

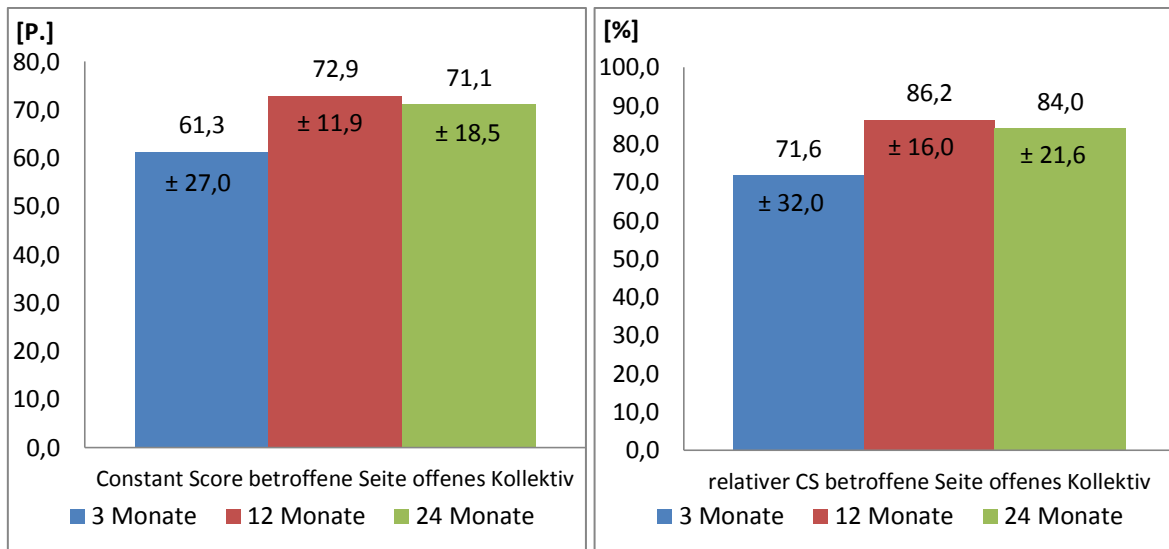


Abb. 30: Entwicklung des Constant Scores (CS) und des altersadaptierten (relativen) CS im Kollektiv der offenen ME.

Beim dem relCS konnte sowohl nach zwölf ($p = 0,264$) als auch nach 24 ($p = 0,600$) Monaten kein signifikanter Unterschied zwischen dem arthroskopischen und offenen Kollektiv festgestellt werden.

3.5.7 Simple Shoulder Test

Im Simple Shoulder Test (SST) [Lippitt et al, 1992] wurden in der Gruppe der arthroskopischen ME nach drei Monaten $7,2 \pm 3,2$ Fragen positiv beantwortet. Nach zwölf Monaten waren es $8,6 \pm 3,8$ und nach 24 Monaten $8,9 \pm 3,9$.

In der Gruppe der offene ME wurden nach drei Monaten $8,4 \pm 5,1$ Fragen positiv beantwortet. Nach zwölf Monaten waren es $10,7 \pm 1,6$ und nach 24 Monaten $9,3 \pm 3,8$. Zwischen beiden Gruppen fand sich kein signifikanter Unterschied (nach zwölf Monaten: $p = 0,212$, nach 24 Monaten: $p = 0,991$). In der Gruppe der offenen ME erreichten beide Patienten der Gruppe 2 nach 24 Monaten einen SST-Score von 12 Punkten.

3.5.8 Narben

Die durchschnittliche Gesamtlänge aller Operationsnarben betrug im arthroskopischen Kollektiv $18,3 \pm 4,6$ cm. Die durchschnittliche Gesamtlänge der Operationsnarben betrug im offenen Kollektiv $13,8 \text{ cm} \pm 3,5$ cm.

3.6 Vergleich der Indikationsgruppen

Im arthroskopischen Kollektiv wurden die drei Indikationsgruppen, sowie die Sondergruppe der Avaskulären Nekrosen (AVN) nochmals isoliert betrachtet. Bei der Auswertung der einzelnen Indikationsgruppen fand sich bei Gruppe 2 die höchste Zufriedenheit mit 100 % der befragten Patienten nach 24 Monaten, in Gruppe 1 eine durchschnittliche Zufriedenheit von 77 %. Die niedrigsten Zufriedenheitsraten waren mit 62 % in Gruppe 3 und 60 % in der Untergruppe AVN zu finden.

In allen drei Indikationsgruppen, sowie bei den Patienten mit AVN konnte eine Besserung der Anteversion und Abduktion nach 24 Monaten festgestellt werden, wobei jedoch die Besserung der Anteversion in allen Gruppen kein Signifikanzniveau erreichte (Tab. 7), und die Besserung der Abduktion nur in Gruppe 3 als signifikant anzusehen war (Tab. 8).

	AV prä-OP [°]	AV 24 Mon. [°]	Signifikanz
Gruppe 1	77,8 ± 40,0	83,9 ± 44,2	p = 0,917
Gruppe 2	103,5 ± 28,7	134,1 ± 31,2	p = 0,083
Gruppe 3	83,5 ± 37,5	102,7 ± 46,1	p = 0,120
AVN	55,0 ± 15,3	76,0 ± 38,9	p = 0,097

Tab. 7: Anteversion (AV) ASK-Kollektiv

	Abd prä-OP [°]	Abd 24 Mon [°]	Signifikanz
Gruppe 1	72,2 ± 39,2	78,2 ± 41,4	p = 0,727
Gruppe 2	88,5 ± 38,4	122,3 ± 37,9	p = 0,083
Gruppe 3	73,8 ± 35,3	94,6 ± 41,3	p = 0,038*
AVN	54,1 ± 18,5	67,5 ± 22,0	p = 0,074

Tab. 8: Abduktion (Abd) ASK-Kollektiv (* = signifikant)

Ebenfalls konnte in allen drei Indikationsgruppen und bei den Patienten mit AVN eine Besserung der Außenrotation und Innenrotation nach 24 Monaten festgestellt werden, wobei die Verbesserung der Außenrotation in Gruppe 2 (Tab. 9), der Innenrotation in Gruppe 3 und der Gruppe AVN als signifikant (Tab. 10) anzusehen war.

	ARO prä-OP [°]	ARO 24 Mon. [°]	Signifikanz
Gruppe 1	30,7 ± 25,5	25,4 ± 31,3	p = 0,289
Gruppe 2	27,5 ± 23,6	55,0 ± 22,6	p = 0,017*
Gruppe 3	30,0 ± 25,1	46,8 ± 31,9	p = 0,093
AVN	15,0 ± 13,4	19,5 ± 26,8	p = 0,800

Tab. 9: Außenrotation (ARO) ASK-Kollektiv (* = signifikant)

	IRO prä-OP [°]	IRO 24 Mon [°]	Signifikanz
Gruppe 1	56,4 ± 27,1	74,6 ± 16,4	p = 0,185
Gruppe 2	72,2 ± 21,7	82,0 ± 6,3	p = 0,374
Gruppe 3	45,6 ± 27,9	87,0 ± 4,8	p = 0,018*
AVN	41,7 ± 24,8	79,5 ± 17,4	P = 0,028*

Tab. 10: Innenrotation (IRO) ASK-Kollektiv (* = signifikant)

Bezüglich des Constant Scores konnte nach 24 Monaten ein deutlicher Unterschied der beschriebenen Untergruppen aufgezeigt werden:

- ASK-Gesamt: CS 58,7 P. ± 22,0 P. relCS 76,5 % ± 27,0 %
- Gruppe 1: CS 52,1 P. ± 19,6 P. relCS 73,3 % ± 29,2 %
- Gruppe 2: CS 72,9 P. ± 15,2 P. relCS 93,4 % ± 14,2 %
- Gruppe 3: CS 52,3 P. ± 24,7 P. relCS 64,2 % ± 27,4 %

Die Patienten der Gruppe 2 erzielten die besten Ergebnisse, der relCS war 24 Monate postoperativ bei Gruppe 2 signifikant höher als in Gruppe 1 ($p = 0,042$) und Gruppe 3 ($p = 0,009$).

Der Simple Shoulder Test zeigte in allen drei Gruppen eine deutliche Verbesserung im Vergleich drei vs. zwölf Monate postoperativ. In Gruppe 1 und 3 kam es im Vergleich von zwölf auf 24 Monate zu keiner wesentlichen Steigerung. Vor allem in Gruppe 2 war der Verlauf sehr positiv, hier erreichten die Patienten nach 24 Monaten im Durchschnitt 11 von 12 Punkten (Tab. 11).

	3 Monate	12 Monate	24 Monate
Gruppe 1	6,8 ± 3,5	8,0 ± 3,7	8,2 ± 3,9
Gruppe 2	9,0 ± 2,4	9,8 ± 3,8	11,0 ± 2,7
Gruppe 3	6,0 ± 2,9	7,9 ± 3,7	7,7 ± 4,3

Tab. 11: Ergebnisse des Simple Shoulder Tests in den drei Untergruppen des arthroskopischen Kollektivs.

3.7 Komplikationen

Zwischen Materialentfernung und Nachuntersuchung war es bei keinem der Patienten beider Gruppen zu Komplikationen im Sinne von Infektionen oder Wunddehiszenzen im Heilverlauf gekommen. Auch neu aufgetretene Nervenschädigungen zeigten sich nicht. Bei einem Patienten bestand bereits vor der ME der Verdacht auf eine Axillarisläsion, bei einem weiteren Patienten waren bereits seit der Fraktur Hypästhesien in den Fingern 1 - 3 an der betroffenen Hand aufgetreten.

Fünf Patienten erhielten nach der ME während des Nachuntersuchungs-Zeitraumes eine operative Revision, wobei in 3/46 (7 %) Fällen ein totalendoprothetischer Schultergelenksersatz und in 2/46 (4 %) Fällen eine arthroskopische Revision durchgeführt wurde. In allen fünf Fällen handelte es sich um Patienten der Indikationsgruppe 1.

Patientin 1: Bei der ME erfolgte ein frustraner Refixationsversuch der Rotatorenmanschette, wonach es zu einer Dekompensation mit Humeruskopfhochstand kam. Daher wurde fünf Monate nach ME auswärtig eine Schulter TEP implantiert.

Patient 2: Im Verlauf trat eine posttraumatische Humeruskopfnekrose mit deutlicher Deformierung des Humeruskopfes auf, woraufhin 15 Monate nach ME die Implantation einer Eclipse®-Prothese (Fa. Arthrex, Karlsfeld, Deutschland) mit kombinierter LBS-Tenodese erfolgte.

Patient 3: Bei diesem Patienten entwickelte sich eine posttraumatische komplette Humeruskopfnekrose, daher wurde 11 Monate nach ME eine Eclipse®-Prothese (Fa. Arthrex, Karlsfeld, Deutschland) implantiert.

Patient 4: Bei posttraumatischer Glenohumeralarthrose entwickelte sich im Verlauf eine Dekompensation des Humeruskopfes. Bei diesem Patienten wurde 5 Monate nach ME sekundär eine SSP-Rekonstruktion durchgeführt. Dem Patienten wurde die Implantation einer Schulter-TEP empfohlen, welche er ablehnte.

Patient 5: Drei Monate nach arthroskopischer ME wurde eine Insuffizienz der SSP-Sehne mit Dehiszenz diagnostiziert, woraufhin aufgrund der Nicht-Rekonstruierbarkeit ein Debridement durchgeführt wurde.

Zwei weiteren Patienten wurde eine dringliche Revision angeraten, welche sie bis zum Abschluss der Studie nicht durchführen ließen. Patientin 6 gehörte der Indikationsgruppe 1 an, Patient 7 gehörte zu Gruppe 3.

Patientin 6: Aufgrund einer posttraumatischen Omarthrose mit Dekompensation des Humeruskopfes und einer AVN des Tub. majus wurde die Implantation einer inversen Schulter-TEP empfohlen.

Patient 7: Etwa zwölf Monate nach arthroskopischer ME wurde aufgrund einer persistierenden Bewegungseinschränkung eine Re-Arthrolyse mit Anlage eines interskalenären Schmerzkatheters empfohlen, welche er ablehnte.

3.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend wird festgehalten, dass sich abhängig von der zugrunde liegenden Pathologie in den zu erreichenden postoperativen Ergebnissen signifikante Unterschiede zeigten. Sowohl bei der Überprüfung der Bewegungsausmaße als auch im Rahmen der Analyse des Constant Scores und des Simple Shoulder Tests fiel auf, dass Patienten aus Gruppe 2 am meisten von einer ME profitierten. Die schlechtesten Ergebnisse konnten in der Sondergruppe AVN nachgewiesen werden. Eine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse bei der 12-Monats- und 24-Monats-Nachuntersuchung war in keiner der Gruppen zu beobachten.

4. DISKUSSION

Aufgrund der relativ hohen Komplikationsraten nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus liegt auch die Rate der durchgeführten Materialentfernungen bei 6 – 10 % [Agudelo et al., 2007; Kettler et al., 2006; Lovald et al., 2011; Owsley und Gorczyca, 2008; Voigt et al., 2007]. Die Hauptursachen dafür sind intraartikuläre Schraubenlagen in etwa 8 % [Sproul et al., 2011] und subacromiales Materialimpingement in 6 % [Sproul et al., 2011]. Weitere wichtige Probleme sind persistierende Bewegungseinschränkungen und intraartikuläre Begleitpathologien, welche die Indikation zum arthroskopischen Verfahren begründen.

Als bisherige Standardtechnik zur Materialentfernung am proximalen Humerus wird die offene Operationstechnik durchgeführt [Kirchhoff et al., 2008]. In unserer Klinik entwickelten wir im Jahr 2009 eine arthroskopische Operationstechnik zur Materialentfernung und gleichzeitigen Therapie intraartikulärer Begleitverletzungen, welche 2010 erstmalig publiziert wurde [Voigt et al., 2010b]. Zu dieser Operationstechnik führten wir eine prospektive Studie zur Erfassung der Ergebnis- und Komplikationsanalyse durch und verglichen diese der „klassischen“ offenen Operationstechnik.

4.1 Welches sind die Indikationen für die arthroskopische ME nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen?

Die Indikation zur arthroskopischen ME erfolgte vor allem bei Bewegungseinschränkungen und materialbedingten Komplikationen. Anhand der zugrundeliegenden Pathologien, aufgrund welcher eine arthroskopische ME notwendig war, konnten die Patienten entsprechend der Indikationen in drei verschiedene Untergruppen aufgeteilt werden:

- Gruppe 1: Schraubenperforationen
- Gruppe 2: Materialimpingement
- Gruppe 3: Posttraumatische / Postoperative Schultersteife ohne Materialkomplikation.

Die Gruppen wurden entsprechend zuvor beschriebener häufiger Einflussfaktoren ausgewählt [Clavert et al., 2010; Lee und Shin, 2009], da alle drei Entitäten die Funktion und das Outcome einer operativ versorgten proximalen Humerusfraktur deutlich negativ beeinflussen. Neben den genannten Gruppen ist auch eine häufig beobachtete (74 %)

intraartikuläre Begleitpathologie relevant und stellt daher eine Indikation zur arthroskopischen Revision dar.

Alle im Rahmen dieser Studie prospektiv erfassten Patienten konnten einer dieser drei Gruppen zugeordnet werden. Im Rahmen der Studie bestätigte sich, dass diese vorliegenden Pathologien für einen verzögerten bzw. komplizierten Heilverlauf ursächlich waren. Damit wurden die Hauptindikationen zur arthroskopischen ME anhand dieser Gruppen-Einteilung abgedeckt. Die aufgrund dieser Entitäten vorliegende Bewegungseinschränkung stellte die Indikation zur Durchführung der arthroskopischen intraartikulären Arthrolyse bzw. Kapsulotomie dar, welche bei der offenen Operation nicht möglich ist.

Die Indikation zur offenen ME wurde vorrangig bei Patienten gestellt, welche keinen Hinweis auf eine intraartikuläre Begleitpathologie hatten und auch keine wesentliche Bewegungseinschränkung vorwiesen. Hier stellte der Wunsch nach der ME bei Patienten ohne relevante Bewegungseinschränkung die häufigste Indikation zur offenen ME ohne vorherige Arthroskopie dar.

4.2 Welche Ergebnisse werden nach der arthroskopischen ME erzielt?

Entsprechend unserer zuvor bestehenden Einschätzung kam es durch die arthroskopische Revisions-Operation zu einer signifikanten Verbesserung der Anteversion, Abduktion und Innenrotation. Die Außenrotation konnte trotz der durchgeführten Arthrolysen tendenziell, nicht signifikant verbessert werden. Eine Funktionsverbesserung von durchschnittlich 20° bei der Anteversion und Abduktion und etwa 10° bei der Außenrotation waren zu beobachten. Auch bei der Auswertung des altersadaptierten (relativen) Constant Scores zeigte sich eine deutliche Besserung der gesamten objektivierbaren Schulterfunktion. Eine subjektive Verbesserung zum Befund vor der ME gaben nach arthroskopischer ME 79 % an. Der Schmerz wurde nach 24 Monaten mit durchschnittlich $11,3 \pm 4,2$ Punkten von möglichen 15 Punkten als gering angegeben.

Nur sehr wenige Studien existieren über Ergebnisse und Komplikationen nach Materialentfernungen. In einer Studie in Großbritannien trat nach Metallentfernungen eine Komplikationsrate von 20% auf [Sanderson et al., 1992]. Als häufigste postoperative Komplikationen wurden in einer Befragung niederländischer Chirurgen Wundinfektionen, unangenehme Narbenbildung und postoperative Blutungen angegeben [Vos et al., 2012].

Weitergehende Studien zur Beurteilung von Vor- und Nachteilen belassener Osteosynthesematerialien und zur Effektivität und Komplikationsrate bei MEs werden gefordert.

Bisher gibt es insbesondere nur wenige Studien, welche Ergebnisse nach Materialentfernung am proximalen Humerus liefern. Kirchhoff et al. untersuchten von 2003 bis 2007 die kurzfristigen klinischen Ergebnisse nach offener Entfernung von winkelstabilen Platten am proximalen Humerus. Hierbei wurden 59 Patienten drei und sechs Monate postoperativ nachuntersucht, wobei sich ein signifikanter Anstieg des relCS von $66,2 \% \pm 25,2 \%$ präoperativ auf $84,3 \% \pm 20,6 \%$ sechs Monate postoperativ zeigte [Kirchhoff et al., 2008]. Hierbei wurden jedoch nur Patienten mit materialbedingtem subacromialen Impingement, persistierendem Rotationsdefizit und mit dem Wunsch der Materialentfernung eingeschlossen. Patienten mit Schraubenperforationen, avaskulärer Humeruskopfnekrose und Infektion wurden nicht untersucht. Gerade diese Patientengruppen zeigten in dieser Studie jedoch die gemessen am CS schlechtesten Ergebnisse, weshalb ein direkter Vergleich dieses Gesamtkollektivs mit dem von Kirchhoff et al. nicht sinnvoll ist. Des Weiteren unterschieden die beiden Studien sich hinsichtlich des Altersdurchschnittes der Patienten, der bei uns mit $58,9 \pm 12,4$ Jahren gegenüber 55 ± 14 Jahren etwas höher lag.

Bei Kirchhoff et al. lagen zwischen Frakturversorgung und Materialentfernung durchschnittlich $15,2 \pm 3,8$ Monate. Im Rahmen der Nachuntersuchung dieser Studie wurde die Materialentfernung arthroskopisch nach $9,4 \pm 8,3$ Monaten und offen nach $12,3 \pm 6,1$ Monaten durchgeführt.

Die These von Kirchhoff et al., dass bei einem persistierendem Rotationsdefizit die zusätzlich durchgeführte Arthrolyse und nicht allein die Materialentfernung zu signifikanten Verbesserungen führt, können wir durch unsere Beobachtungen unterstreichen. Die Patientengruppe mit einem persistierenden signifikanten Außenrotationsdefizit erreichte nach offener Arthrolyse die geringste Verbesserung (relCS nach 6 Monaten $84,9 \% \pm 14,3 \%$) der drei Untergruppen (Gruppe der materialbedingten ME: relCS nach 6 Monaten $92,3 \% \pm 14,3 \%$; Gruppe mit Patientenwunsch nach ME $98,2 \% \pm 8,4 \%$) [Kirchhoff et al., 2008]. Eine Arthrolyse und Kapsulotomie sind jedoch arthroskopisch besser als offen möglich und sind daher besonders bei Patienten mit Schultersteife essentiell [Katthagen et al., 2012b].

In einer retrospektiven Studie aus Frankreich wurden 2014 die Ergebnisse nach Anwendung der arthroskopischen Operationstechnik an 11 Patienten veröffentlicht [Maqdes et al., 2014]. Hier zeigte sich, dass durch die arthroskopische Entfernung der

winkelstabilen Platten am Humerus und die glenohumerale Arthrolyse eine signifikante Besserung aller funktionellen Parameter erreicht werden konnte. Im Vergleich der präoperativen und postoperativen Daten kam es zu einer signifikanten Verbesserung des Constant-Scores, der Schulterabduktion, der Anteversion und der Außenrotation [Maqdes et al., 2014].

Im Vergleich zu der Studie von Maqdes et al. sind direkte Vergleiche nur eingeschränkt möglich, da es sich um ein sehr kleines Kollektiv von nur 11 Patienten mit einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von $17,7 \pm 23,4$ Monaten handelte [Maqdes et al., 2014]. Das Patientenkollektiv unterschied sich auch im durchschnittlichen Alter, welches etwas niedriger als bei dieser Studie war ($54,6 \pm 10,6$ Jahre gegenüber $58,9 \pm 12,4$ Jahre). Die Einschlusskriterien sind mit der vorliegenden Studie vergleichbar, da hier Patienten mit intraartikulärer Schraubenlage und / oder Osteonekrose einbezogen wurden. Als Hauptkriterium zur ASK wurde eine Schultersteife 6 Monate nach der Frakturversorgung trotz intensiver Physiotherapie genannt. Bei 5/11 Patienten lag laut den Autoren bereits eine Osteonekrose vor, womit der Anteil am Gesamtkollektiv (45 %) deutlich höher als in dieser Studie (26 %) lag. Die von dieser Studie festgestellten Ergebnisse, dass bei einer avaskulären Nekrose die schlechtesten Ergebnisse nach ME erzielt werden konnten, bestätigten sich auch hier [Maqdes et al., 2014]. Die Operationsdauer bei Maqdes et al. ($105 \pm 10,5$ Minuten) war trotz der geringen Anzahl an Therapien von intraartikulären Begleitpathologien deutlich höher als in der Gruppe der arthroskopischen MEs dieser Studie ($91,4 \pm 29,6$ Minuten).

4.2.1 Arthroskopische ME in Abhängigkeit von der primären Indikation

Da aus früheren Studien ein starker Einfluss der verschiedenen Operationsindikationen auf den gemessenen Constant Score bekannt ist [Clavert et al., 2010; Lee und Shin, 2009], erschien eine Aufteilung des Patientenkollektivs dieser Studie in drei Untergruppen als klinisch relevant. In Gruppe 1 führten Schraubenperforationen, in Gruppe 2 ein Materialimpingement und in Gruppe 3 eine postoperative Schultersteife zur Revisionsoperation.

Bei dem Vergleich des relCS der drei Untergruppen des arthroskopischen Kollektivs nach 24 Monaten zeigt sich, dass in Gruppe 2 signifikant bessere Ergebnisse erzielt wurden als in Gruppe 1 ($p = 0,042$) und Gruppe 3 ($p = 0,009$). Zwischen Gruppe 1 und 3 war der Unterschied nicht signifikant ($p = 0,419$). Hieraus kann geschlussfolgert werden, dass signifikant schlechtere Ergebnisse bei Schraubenperforation und postoperativer Schultersteife (schlechteste Ergebnisse im Constant Score) zu erwarten sind.

Ein subacromiales Materialimpingement ist als prognostisch günstiger anzusehen. Obwohl es sich bei einer Schraubenperforation um eine schwerwiegende mechanische Komplikation mit häufigen Begleitpathologien handelt, wurden in diesem Kollektiv relativ gute Ergebnisse nach ME erzielt. Im Vergleich zu Patienten mit postoperativer Schultersteife ohne Materialkomplikation konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Bei Patienten mit postoperativer Schultersteife zeigte sich sogar ein schlechteres Ergebnis der Schulterfunktion als bei Patienten mit Schraubenperforationen. Daraus ist abzuleiten, dass sich eine Schultersteife negativ auf das Resultat auswirkt.

Gegebenenfalls kann bei nur einer überstehenden Schraube eine Arthroskopie mit Entfernung der betroffenen Schraube unter Belassen der restlichen Platte und Schrauben erfolgen. Allerdings müssen durch die Schraubenperforation bedingte Begleitpathologien / -läsionen, insbesondere Knorpelläsionen, ausgeschlossen beziehungsweise therapiert werden. Da in 7 von 10 Fällen, bei denen ein dritt- oder viertgradiger Knorpelschaden aufgezeigt werden konnte (glenoidaler CM 4° n = 5), auch eine intraartikuläre Schraubenlage vorlag, bestätigte sich hier die Annahme von Jost et al., dass überstehende Schrauben das Glenoid schädigen [Jost et al., 2013].

Nach Materialimpingement gab es die höchsten, bei postoperativer Schultersteife ohne Materialkomplikation und bei AVN die niedrigsten Zufriedenheitsraten. Auch bei der Analyse des relCS fällt vor allem ein überdurchschnittlich gutes Ergebnis bei den Patienten mit Materialimpingement auf. Der SST brachte in Gruppe 2 ebenfalls die besten Ergebnisse. Diese Patientengruppe profitierte von der Materialentfernung am meisten und erreichte gute bis exzellente klinische Ergebnisse, da das mechanische Problem nach der ME behoben war. Hiermit wird die Ansicht von Ricchetti et al. bestätigt, dass es sich beim isolierten subacromialen Platten-Impingement ohne Schraubenperforation um eine geringfügige Komplikation handelt [Ricchetti et al., 2010].

4.2.2 Komplikationen und Folgeeingriffe nach arthroskopischer ME

In der Studie von Maqdes et al. musste bei zwei Patienten mit AVN im Verlauf eine Hemiarthroplastik aufgrund residueller Schmerzen und Bewegungseinschränkungen durchgeführt werden [Maqdes et al., 2014]. Auch in dieser Untersuchung trat diese Komplikation in 3/46 (7 %) Fällen im ASK-Kollektiv auf.

Die höchste Rate an Folgeeingriffen fand sich in der Gruppe 1. Hier musste bei drei Patienten bis zum 24-Monats-Zeitpunkt eine Schulter-TEP implantiert werden. Bei zwei weiteren Patienten wurde die Indikation zur Schulter-TEP-Implantation gestellt, welche

jedoch von den Patienten noch abgelehnt wurde. Als Ursachen für die durchgeführten Revisionen lagen zweimalig eine Humeruskopfnekrose und einmal eine Dekompensation mit Humeruskopfhochstand nach nicht eingeeilter RM-Refixation vor. Als Ursache für die empfohlenen Revisionen lagen einmal eine partielle AVN mit Dekompensation des Humeruskopfes und einmal eine Dekompensation mit Humeruskopfhochstand nach nicht eingeeilter RM-Refixation vor.

Auch die zwei arthroskopischen Revisionen, welche im arthroskopischen Kollektiv durchgeführt wurden, waren der Gruppe 1 zuzuordnen. Hier entwickelte sich in einem Fall nach der ME eine insuffiziente SSP-Sehne, deren operativer Rekonstruktionsversuch drei Monate nach ME nicht möglich war. In dem weiteren Fall erfolgte fünf Monate nach ME eine SSP-Rekonstruktion.

Neurovaskulären Komplikationen traten in dieser Studie keine auf. Insbesondere wurde klinisch keine neu aufgetretene Läsion des Nervus axillaris nach durchgeführter ME diagnostiziert. Sowohl bei der initialen Osteosynthese als auch in gleichem Ausmaße bei der ME besteht die Gefahr einer Axillarisläsion, da der Nerv die Osteosynthesenplatte typischerweise auf Höhe des ersten Schraubenloches im Schaftbereich kreuzt [Röderer et al., 2007]. Die arthroskopische Operationstechnik weist den entscheidenden Vorteil auf, den Nerven visualisieren und schonen zu können.

4.3 Ergebnisse der arthroskopischen versus offenen ME im eigenen Kollektiv

Die ersten von unserer Studiengruppe veröffentlichten Daten aus dem Vergleich der beiden Operationsverfahren verdeutlichten, dass die postoperativen Ergebnisse nach arthroskopischer ME vergleichbar mit den Resultaten nach offener ME waren [Kathagen et al., 2012a]. Dabei zeigten sich jedoch die Vorteile des minimal-invasiven Verfahrens mit niedrigerem Blutverlust, verringerter Röntgenzeit und der Möglichkeit der Therapie intraartikulärer Begleitverletzungen. Ab dem Zeitpunkt der Analyse dieser Daten, kamen wir aufgrund der ersichtlichen Vorteile zu der Überzeugung, dass wir zur ME winkelstabiler Platten am proximalen Humerus in der Regel indikationsabhängig vorwiegend die arthroskopische Operationstechnik einsetzten.

Aus diesem Grund handelte es sich im Rahmen dieser aktuellen Studie bei dem Kollektiv der offenen ME nur um eine sehr kleine Vergleichs-Gruppe (n (offen) = 14, n (ASK) = 46). Die offene ME wurde nur noch bei speziellen Indikationen (z. B.

Narbenkorrektur der initialen Operationsnarbe bei Patienten ohne Bewegungseinschränkung) oder dem Scheitern der arthroskopischen ME aufgrund mechanischer Probleme durchgeführt. Die Größe des offenen Kollektivs ließ nur begrenzte statistische Aussagen zu. Trends konnten jedoch erkannt und beschrieben werden.

Die Vergleichbarkeit der beiden Kollektive war eingeschränkt möglich, da beim offenen Kollektiv aufgrund des jüngeren Durchschnittalters die gesunde, nicht betroffene Gegenseite in der Regel ebenfalls deutlich besser beweglich war. Außerdem ist ein Vergleich kritisch zu betrachten, da sowohl die Kollektivgröße unterschiedlich war als auch die Kombination der Therapieverfahren (ergänzende Arthroskopie vor offener ME) eine Limitierung darstellt.

Um die Frage nach Überlegenheit der offenen oder arthroskopischen Materialentfernung sicher beantworten zu können, wäre ein größeres Kollektiv an offenen MEs und vor allem eine vergleichbare Verteilung der zugrunde liegenden Indikationen (Schraubenperforation, Materialimpingement oder postoperative Schultersteife) notwendig. Außerdem müsste für einen Vergleich der Verfahren in der Gruppe des offenen Vorgehens von einer vorhergehenden Arthroskopie abgesehen werden, wobei dies nach aktuellen Erkenntnissen medizinisch nicht zu rechtfertigen ist.

Eine subjektive Verbesserung zum Befund vor der ME gaben nach arthroskopischer Vorgehensweise 79 % und nach offener 69 % an. Jedoch muss hierbei in Betracht gezogen werden, dass die präoperativ vorhandene Schulterfunktion im Kollektiv der offenen ME deutlich weniger eingeschränkt war als in der Arthroskopiegruppe, wodurch das geringere Ausmaß der subjektiven Verbesserung postoperativ zu erklären ist.

Sowohl die Anteversion, als auch die Abduktion und Innenrotation ließen sich im arthroskopischen Kollektiv postoperativ signifikant steigern. Ferner verbesserte sich hier auch die Außenrotation, allerdings nicht signifikant. Im offenen Kollektiv besserten sich ebenfalls die Werte aller Bewegungsausmaße, welche aufgrund des kleinen Kollektivs jedoch nicht als signifikant einzustufen waren. Eine Funktionsverbesserung der Anteversion von durchschnittlich 20° war in beiden Kollektiven zu beobachten, jedoch von einer unterschiedlich vorbestehenden Funktion ausgehend. Der subjektiv empfundene Schmerz wurde in beiden Gruppen nach 24 Monaten mit etwa 11 ± 4 Punkten (von 15 Punkten) angegeben und kann als leichter Schmerz eingestuft werden.

Bei zwei Patienten (Gruppe 1: n = 1; Gruppe 3: n = 1), bei welchen eine offene Materialentfernung durchgeführt wurde, wäre aus unserer Sicht retrospektiv betrachtet aufgrund der ausgeprägten Bewegungseinschränkung eine zusätzliche Arthroskopie vor

der ME oder eine arthroskopische ME sinnvoll gewesen. Diese Operationen wurden jedoch sehr früh zu Beginn dieser Studie durchgeführt, so dass damals die Indikation zur neu entwickelten arthroskopischen OP-Technik noch weniger großzügig gestellt wurde. Falls es im Rahmen der ASK-Technik zu Problemen kommt, ist jederzeit ein Wechsel auf die offene Technik möglich, wie es auch aus diesem Grund in vier Fällen bei dieser Studie erfolgt ist.

Anzumerken ist, dass bei der arthroskopischen ME die Narben-Gesamtstrecke trotz des minimal-invasiven Verfahrens insgesamt länger ausfiel als bei der rein offenen OP-Technik. Dies ist jedoch auf unterschiedliche Gruppengrößen sowie mögliche systematische Fehler zurückzuführen. In dieser Studie wurde bei der Narbenmessung nicht differenziert, wie groß die Narbenstrecke nur von der ME war und wieviel auf die ursprüngliche Osteosynthese zurückzuführen war.

Die Dauer der offenen Operationen lag mit durchschnittlich 72 Minuten deutlich unter der mittleren Zeit von 91 Minuten beim arthroskopischen Vorgehen, fiel jedoch länger aus als initial bei einem offenen Operationsverfahren zu erwarten gewesen wäre. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei sieben der Patienten eingangs eine Arthroskopie erfolgte, wodurch sich in dieser Untergruppe eine Operationszeit von durchschnittlich 91 Minuten ergab.

Die arthroskopische ME erfolgte im Vergleich zur offenen Operation im Durchschnitt drei Monate früher nach der initialen Frakturversorgung ($9,4 \pm 8,3$ Monate vs. $12,3 \pm 6,1$ Monate). Hierauf lässt sich eventuell unter anderem zurückführen, dass die Beweglichkeit vor der ME bei den Patienten mit offener ME deutlich besser war, da die Rehabilitation und eventuelle krankengymnastische Beübung weiter fortgeschritten war, oder dass die Indikationen beider Kollektive unterschiedlich waren.

Beim arthroskopischen Verfahren konnte eine signifikante Verringerung des Blutverlustes (Reduktion des Hb-Abfalles um etwa 60 %) festgestellt werden, was auf den weichteilschonenderen Eingriff im Rahmen der arthroskopischen ME zurückzuführen ist. Weiterhin ist als vorteilhaft anzusehen, dass weniger innere Vernarbungen sowie weniger neue intraartikuläre Verklebungen als bei der offenen OP auftreten. Außerdem stellte sich auch eine signifikante Verkürzung der Gesamtröntgenzeit auf etwa die Hälfte im Vergleich zum offen operierten Kollektiv dar. Diese Aspekte sind als deutliche Vorteile des minimal-invasiven Verfahrens zu werten.

4.3.1 Wird das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht als nach offener ME?

Im Rahmen der Studie konnte nicht aufgezeigt werden, ob das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht wurde als nach offener ME. Eine detaillierte Beantwortung der Frage ist anhand der erhobenen Daten nur sehr begrenzt möglich. Hierzu wäre es nötig gewesen, nach der Operation in engeren Zeiträumen die Daten zu erheben. Vor allem wäre eine früh-postoperative Nachuntersuchung noch im Rahmen des stationären Aufenthaltes sinnvoll. Außerdem wäre eine Beurteilung der Schmerzintensität als auch der Schmerzmitteleinnahme bzw. die regelmäßige Anwendung eines interskalenären Schmerzkatheters als begleitende Faktoren direkt postoperativ sinnvoll gewesen.

Bei der Betrachtung der Bewegungsausmaße und des relCS war das Endergebnis in beiden Kollektiven nach zwölf Monaten erreicht. Im Vergleich von drei zu zwölf Monate postoperativ ist jeweils eine deutliche Verbesserung erzielt worden. Die Verläufe der CS-Entwicklung ähnelten sich in beiden Kollektiven (Abb. 29, 30). Beim Vergleich der Daten nach zwölf und 24 Monaten zeigte sich in beiden Kollektiven eine Stagnation der funktionellen Ergebnisse.

Nach einem Zeitraum von länger als einem Jahr zeigte sich keine wesentliche Verbesserung der Ergebnisse. Daher ist davon auszugehen, dass nach einem Jahr nach der Materialentfernung in der Regel das Endergebnis erreicht ist. Bei ausbleibender Besserung der klinischen Funktion nach Materialentfernung, erscheint es sinnvoll, bereits ein Jahr postoperativ über weitere Therapieoptionen zu entscheiden.

4.4 Wie hoch ist die Rate an therapiebedürftigen Begleitverletzungen und notwendigen Kapsulotomien?

Im arthroskopisch operierten Kollektiv wurden neben Durchführung der ME in 34/46 (74 %) Fällen Begleitpathologien therapeutisch adressiert. Auch bei den offen operierten Patienten erfolgte dies in allen 7/7 (100 %) Fällen, jedoch im Rahmen einer vor die ME gestellten glenohumeralen Arthroskopie. Bei einem rein offenen Vorgehen besteht eine solche Möglichkeit der therapeutischen Intervention nicht.

Dines et al. beschrieben, dass Sie standardmäßig nur das posteriore Portal und ein erweitertes laterales Portal verwendeten und nur bei der Notwendigkeit, intraartikulär eine Therapie durchführen zu müssen, einen weiteren Zugang im anterioren Rotatorenintervall-

Portal hinzufügten [Dines et al. 2010]. Aufgrund der hohen Rate intraartikulärer Begleitpathologien in diesem Kollektiv wurde standardmäßig das anteriore, posteriore und anterolaterale Portal verwendet.

Eine Therapie subacromialer Adhäsionen, welche sowohl offen als auch arthroskopisch gut zugänglich sind, erfolgte mittels Arthrolyse im ASK-Kollektiv in 43/46 (93 %) Fällen sowie bei der offenen ME in 10/14 (71 %) Fällen. Am häufigsten wurden im arthroskopischen Kollektiv intraartikuläre Arthrolysen / Kapsulotomien (67 %) und Behandlungen von Therapien an der langen Bizepssehne (48 %) durchgeführt. In 39 % erfolgte eine 360°-Arthrolyse. Daher ist die Arthroskopie zur Behandlung klinisch relevanter intraartikulärer Begleitpathologien und zur intraartikulären Arthrolyse als optimales Verfahren anzusehen, wobei zugleich die Platte über ein Operationsportal entfernt werden kann.

Die Häufigkeit der diagnostizierten intraartikulären Begleitpathologien und die damit verbundene klinische Relevanz unterstrichen den Stellenwert des arthroskopischen Verfahrens mit der Möglichkeit der gleichzeitigen Therapie bei nicht zufrieden stellendem Verlauf nach Plattenosteosynthese einer proximalen Humerusfraktur. Die Rate der therapiebedürftigen intraartikulären Begleitverletzungen liegt mit 74 % sehr hoch.

Der große Unterschied in der Studie von Maqdes et al. und dieser Untersuchung zeigte sich bei den intraartikulären Begleitpathologien. Außer einer glenohumeralen Arthrolyse aufgrund glenohumeraler Steife wurden bei den 11 Patienten keine weiteren konkomitierenden Schulterläsionen diagnostiziert oder behandelt [Maqdes et al., 2014]. Das Fehlen der intraartikulären Begleitpathologien bei Maqdes et al. ist vermutlich auf das vergleichbar kleine Patientenkollektiv zurückzuführen [Maqdes et al., 2014].

Da die Beschwerden nach proximaler Humerusfraktur sehr oft auf einer Kombination mehrerer Pathologien beruhen, sollte bei der ME insbesondere darauf geachtet werden. Häufig sind dabei Veränderungen der Bizepssehne, insbesondere des „Pulleys“ für ein unspezifisches Beschwerdebild mitverantwortlich.

Bereits frühere Studien haben eine erhöhte Prävalenz von RM-Läsionen nach proximalen Humerusfrakturen aufgezeigt [Bahrs et al., 2010; Scheibel, 2011]. Bei proximalen Humerusfrakturen zeigten sich in kernspintomographischer Bildgebung bei 23 - 40 % der Patienten bereits initial Rotatorenmanschettenläsionen [Gallo et al., 2007; Voigt et al., 2010a]. In der vorliegenden Studie fanden sich im ASK-Kollektiv bei 30 % der Patienten Pathologien im Sinne von Partialrupturen oder ausgeprägten Vernarbungen an der Rotatorenmanschette.

In der Literatur finden sich Berichte über verschiedene Begleitpathologien nach proximalen Humerusfrakturen und die Empfehlung, dass es wichtig sei, die Weichteil-Pathologien bei radiologisch harmlos aussehenden Frakturen nicht zu unterschätzen [Schai et al, 1999]. Die Bewegungseinschränkung ist in vielen Fällen auf intraartikuläre Adhäsionen und eine posttraumatische Kapselfibrose zurückzuführen, welche durch eine arthroskopische Arthrolyse gezielt gelöst werden können. Im Gesamtkollektiv zeigte sich jedoch keine signifikante Besserung der Außenrotation, obwohl regelmäßig eine Arthrolyse durchgeführt wurde. Auch bezüglich der Abduktion konnte eine nicht so ausgeprägte Besserung durch die Operation erreicht werden wie ursprünglich erwartet. Obwohl der Großteil der Patienten eine arthroskopische Arthrolyse und sogar 39 % des ASK-Kollektivs eine 360°-Kapsulotomie erhielten, ist davon auszugehen, dass das Ausmaß der Arthrolysen zu geringfügig durchgeführt wurde. Der Fokus sollte bei der operativen Revision eines komplizierten Heilverlaufs nach winkelstabiler Plattenosteosynthese bei proximalen Humerusfrakturen vor allem vermehrt auf ein sorgfältiges kapsuläres Release und eine forcierte Besserung der Abduktion und Außenrotation gelegt werden. Hierzu sollte vor allem eine Arthrolyse im Rotatorenintervall sowie anterior und anteroinferior erfolgen [Katthagen et al., 2012b]. Dies ist im Rahmen einer offenen Revision nicht in dem Maß möglich. Auch in der Nachbehandlung im Rahmen der Physiotherapie ist vor allem eine Beübung dieser Bewegungsmuster zu beachten.

Falls es trotz der ausführlichen Arthrolyse und einer intensiven Nachbehandlung zu einer weiterhin nicht zufrieden stellenden Schulterfunktion kommen sollte, wird empfohlen, nach Zeichen einer AVN des Humeruskopfes zu suchen, da diese ein wichtiger Indikator für schwerwiegende bleibende Einschränkungen ist. Bereits Greiner et al. beschrieben, dass 45 Monate nach einer winkelstabilen Plattenosteosynthese 19 % der Patienten Zeichen einer AVN entwickelt hatten, welche mit einem signifikant schlechteren CS einher gingen [Greiner et al., 2009].

Vor allem bei Patienten mit einer postoperativen Schultersteife wird anhand der vorliegenden Studienergebnisse nach ME die sofortige und intensive postoperative Physiotherapie, möglichst unter der Verwendung eines interskalenären Schmerzkatheters, empfohlen. Hierbei sollte eine intensive Beübung der Schultergelenksbeweglichkeit frühfunktionell ohne Einschränkungen stattfinden. Als sinnvoll erscheint es, bei Anwendung der arthroskopischen ME auf eine intensive postoperative Nachbehandlung zu achten, möglichst zu Beginn unter stationären Bedingungen.

Die in anderen Studien erwähnten Raten von bis zu 50 % einer sekundären Schulter-TEP bei komplizierten Verläufen nach plattenosteosynthetisch versorgter proximaler Humerusfraktur konnte nicht bestätigt werden [Jost et al., 2013]. Bei uns lag die Rate 24 Monate nach operativer Revision bei 7 %, wobei weiteren 4 % eine TEP-Implantation angeraten wurde.

4.5 Können Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis festgelegt werden?

Im Laufe der Studie stellte sich zunehmend heraus, dass bestimmte Pathologien vermehrt mit einem schlechten Outcome einhergehen. Sowohl eine postoperative Schultersteife ohne mechanische Ursache als auch das Vorliegen einer avaskulären Nekrose (AVN) des Humeruskopfes gingen mit den schlechtesten Ergebnissen einher.

Die Patienten mit einer dokumentierten AVN erreichten außer dem signifikant niedrigeren relCS auch in der Auswertung der verschiedenen Bewegungsausmaße in allen Richtungen die schlechtesten Ergebnisse. Patienten, bei welchen eine AVN nachgewiesen wurde, sollten darauf hingewiesen werden, dass keine deutliche Verbesserung der Funktion im Verlauf zu erwarten ist. Hier sollte frühzeitig auch eine mögliche Indikation zur TEP-Implantation diskutiert werden.

Unter den drei primär aufgestellten Indikationsgruppen des ASK-Kollektives stellte sich heraus, dass die Verbesserungen der Schulterfunktion in Gruppe 3 deutlich geringer ausfielen als erwartet. Zwar verbesserten sich die Abduktion und Innenrotation signifikant im Gegensatz zur Anteversion und Außenrotation, allerdings lag der relCS nach 24 Monaten immer noch im nicht zufrieden stellenden Bereich. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse ist eine differenzierte Operationsaufklärung der Patienten vor der ME möglich. Dabei sollte darauf hingewiesen werden, dass unterschiedliche Ergebnisse in Abhängigkeit von der Indikation erreichbar sind.

Dementsprechend litten viele Patienten mit postoperativer / posttraumatischer Schultersteife ohne vorliegenden Materialkomplikation trotz arthroskopischer ME unter persistierenden Beschwerden. Vor allem in diesen Fällen sollte die intraartikuläre Arthrolyse sorgfältig und umfassend durchgeführt werden, da es durch eine gezielte Teilkapsulotomie oder 360°-Kapsulotomie zu einer Besserung des Bewegungsausmaßes kommt.

4.6 Stärken und Schwächen der Studie

Als Limitierungen dieser Studie sind anzunehmen, dass nicht alle Patienten, welche in unserer Klinik eine winkelstabile Plattenosteosynthese bei proximaler Humerusfraktur erhielten, nachuntersucht werden konnten. Dadurch kann es vorkommen, dass manche Patienten, welche unter persistierenden Beschwerden litten, in einer anderen Klinik eine ME bekamen. Die Compliance der Patienten und die Intensität der Nachbehandlung nach der operativen Revision wurden in dem Studienprotokoll nicht berücksichtigt.

Außerdem kann kein direkter Vergleich zwischen arthroskopischem und offenem Kollektiv durchgeführt werden, da sich die Kollektive sowohl in Anzahl der Patienten, als auch in Durchschnittsalter und Indikationsspektrum zur ME unterschieden. Die Patienten im offenen Kollektiv waren deutlich jünger. Als Hauptindikation zeigten sich hier die Bewegungseinschränkungen ohne mechanische Ursache (\triangleq Gruppe 3). Bei dem arthroskopischen Kollektiv war das Indikationsspektrum relativ homogen auf die drei Gruppen verteilt. Außerdem lag im offenen Kollektiv zum Zeitpunkt der ME bei keinem Patienten eine AVN vor, im arthroskopischen Kollektiv immerhin bei 26,1 %. Eine Kontrollgruppe, bei welcher keine operative Revision, sondern eine konservative Therapie bei den von uns gestellten Indikationen durchgeführt wurde, existierte nicht.

Weiterhin ist als Einschränkung zu sehen, dass die Operationstechnik nicht für jeden Operateur geeignet ist. Um diese Methode anzuwenden, ist eine Erfahrung mit arthroskopischen Eingriffen notwendig.

Bei der hier beschriebenen Operationstechnik handelt es sich um ein neu entwickeltes Verfahren. Dadurch besteht erstmalig die Möglichkeit, intraartikuläre Begleitverletzungen im Rahmen der Materialentfernung zu diagnostizieren und zu behandeln. Außerdem ist im Gegensatz zur offenen Methode erstmals eine intraartikuläre Arthrolyse in gleicher Sitzung möglich.

Als Stärke der Studie ist ein relativ großes Patienten-Kollektiv der arthroskopischen Operationstechnik mit insgesamt 46 untersuchten Schultern und einer Nachuntersuchungs-Quote von 83 bis 85 % nach drei, zwölf und 24 Monaten anzusehen. Bei der Analyse der Untergruppen im ASK-Kollektiv konnte durch die homogene Verteilung der Patientenzahl eine gute Vergleichbarkeit erreicht werden.

4.7 Fazit und Ausblick

In den letzten Jahren ist ein genereller Trend zu minimal-invasiven Operationstechniken in der Schulterchirurgie zu beobachten. Die arthroskopischen Operationstechniken werden kontinuierlich weiter entwickelt und verbessert. Ebenso konnten die Arthroskopie-Instrumente weiterentwickelt werden. Die Fertigkeiten der Operateure nehmen mit zunehmender Erfahrung zu.

Die arthroskopisch-assistierte Materialentfernung ist technisch gut praktikabel. Diese Operationstechnik weist, obgleich des Einschlusses von Patienten mit intraartikulären Schraubenperforationen und Humeruskopfnekrosen, mit den in der Literatur beschriebenen Ergebnissen nach der bisher üblichen offenen ME vergleichbare klinische Untersuchungsergebnisse auf [Kirchhoff et al., 2008]. Hierbei wird zusätzlich die Adressierung intraartikulärer Begleitpathologien sowie ggf. eine 360° Kapsulotomie und artikularseitige Tuberkuloplastik möglich.

Das neuartige Verfahren kann den Patienten alle Vorteile der Materialentfernung bei verringertem Risiko im Vergleich zur offenen Chirurgie anbieten. Zu den Vorteilen der minimal-invasiven Technik gehören vor allem:

- geringere peri- und postoperative Morbidität
- geringeres Weichteiltrauma
- weniger Blutverlust
- verringerte intraoperative Gesamtstrahlendosis
- reduziertes Risiko für postoperative Infektionen und Vernarbungen
- Möglichkeit der vollständigen glenohumeralen Inspektion und Behandlung von relevanten intraartikulären Begleitverletzungen [Voigt et al., 2010b].

Die arthroskopische Materialentfernung nach proximalen Humerusfrakturen ist eine nützliche Innovation, welche durch alle mit der arthroskopischen Chirurgie der Schulter vertrauten Operateure angewandt werden kann.

In dieser Studie konnten Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis festgestellt werden. Vor allem bei posttraumatischer / postoperativer Schultersteife ohne mechanische Ursache (Gruppe 3) und avaskulärer Nekrose des Humeruskopfes ist mit einem schlechten Ergebnis zu rechnen. Dieses sollte in Zukunft bei der Aufklärung gesondert beachtet, und der Patient vor der Materialentfernung darauf hingewiesen werden. Als prognostisch günstiger Faktor wurde das isolierte Materialimpingement ohne Schraubenperforation identifiziert.

Limitierungen der arthroskopischen Durchführbarkeit der OP-Technik können eine Adipositas per magna, ausgeprägte Ossifikationen im Bereich der einliegenden Platte als auch kalt-verschweißte Schrauben sein. Die Materialentfernung kann dabei deutlich erschwert sein.

Die Fragestellungen der Arbeit können zusammenfassend wie folgt beantwortet werden:

1. Welches sind die Indikationen für die arthroskopische Materialentfernung nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen?
 - Die Indikation für die arthroskopische Materialentfernung nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen ist vor allem die Notwendigkeit einer gleichzeitig durchzuführenden Kapsulotomie aufgrund einer Bewegungseinschränkung. Dies gilt insbesondere bei Schraubenperforationen, subacromialem Materialimpingement und posttraumatischer / postoperativer Schultersteife oder bei klinischen Hinweis auf eine intraartikuläre Begleitverletzung.
2. Welche Ergebnisse werden nach der arthroskopischen ME erzielt?
 - Nach der arthroskopischen ME wird eine signifikante Verbesserung der Anteversion, Abduktion und Innenrotation, sowie eine Steigerung des Constant Score erreicht.
3. Wie sind die Ergebnisse im Vergleich zur offenen ME?
 - Ein signifikanter Unterschied nach offener und arthroskopischer Materialentfernung konnte nicht festgestellt werden, wobei dies möglicherweise auf die verschiedenen Gruppengrößen zurückzuführen war. Jedoch konnten Vorteile des minimal-invasiven Vorgehens hinsichtlich Weichteiltrauma, Blutverlust, Möglichkeit der Kapsulotomie und der Therapie von Begleitverletzungen aufgezeigt werden.
4. Wird das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht als nach offener ME?
 - Im Rahmen der Studie konnte nicht detailliert beantwortet werden, ob das erwünschte Funktionsergebnis nach arthroskopischer ME postoperativ schneller erreicht wurde als nach offener ME.

5. Wie hoch ist die Rate an therapiebedürftigen Begleitverletzungen und notwendigen Kapsulotomien?
 - Im arthroskopischen Kollektiv betrug die Rate an therapiebedürftigen Begleitverletzungen 74 % und die Rate an notwendigen Kapsulotomien bzw. intraartikulären Arthrolysen 67 %.
6. Können Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis festgelegt werden?
 - Als Prädiktoren für ein schlechtes Ergebnis konnten das Vorliegen einer avaskulären Humeruskopfnekrose und die postoperative Schultersteife ohne mechanische Ursache identifiziert werden.

Die Therapie von Begleitverletzungen und die Möglichkeit zur intraartikulären Arthrolyse bei Komplikationen nach operativ versorgten proximalen Humerusfrakturen sind essentiell. Dies ist entweder als rein arthroskopisches Verfahren oder als Kombination aus arthroskopischer und offener Operationstechnik möglich. Zur Materialentfernung nach Plattenosteosynthese ist diese Methode als neuer Therapiestandard zu fordern.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Aufgrund häufig auftretender Komplikationen nach winkelstabiler Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen entwickelte unsere Arbeitsgruppe eine Operationstechnik zur arthroskopischen Materialentfernung und gleichzeitigen Behandlung intraartikulärer Begleitpathologien sowie zur Durchführung eines kapsulären Releases.

45 Patienten (28 Frauen, Durchschnittsalter $58,9 \pm 12,4$ Jahre) erhielten an 46 oberen Extremitäten eine arthroskopische und 14 Patienten (7 Frauen, Durchschnittsalter $45,8 \pm 16,9$ Jahre) erhielten an 14 oberen Extremitäten eine offene Materialentfernung in unserer Klinik. Nach drei, zwölf und 24 Monaten wurden die subjektive Patientenzufriedenheit, der Constant Murley Score und der Simple-Shoulder-Test erhoben.

Im postoperativen Verlauf wurde die Funktion der betroffenen Schulter nach arthroskopischer Operation im Gesamtkollektiv signifikant verbessert. Der alters- und geschlechtsadaptierte Constant Murley Score betrug nach 24 Monaten im arthroskopischen Kollektiv $76,5 \% \pm 27,0 \%$ und im offenen Kollektiv $84,0 \% \pm 21,6 \%$, wobei kein signifikanter Unterschied zwischen arthroskopischem und offenem Kollektiv aufgezeigt werden konnte. Im arthroskopischen Kollektiv war der Constant Murley Score bei Patienten mit posttraumatischer Schultersteife ohne mechanische Ursache sowie Schraubenperforationen signifikant niedriger als bei Patienten mit subacromialem Materialimpingement. Intraartikuläre therapiebedürftige Begleitpathologien zeigten sich in 74 % der Arthroscopien. In 67 % der Fälle musste eine intraartikuläre Arthrolyse bzw. Kapsulotomie durchgeführt werden.

Der Vorteil der Arthroskopie bei unbefriedigendem oder verzögertem Heilverlauf nach winkelstabiler Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen konnte anhand der Studienergebnisse bestätigt werden. Die Prognose war dabei vor allem von der Indikation zur Materialentfernung und Arthrolyse abhängig, wobei ein subacromiales Materialimpingement prognostisch am günstigsten war. Im Gegensatz hierzu gingen postoperative Schultersteife ohne mechanische Ursache und avaskuläre Humeruskopfnekrosen mit den schlechtesten Ergebnissen einher. Aber auch bei Schraubenperforationen war das Resultat signifikant schlechter. Aus unserer Sicht stellt die arthroskopische Materialentfernung eine nützliche Innovation dar, welche alle Vorteile eines minimal-invasiven Verfahrens mit dem Vorteil der gleichzeitigen Behandlung von häufigen Begleitpathologien und kapsulären Adhäsionen kombiniert.

6. LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W, Bahrs C, Parekh A, Ziran B, Williams A, Smith W (2007) Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma* 21, 676-681.
- 2 Bahrs C, Rolauffs B, Südkamp NP, Schmal H, Eingartner C, Dietz K, Pereira PL, Weise K, Lingenfelter E, Helwig P (2009) Indications for computed tomography (CT-) diagnostics in proximal humeral fractures: a comparative study of plain radiography and computed tomography. *BMC Musculoskelet Disord.* 10, 33.
- 3 Bahrs C, Rolauffs B, Stuby F, Dietz K, Weise K, Helwig P (2010) Effect of proximal humeral fractures on the age-specific prevalence of rotator cuff tears. *J Trauma* 69, 901-906.
- 4 Baron JA, Barrett JA, Karagas MR (1996) The epidemiology of peripheral fractures. *Bone*, 18, 209-213.
- 5 Bartsch S, Echtermeyer V (2003) Osteosyntheseverfahren bei dislozierten proximalen Humerusfrakturen. *Trauma und Berufskrankheit* 5, 1-10.
- 6 Basti JJ, Dionysian E, Sherman PW, Bigliani LU (1994) Management of proximal humeral fractures. *J Hand Ther* 7, 111-121.
- 7 Bell JE, Leung BC, Spratt KF, Koval KJ, Weinstein JD, Goodman DC, Tosteson AN (2011) Trends and variation in incidence, surgical treatment, and repeat surgery of proximal humeral fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Am.* 93, 121-131.
- 8 Böstman O, Pihlajamäki H (1996) Routine implant removal after fracture surgery: a potentially reducible consumer of hospital resources in trauma units. *J Trauma* 41, 846-849.
- 9 Brunner F, Sommer C, Bahrs C, Heuwinkel R, Hafner C, Rillmann P, Kohut G, Ekelund A, Muller M, Audigé L, Babst R (2009) Open reduction and internal fixation of proximal humerus fractures using a proximal humeral locked plate: a prospective multicenter analysis. *J Orthop Trauma* 23, 163-172.
- 10 Clavert P, Adam P, Bevort A, Bonnomet F, Kempf JF (2010) Pitfalls and complications with locking plate for proximal humerus fracture. *J Shoulder Elbow Surg.* 19, 489-494.
- 11 Codman EA (1934) Fractures in relation to the subacromial bursa. In: Codman E.A. (Hrsg): *The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa.* 1. Aufl., 313–333, Thomas Todd Co., Boston.

- 12 Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res. J* (214), 160-164.
- 13 Dines JS, Hettrich CM, Kelly BT, Savoie FH 3rd, Lorich DG (2010) Arthroscopic removal of proximal humerus locking plates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 18, 409-411.
- 14 Egol KA, Ong CC, Walsh M, Jazrawi LM, Tejwani NC, Zuckerman JD (2008) Early complications in proximal humerus fractures (OTA Types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma.* 22, 159-164.
- 15 Elhassan B, Ozbaydar M, Massimini D, Higgins L, Warner JJ (2010) Arthroscopic capsular release for refractory shoulder stiffness: a critical analysis of effectiveness in specific etiologies. *J Shoulder Elbow Surg* 19, 580–587.
- 16 Ellwein A, Lill H, Voigt C (2014) Prä-/ intra- und postoperative Diagnostik. In: Lill H, Scheibel M, Voigt C (Hrsg.): *Die proximale Humerusfraktur.* 1. Aufl., 21, Springer Verlag, Berlin.
- 17 Foroohar A, Tosti R, Richmond JM, Gaughan JP, Ilyas AM (2011) Classification and treatment of proximal humerus fractures: inter-observer reliability and agreement across imaging modalities and experience. *J Orthop Surg Res.* 6, 38.
- 18 Gallo RA, Sciulli R, Daffner RH, Altman DT, Altman GT (2007) Defining the relationship between rotator cuff injury and proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 458, 70-77.
- 19 Gardner MJ, Weil Y, Barker JU, Kelly BT, Helfet DL, Lorich DG (2007) The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma* 21, 185-191.
- 20 Greiner S, Kääh MJ, Haas NP, Bail HJ (2009) Humeral head necrosis rate at mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury* 40, 186-191.
- 21 Hanson B, van der Werken C, Stengel D (2008) Surgeons' beliefs and perceptions about removal of orthopaedic implants. *BMC Musculoskelet Disord.* 9, 73.
- 22 Helwig P, Bahrs C, Epple B, Oehm J, Eingartner C, Weise K (2009) Does fixed-angle plate osteosynthesis solve the problems of a fractured proximal humerus? A prospective series of 87 patients. *Acta Orthop.* 80, 92-96.
- 23 Hente R, Kampshoff J, Kinner B, Fuchtmeier B, Nerlich M (2004) Treatment of dislocated 3- and 4-Part- fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate. *Unfallchirurg* 107, 769-782.

- 24 Hepp P, Theopold J, Voigt C, Engel T, Josten C, Lill H (2008) The surgical approach for locking plate osteosynthesis of displaced proximal humeral fractures influences the functional outcome. *J Shoulder Elbow Surg.* 17, 21-28.
- 25 Hepp WR, Debrunner HU (2004) Spezielle Orthopädische Untersuchung. In: Hepp WR, Debrunner HU (Hrsg.): *Orthopädisches Diagnostikum.* 7. Aufl., 52-54, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- 26 Hertel R, Hempfing A, Stiehler M, Leunig M (2004) Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg.* 13, 427-433.
- 27 Hessler C, Schmucker U, Matthes G, Ekkernkamp A, Gütschow R, Eggers C (2006) Ergebnisse nach Versorgung instabiler proximaler Humerusfrakturen mittels winkelstabiler Platte. *Unfallchirurg* 109, 867-870, 872-874.
- 28 Hirschmann MT, Wind B, Amsler F, Gross T (2010) Reliability of shoulder abduction strength measure for the Constant-Murley score. *Clin Orthop Relat Res.* 468, 1565-1571.
- 29 Hirzinger C, Tauber M, Resch H (2011) Die Fraktur des proximalen Humerus: Neue Aspekte in der Epidemiologie, Frakturmorphologie und Diagnostik. *Unfallchirurg* 114, 1051-1058.
- 30 Jeong JH, Shin SJ (2009) Arthroscopic removal of proud metallic suture anchors after Bankart repair. *Arch Orthop Trauma Surg.* 129, 1109-1115.
- 31 Jost B, Spross C, Grehn H, Gerber C (2013) Locking plate fixation of fractures of the proximal humerus: analysis of complications, revision strategies and outcome. *J Shoulder Elbow Surg.* 22, 542-549.
- 32 Katolik LI, Romeo AA, Cole BJ, Verma NN, Hayden JK, Bach BR (2005) Normalization of the Constant score. *J Shoulder Elbow Surg.* 14, 279-285.
- 33 Katthagen JC, Jensen G, Hennecke D, Lill H, Voigt C (2012a) Arthroskopische Materialentfernung nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Unfallchirurg* 115, 47-54.
- 34 Katthagen JC, Jensen G, Voigt C, Lill H (2012b) Schultersteife. *Unfallchirurg* 115, 527-540.
- 35 Katthagen JC, Voigt C, Jensen G, Lill H (2012c) Nagelosteosynthese proximaler Humerusfrakturen. *Obere Extremität* 7, 128-136.

- 36 Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kroetz M, Mutschler W (2006) Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate. Presentation of 225 cases of dislocated fractures. *Unfallchirurg* 109, 1032-1040.
- 37 Kim KC, Rhee KJ, Shin HD, Kim YM (2007) Arthroscopic removal of an intramedullary nail in the humerus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 15, 922-926.
- 38 Kirchoff C, Braunstein V, Kirchoff S, Sprecher CM, Ockert B, Fischer F, Leidel BA, Biberthaler P (2008) Outcome analysis following removal of locking plate fixation of the proximal humerus. *BMC Musculoskelet Disord.* 9, 138.
- 39 Kralinger F, Unger S, Wambacher M, Smekal V, Schmoelz W (2009) The medial periosteal hinge, a key structure in fractures of the proximal humerus: a biomechanical cadaver study of its mechanical properties. *J Bone Joint Surg Br.* 91, 973-976.
- 40 Krettek C, Wiebking U (2011) Proximale Humerusfraktur: Ist die winkelstabile Plattenosteosynthese der konservativen Behandlung überlegen? *Unfallchirurg* 114, 1059–1067.
- 41 Lafosse L, Boyle S, Kordasiewicz B, Guttierrez-Arramberi M, Fritsch B, Meller R (2012) Arthroscopic arthrolysis for recalcitrant frozen shoulder: a lateral approach. *Arthroscopy* 28, 916-923.
- 42 Lanting B, MacDermid J, Drosdowech D, Faber KJ (2008) Proximal humeral fractures: a systematic review of treatment modalities. *J Shoulder Elbow Surg.* 17, 42-54.
- 43 Lee CW, Shin SJ (2009) Prognostic factors for unstable proximal humeral fractures treated with locking-plate fixation. *J Shoulder Elbow Surg.* 18, 83-88.
- 44 Lee SH, Dargent-Molina P, Bréart G; EPIDOS Group. Epidemiologie de l'Osteoporose Study (2002) Risk factors for fractures of the proximal humerus: results from the EPIDOS prospective study. *J Bone Miner Res.* 17, 817-825.
- 45 Lill H, Katthagen C, Voigt C (2011) Technik und Stellenwert der arthroskopischen Implantatentfernung an der Schulter. *Orthopäde* 40, 79-84.
- 46 Lill H, Ellwein A, Katthagen C, Voigt C (2012) Osteoporotische Frakturen am proximalen Humerus. *Chirurg* 83, 858-865.
- 47 Lippitt SB, Harryman DT II, Matsen FA (1992) A practical tool for evaluating function: The Simple Shoulder Test. In: Matsen FA, Fu FH, Hawkins RJ (Hrsg.):

- The shoulder: A balance of mobility and stability. 501-518, American Academy of Orthopaedic Surgeons, Rosemont IL.
- 48 Lovald S, Mercer D, Hanson J, Cowgill I, Erdman M, Robinson P, Diamond B (2011) Complications and hardware removal after open reduction and internal fixation of humeral fractures. *J Trauma* 70, 1273-1277; Discussion 1277-1278.
 - 49 Maier D, Jäger M, Strohm PC, Südkamp NP (2012) Treatment of Proximal Humeral Fractures - a Review of Current Concepts Enlightened by Basic Principles. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 79, 307-316.
 - 50 Maqdes A, Levy B, Klouche S, Hardy P (2014) The feasibility and results of an arthroscopic removal of humeral locking plates and glenohumeral arthrolysis after proximal humeral fractures. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2256.
 - 51 Müller ME, Nazarian SK, Koch P, Schatzker J (1990) Humerus = 1. In: Müller ME, Nazarian SK, Koch P, Schatzker J (Hrsg.): The comprehensive classification of fractures of long bones. 1. Aufl., 54-85, Springer, Berlin.
 - 52 Neer CS 2nd (1970) Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 52, 1077-1089.
 - 53 Nho SJ, Brophy RH, Barker JU, Cornell CN, MacGillivray JD (2007) Innovations in the management of displaced proximal humerus fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 15, 12-26.
 - 54 Outerbridge RE (1961) The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* 43, 752-757.
 - 55 Owsley KC, Gorczyca JT (2008) Fracture displacement and screw cutout after open reduction and locked plate fixation of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 90, 233-240.
 - 56 Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J (2006) Update in the epidemiology of proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res* 442, 87-92.
 - 57 Plecko M, Kraus A (2005) Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate. *Oper Orthop Traumatol.* 17, 25-50.
 - 58 Ricchetti ET, Warrender WJ, Abboud JA (2010) Use of locking plates in the treatment of proximal Humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 19, 66-75.
 - 59 Röderer G, Abouelsoud M, Gebhard F, Böckers TM, Kinzl L (2007) Minimally invasive application of the non-contact-bridging (NCB) plate to the proximal humerus: an anatomical study. *J Orthop Trauma* 21, 621-627.

- 60 Sanderson PL, Ryan W, Turner PG (1992) Complications of metalwork removal. *Injury*, 23(1): 29-30.
- 61 Schai PA, Hintermann B, Koris MJ (1999) Preoperative arthroscopic assessment of fractures about the shoulder. *Arthroscopy* 15, 827-835.
- 62 Scheibel M (2011) Humeruskopffraktur und Manschette. *Unfallchirurg* 114, 1075-1078, 1081-1082.
- 63 Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD (2009) Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: the effect of initial fracture pattern on outcome. *J Orthop Trauma* 23, 113-119.
- 64 Spross C, Platz A, Rufibach K, Lattmann T, Forberger J, Dietrich M (2012) The PHILOS plate for proximal humeral fractures--risk factors for complications at one year. *J Trauma Acute Care Surg.* 72, 783-792.
- 65 Sproul RC, Iyengar JJ, Devcic Z, Feeley BT (2011) A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury* 42, 408-413.
- 66 Südkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Kääh M, Luo C, Plecko M, Wendt K, Köstler W, Konrad G (2009) Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter, observational study. *J Bone Joint Surg Am.* 91, 1320-1328.
- 67 Tauber M, Resch H (2014) Frakturbiologie und -morphologie. In: Lill H, Scheibel M, Voigt C (Hrsg.): *Die proximale Humerusfraktur*. 1. Aufl., 11, Springer Verlag, Berlin.
- 68 Thanasis C, Kontakis G, Angoules A, Limb D, Giannoudis P (2009) Treatment of proximal humerus fractures with locking plates: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg* 18, 837-44.
- 69 Torrens C, MD, Monica Corrales, MD, Gemma Vilà, MD, Fernando Santana, MD, and Enrique Cáceres, MD (2011) Functional and Quality-of-Life Results of Displaced and Nondisplaced Proximal Humeral Fractures Treated Conservatively. *J Orthop Trauma* 25, 581–587.
- 70 Voigt C, Lill H (2006) Kapitel 7: Indikationen zur Operation und operative Differenzialtherapie. In: Lill H. (Hrsg.): *Die proximale Humerusfraktur*. 1. Aufl., 61, Thieme, Stuttgart.

- 71 Voigt C, Woltmann A, Partenheimer A, Lill H (2007) Komplikationsmanagement nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Chirurg* 78, 40-46.
- 72 Voigt C, Geduhn M, Geerling J, Lill H (2009) Arthroskopische und offene Arthrolyse bei sekundären Schultersteifen. *Obere Extremität* 4, 168–177.
- 73 Voigt C, Ewig M, Vosschenrich R, Lill H (2010a) Wertigkeit der MRT in der präoperativen Diagnostik proximaler Humerusfrakturen vs. CT und konventionelles Röntgen. *Unfallchirurg* 113, 378-385.
- 74 Voigt C, Geisler A, Lill H (2010b) Arthroscopic locking plate removal after proximal humeral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 130, 391-395.
- 75 Vos D, Hanson B, Verhofstad M (2012) Implant removal of osteosynthesis: the Dutch practice. Results of a survey. *J Trauma Manag Outcomes* 6, 6.
- 76 Yian EH, Ramappa AJ, Arneberg O, Gerber C (2005) The Constant score in normal shoulders. *J Shoulder Elbow Surg.* 14, 128-133.
- 77 Yüksel HY, Serdar Yılmaz, MD, Ertugrul Aksxahin, MD, Levent Cxelebi, MD, Hasan Hilmi Muratlı, MD, and Ali Bicximoglu, MD (2011) The Results of Nonoperative Treatment for Three- and Four-Part Fractures of the Proximal Humerus in Low-Demand Patients. *J Orthop Trauma* 25, 588–595.
- 78 Zettl R, Müller T, Topp T, Lewan U, Krüger A, Kühne C, Ruchholtz S (2011) Monoaxial versus polyaxial locking systems: a biomechanical analysis of different locking systems for the fixation of proximal humeral fractures. *Int Orthop.* 35, 1245-1250.

7. Anhang

7.1 Studienprotokoll

„Arthroskopische versus offene Materialentfernung einer Plattenosteosynthese nach proximaler Humerusfraktur“

Studienprotokoll/ Prüfplan

Design:

Prospektive, nicht randomisierte kontrollierte Studie.

Hintergrund:

Proximale Humerusfrakturen (2-4-Segment- und Luxationsfrakturen) mit Dislokation, können mit einer Plattenosteosynthese offene reponiert und operativ versorgt werden. Kommt es im postoperativen Verlauf zu Beschwerden, z.B. durch Schraubenperforation oder postoperative Bewegungseinschränkung, wird in einigen Fällen die Materialentfernung indiziert und durchgeführt. Diese Materialentfernung kann sowohl durch eine offene Revisionsoperation als auch durch eine arthroskopische Revisionsoperation erfolgen.

Einschlusskriterien:

Männer und Frauen mit Indikation zur Materialentfernung nach mit Plattenosteosynthese versorgter proximaler Humerusfraktur (2-4-Segment- und Luxationsfrakturen) AO 11-A1 bis 11-C3.

Intervention:

- Arthroskopische Materialentfernung der Plattenosteosynthese
- Offene Materialentfernung der Plattenosteosynthese

Ziel: Vergleich von zwei chirurgischen Verfahren bezüglich postoperativer klinischer Situation hinsichtlich Komplikationen, Schmerz, Beweglichkeit, Selbstständigkeit im Alltag und Patientenzufriedenheit.

Zielkriterien:

Klinische Evaluation anhand aktivem und passivem Bewegungsausmaß, Constant Score, relativem Constant Score durchschnittlich ein Jahr nach erfolgter Intervention. Zudem Erfassung von Komplikationen, Selbständigkeit und Zufriedenheit nach durchschnittlich einem Jahr.

Fallzahl:

Es sollen insgesamt 40-50 auswertbare Patienten eingeschlossen werden mit etwa gleicher Verteilung auf beide Gruppen (offene Materialentfernung, arthroskopische Materialentfernung).

Untersuchungsablauf:

2 vorgesehene Untersuchungen (V1 und V2):

V1, präoperativ: klinische Untersuchung des Bewegungsausmaßes der Schulter nach Neutral-Null-Methode, Erfassung des Constant Score und Relativen Constant Score, Fragebogen zu Zufriedenheit, Schmerz und Komplikationen

V2, 6-18 Monate nach Intervention: klinische Untersuchung des Bewegungsausmaßes der Schulter nach Neutral-Null-Methode, Erfassung des Constant Score und Relativen Constant Score, Fragebogen zu Zufriedenheit, Schmerz und Komplikationen

Prüfzentrum:

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH

Allgemeine Daten:

1. Patientendaten

Name: _____

Geschlecht: W M

Geburtsdatum: _____

Tag des Unfalls: _____

Tag der Operation: _____

Verletzte Seite: R L

Händigkeit: R L

Beruf: _____

2. Frakturklassifikation:

2.1. nach Codman:

- 2-Segmentfraktur:
- 3-Segmentfraktur:
- 4-Segmentfraktur:

2.2. nach Neer:

- Neer I:
- Neer II:
- Neer III:
- Neer IV:
- Neer V:
- Neer VI:

3. Operation

Initialen des Chirurgen _____

OP-Dauer (Schnitt-Naht-Zeit) _____

Durchleuchtungszeit _____

4. Implantat:

- Typ des Implantats: _____
- Anzahl Schrauben winkelstabil/ nicht winkelstabil: _____

5. Intraoperative Komplikationen

N

J:

- Blutung
- Nerven-/Plexusverletzung
- Implantatbedingt

Kommentar: _____

6. Vorerkrankungen/Medikation:

6.1. Vorerkrankungen:

- keine:
- Osteoporose:
- Omarthrose:
- rheumatoide Arthritis:
- Diabetes mellitus:
- Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK):
- nervale Erkrankung: J → Ausschluß N
- muskuläre Erkrankung: J → Ausschluß N

6.2. Vormedikation:

- Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR): J N
- Antibiotikum: J N
(Welches?) _____
- Kortison: J → Ausschluß N
- Zytostatika/Immunsuppressiva: J → Ausschluß N

Untersuchung vor Materialentfernung

1. Patientendaten

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Tag der Operation (Osteosynthese): _____

Tag der Untersuchung: _____

2. Klinische Untersuchung:

2.1. Schmerzen: N J (Wobei?) _____

2.2. Bewegungsausmaß: Anteversion/Retroversion ___/___/___
 / /

 ___/___/___
 / /

 ___/___/___
 / /

2.3. Impingementzeichen n. Neer N J

2.4. Nerven-/Plexusschaden: N J

2.5. Constant Score:

[Bitte pro Kategorie I – IV Werte verletzte Seite / Gegenseite notieren.]

I. Schmerzen

Schmerzen	Punkte
keine	15
leichte	10
mäßige	5
starke	0

___ / ___

II. Alltagsaktivitäten

Arbeitsfähigkeit	Punkte	Schlaf	Punkte
Normal	4	ungestörter Schlaf	2
leicht eingeschränkt	3	unterbrochener Schlaf	1
stark eingeschränkt	2	Schlafunfähigkeit	0
nicht arbeitsfähig	0		
Freizeitaktivitäten/Sport	Punkte	Handreichweite	Punkte
Normal	4	Gürtellinie	2
leicht eingeschränkt	3	Xiphoid	4
stark eingeschränkt	2	Hals	6
nicht möglich	0	Scheitel	8
		über den Kopf hinaus	10

___ / ___

III. Bewegungsumfang

Innenrotation	Punkte	Anteversion	Punkte
Handrücken auf Außenseite des Oberschenkels	0	0° - 30°	0
Handrücken auf Gesäß	2	31° - 60°	2
Handrücken auf lumbosacralem Übergang	4	61° - 90°	4
Handrücken auf Gürtellinie (3. Lendenwirbel)	6	91° - 120°	6
Handrücken auf 12. Rückenwirbel	8	121° - 150°	8
Handrücken auf zwischen Schulterblättern (Th 7)	10	151° - 180°	10
Außenrotation	Punkte	Abduktion	Punkte
		0° - 30°	0
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne	2	31° - 60°	2
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach unten	4	61° - 90°	4
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach vorne	6	91° - 120°	6
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach unten	8	121° - 150°	8
Volle Elevation vom Scheitel ausgehen	10	151° - 180°	10

___ / ___

2.5. Constant Score:

[Bitte pro Kategorie I – IV Werte verletzte Seite / Gegenseite notieren.]

I. Schmerzen

Schmerzen	Punkte
keine	15
leichte	10
mäßige	5
starke	0

___ / ___

II. Alltagsaktivitäten

Arbeitsfähigkeit	Punkte	Schlaf	Punkte
Normal	4	ungestörter Schlaf	2
leicht eingeschränkt	3	unterbrochener Schlaf	1
stark eingeschränkt	2	Schlafunfähigkeit	0
nicht arbeitsfähig	0		
Freizeitaktivitäten/Sport	Punkte	Handreichweite	Punkte
Normal	4	Gürtellinie	2
leicht eingeschränkt	3	Xiphoid	4
stark eingeschränkt	2	Hals	6
nicht möglich	0	Scheitel	8
		über den Kopf hinaus	10

___ / ___

III. Bewegungsumfang

Innenrotation	Punkte	Anteversio	Punkte
Handrücken auf Außenseite des Oberschenkels	0	0° - 30°	0
Handrücken auf Gesäß	2	31° - 60°	2
Handrücken auf lumbosacralem Übergang	4	61° - 90°	4
Handrücken auf Gürtellinie (3. Lendenwirbel)	6	91° - 120°	6
Handrücken auf 12. Rückenwirbel	8	121° - 150°	8
Handrücken auf zwischen Schulterblättern (Th 7)	10	151° - 180°	10
Außenrotation	Punkte	Abduktion	Punkte
		0° - 30°	0
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne	2	31° - 60°	2
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach unten	4	61° - 90°	4
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach vorne	6	91° - 120°	6
Hand auf dem Scheitel mit Ellenbogen nach unten	8	121° - 150°	8
Volle Elevation vom Scheitel ausgehen	10	151° - 180°	10

___ / ___

IV. Kraft

[Isobex: Kraftmessung am Handgelenk bei 90° Abd. in der Scapularebene]

Kraftmessung (kg)	Score - Punkte
< 0,45	0
0,45 – 0,9	1
0,9 – 1,36	2
1,36 – 1,81	3
1,81 – 2,27	4
2,27 – 2,72	5
2,72 – 3,18	6
3,18 – 3,63	7
3,63 – 4,08	8
4,08 – 4,54	9
4,54 – 4,99	10
4,99 – 5,44	11
5,44 – 5,9	12
5,9 – 6,35	13
6,35 – 6,8	14
6,8 – 7,26	15
7,26 – 7,71	16
7,71 – 8,16	17
8,16 – 8,62	18
8,62 – 9,07	19
9,07 – 9,53	20
9,53 – 9,98	21
9,98 – 10,43	22
10,43 – 10,89	23
10,89 – 11,34	24
> 11,34	25

____ / ____

Gesamtpunktzahl Constant Score: ____ / ____ [Punkte]

2.8. Alterskorrigierter Constant Score n. Katolik: ____ / ____ [Punkte]

3. Narben: Anzahl und Größe _____

4.1. Komplikationen: _____

4.2. Intervention bei Komplikation: N J

- Reoperation: N J (Wann?) _____
 (Welche?) _____

- Andere Maßnahmen: _____

- Beschwerdebesserung durch Intervention: J N

5. Subjektive Zufriedenheit im Simple Shoulder Score:

		Ja	Nein
1.	Ist Ihre Schulter beschwerdefrei, wenn Sie Ihren Arm an Ihrer Seite ruhen lassen?		
2.	Erlaubt Ihre Schulter Ihnen einen ungestörten Schlaf?		
3.	Können Sie Ihr Kreuz erreichen, um mit Ihrer Hand ein Hemd / eine Bluse in die Hose zu stecken?		
4.	Können Sie Ihre Hand so hinter den Kopf führen, dass der Ellenbogen seitlich abgespreizt ist?		
5.	Können Sie eine Geldstück in ein Regal in Ihrer Schulterhöhe legen, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
6.	Können Sie 450 g in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
7.	Können Sie 3,5 kg in Schulterhöhe heben, ohne den Ellenbogen zu beugen?		
8.	Können Sie mit dem betroffenen Arm 9 kg an Ihrer Seite tragen?		
9.	Denken Sie, dass Sie mit Ihrem betroffenen Arm einen Softball aus der Hüfte ca. 20 m weit werfen können?		
10.	Denken Sie, dass Sie einen Softball (Überhand) ca. 20 m weit werfen können?		
11.	Können Sie die Rückseite der gegenüberliegenden Schulter mit dem betroffenen Arm waschen?		
12.	Können Sie mit Ihrer Schulter in Ihrem normalen Beruf Vollzeit arbeiten?		

Kommentar: _____

 Datum

 Unterschrift des Nachuntersuchers

7.2 Einwilligungserklärung

Name:
Vorname:
Geschlecht:
Geburtsdatum:

Sehr geehrte Patientin/ sehr geehrter Patient!

Bei Ihnen besteht der Zustand nach einem operativ behandelten Bruch des Oberarmkopfes. Sie haben sich auf Grund von Schmerzen, Bewegungseinschränkungen oder Fremdkörpergefühl nach ausführlicher Beratung und Aufklärung über Vor- und Nachteile sowie Risiken und Komplikationen für die Entfernung des eingebrachten Materials entschieden. Die Materialentfernung ist bei Ihnen entweder als offene Operation oder als arthroskopische Operation (Gelenkspiegelung) durchgeführt worden. Beide Methoden (offene Operation und Gelenkspiegelung) sind aus medizinischer Sicht heutzutage gut möglich, welche Methode für die Patienten vorteilhafter ist, wurde bisher nicht sicher erfasst.

Um weitere Kenntnisse über Vor- und Nachteile der beiden Operationsmethoden gewinnen zu können, führt die Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Diakoniekrankenhauses Friederikenstift gmbH Verlaufsuntersuchungen etwa 3 Monate, ein Jahr sowie zwei Jahre nach der operativen Materialentfernung durch. Dabei wird die Situation hinsichtlich Komplikationen, Schmerz, Beweglichkeit, Selbstständigkeit im Alltag und Patientenzufriedenheit erfasst. Bestandteil der Untersuchung sind die Beantwortung eines Fragebogens, die körperliche Untersuchung mit Kraftmessung sowie eine Fotodokumentation. Die Untersuchung findet auf freiwilliger Basis statt, sie können die Untersuchung jederzeit beenden oder gänzlich davon zurücktreten. Über den Nutzen der Untersuchung und die damit verbundenen Untersuchungsbestandteile wurde ich durch _____ ausführlich aufgeklärt, sämtliche Fragen meinerseits wurden zufrieden stellend beantwortet.

Mit der Durchführung der Untersuchung aus oben genanntem Zweck bin ich einverstanden.

Unterschrift

Ort/ Datum

7.3 Erklärung an Eides Statt

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Nutzung anderer Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen angefertigt habe. Alle benutzten Quellen und von anderen Personen übernommenes Material wurden als solches gekennzeichnet.

Ich versichere, dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde zum Zwecke einer Promotion vorgelegt oder ein Zulassungsantrag gestellt wurde.

Darüber hinaus erkläre ich, mich keinem anderen Promotionsverfahren unterzogen zu haben.

Hannover, den 28.03.2014

Daniel Hennecke

8. LEBENSLAUF

Name: Daniel Christian Hennecke



Persönliche Angaben

Geburtsdatum: 25. Mai 1983

Geburtsort: Düsseldorf

Hochschulausbildung

2003 - 2009
Medizinstudium an der Georg-August-
Universität Göttingen

05.05.2009
Approbation als Arzt

Berufliche Tätigkeit

02/2008 - 04/2008
PJ - Tertial, Innere Medizin (Gastroenterologie und
Kardiologie) im Concord Hospital, Sydney,
Australien

04/2008 - 06/2008
PJ- Tertial, Innere Medizin (Allgemeine Innere und
Nephrologie) im Wellington Hospital, Wellington,
Neuseeland

06/2008 - 10/2008
PJ - Tertial, Chirurgie (Rotation Viszeral-, Unfall-,
Handchirurgie, Notaufnahme), Kantonspital
Winterthur, Winterthur, Schweiz

10/2008 - 01/2009
PJ - Tertial, Urologie, Klinikum der Stadt Wolfsburg

01.08.2009 – 31.03.2014
Assistenzarzt in der Abteilung für Unfall- und
Wiederherstellungschirurgie, Diakoniekrankenhaus
Friederikenstift Hannover

12.09.2013
Zusatzbezeichnung Notfallmedizin

Zeitraum der Dissertation

01/2012 – 03/2014

Publikationen

Originalarbeiten

- Katthagen JC, **Hennecke D**, Jensen G, Ellwein A, Voigt C, Lill H (2014) Arthroscopy after locked plating of proximal humeral fractures: implant removal, capsular release, and intra-articular findings. *Arthroscopy* 30, 1061-1067.
- Katthagen JC, Jensen G, **Hennecke D**, Lill H, Voigt C (2012) Arthroskopische Materialentfernung nach winkelstabiler Plattenosteosynthese am proximalen Humerus. *Unfallchirurg* 115, 47-54.

Poster

- Katthagen JC, **Hennecke D**, Jensen G, Voigt C, Lill H *Arthroskopie nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen – Materialentfernung, Arthrolyse und Therapie intraartikulärer Begleitpathologien* Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie DKOU 22.-25. Oktober 2013 Berlin
- Katthagen JC, **Hennecke D**, Jensen G, Voigt C, Lill H *Arthroscopic implant removal and arthrolysis after plate osteosynthesis of proximal humeral fractures.* 24th Congress of the European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow. SECEC – ESSSE. 19.-22. September 2012 Dubrovnik, Croatia

Vorträge (peer-reviewed)

- Katthagen JC, **Hennecke D**, Voigt C, Jensen G, Lill H *Arthroskopische Arthrolyse und Materialentfernung nach Plattenosteosynthese proximaler Humerusfrakturen.* 30. AGA-Kongress, 19.-21. September 2013 Wiesbaden
- Katthagen JC, **Hennecke D**, Voigt C, Jensen G, Lill H *Arthroskopische Materialentfernung nach plattenosteosynthetisch behandelten proximalen Humerusfrakturen – Ergebnisse im Vergleich zur offenen Technik* Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 25.-28. Oktober 2011 Berlin
- Katthagen JC, **Hennecke D**, Voigt C, Jensen G, Lill H *Arthroskopische Materialentfernung nach plattenosteosynthetisch behandelten proximalen Humerusfrakturen – Ergebnisse im Vergleich zur offenen Technik* 28. AGA- Kongress, 22.-24. September 2011 Regensburg

9. DANKSAGUNG

Ich möchte Herrn Prof. Dr. med. Christian Jürgens für die Möglichkeit zur Promotion über seine Klinik danken.

Danken möchte ich meinem Chef Herrn Prof. Dr. med. Helmut Lill, der es mir mit seiner Unterstützung und seinem Vertrauen ermöglicht hat, im Rahmen meiner Tätigkeit in seiner Abteilung, die Patienten für die Studie zu akquirieren und nachzuuntersuchen.

Frau Prof. Dr. med. Christine Voigt danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die fachlich kompetente und menschlich offene, freundliche Betreuung und Hilfestellung.

Dank gilt auch meinem Teampartner Dr. med. Christoph Katthagen, welcher mich bei allen Fragen und Problemen bezüglich der wissenschaftlichen Arbeit allzeit unterstützte und ohne den diese Arbeit nicht zu Stande gekommen wäre.

Dem gesamten Team der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Friederikenstiftes Hannover möchte ich meinen Dank aussprechen. Die Versorgung und Betreuung der Studienpatienten wurde durch dieses Team gewährleistet. Die Zusammenarbeit mit meinen Kollegen war ein wichtiger Aspekt für das Gelingen der Arbeit. Sie gaben mir mit Ihrem fundierten Fachwissen viele Anregungen für meine wissenschaftliche Tätigkeit.

Meiner Freundin Heike Schubert danke ich für ihre Geduld und Unterstützung. Sie baute mich stets auf und sorgte für die erforderliche Motivation.

Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, Renate Hennecke und Dr. med. Volker Grevenig, die mich schon immer auf meinem Weg unterstützt haben.