

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. J. Eulert

**Schulter-TEP-Wechsel-Operationen mit der
reversen Schulterprothese**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Birgit Simone Werner

aus Würzburg

Würzburg, Februar 2008

Referent: Prof. Dr. med. Frank Gohlke

Koreferent: Prof. Dr. med. Arnulf Weckbach

Dekan: Prof. Dr. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung : 01.08.2008

Die Promovendin ist Ärztin

Meiner Familie

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	3
2.1. Patientenkollektiv	3
2.2. Datenerhebung	4
2.3. Datenverarbeitung	7
2.4. Operationstechnik	7
2.5. Standardnachbehandlung	10
2.6. Mögliche Komplikationen	11
2.7. Vorstellung der reversen Endoprothese	11
3. Ergebnisse	14
3.1. Gesamtkollektiv	14
3.1.1. Constant-Score und alters- und geschlechtsadaptierter Score	14
3.1.2. Faktoren des Constant-Score	15
3.1.3. Beweglichkeit	16
3.1.4. Subjektive Patientenzufriedenheit	18
3.1.5. Komplikationen und Revisionen	18
3.1.6. Radiologisches Ergebnis	19
3.2. Primärversorgung (fehlgeschlagene Prothese versus Osteosynthese)	20
3.3. Indikation zur Wechseloperation	24
3.4. Falldemonstrationen	28
1. Fall	28
2. Fall	30
3. Fall	32
4. Diskussion	34
4.1. Revisionsoperationen mit der reversen Endoprothese	34
4.1.1. Einführung	34
4.1.2. Ergebnisse nach Revisionseingriffen	35
4.1.3. Funktionelle Ergebnisse	36

4.1.4. Subjektive Zufriedenheit	37
4.1.5. Alternativen zur Revision mit der reversen Endoprothese	37
4.1.6. Schlussfolgerung	37
4.2. Versorgung proximaler Humerusfrakturen	38
4.2.1. Einführung	38
4.2.2. Reverse Endoprothese nach fehlgeschlagener Frakturprothese	39
4.2.3. Reverse Endoprothese in der akuten Frakturversorgung	40
4.3. Komplikationen	42
4.4. Voraussetzungen zur Ergebnisoptimierung	45
4.5. Limitierung der Studie	47
5. Zusammenfassung	48
6. Anhang	50
7. Literaturverzeichnis	52

1. Einleitung

Die Hauptindikation zur Implantation einer reversen Schulterendoprothese nach Grammont ist nach wie vor die schmerzhafte Defektarthropathie des älteren Menschen. Verschiedene Ätiopathologien können zu einer Insuffizienz der Rotatorenmanschette führen. Dazu zählen unter anderem proximale Humerusfrakturen, Rheumatoide Arthritis, neurologische Erkrankungen und Revisionseingriffe an der Schulter. Für diese Indikationen und insbesondere Wechseloperationen mit der reversen Endoprothese finden sich derzeit nur wenige Veröffentlichungen in der Literatur [21]. Aussagen zu Langzeitergebnissen über 15 Jahre sind bezüglich aller Indikationen und Risiken noch nicht bekannt.

Die Verwendung einer reversen Endoprothese als Revisionsimplantat erfolgt in erster Linie bei fehlgeschlagener Frakturprothese mit fehlender oder insuffizienter Rotatorenmanschette, seltener bei chronischen Instabilitäten und schmerzhafter Pseudoparalyse nach vorhergehender Prothesenimplantation [12, 21, 26].

Für anatomische Frakturprothesen fallen die Ergebnisse im Vergleich zur Versorgung bei primären Omarthrosen generell schlechter aus [6, 88]. In der Literatur werden verschiedene Gründe für ein Implantatversagen beschrieben. So führen hauptsächlich eine unzureichende Einheilung und Dislokation der Tubercula [49], sekundäre Einsteifung, konsekutive Insuffizienz der Rotatorenmanschette mit Höhertreten des Humeruskopfes, Lockerungen, Nervenläsionen sowie Infektionen zu ungünstigen Ergebnissen [4, 16, 36]. Ein erneuter Wechsel auf anatomische Schulterendoprothesen gestaltet sich in diesem schwierigen biomechanischen Umfeld oft wenig aussichtsreich [8].

Entsprechend der Komplexität der Eingriffe finden sich deutlich schlechtere Ergebnisse nach Revisionen im Vergleich zur Primärimplantation. So ist eine erfolgreiche Verbesserung der Funktion nicht sicher gewährleistet. Der erneute operative Eingriff ermöglicht lediglich bei etwa 60% der Patienten eine deutliche Schmerzlinderung [61]. Ist die Rotatorenmanschette nicht rekonstruierbar, ist nur eine eingeschränkte funktionelle Verbesserung zu erwarten.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, zu prüfen, inwieweit die Implantation einer reversen Endoprothese nach fehlgeschlagener Frakturversorgung in der Lage ist, den Zustand der Patienten im Vergleich zur präoperativen Situation zu verbessern. Ferner sollte geklärt werden, ob Revisionen nach Osteosynthese hinsichtlich des Endresultates erfolgreicher und komplikationsärmer sind als Wechseloperationen nach Frakturprothese, da derzeit die Indikation für den Einsatz einer Frakturprothese oder Osteosynthese beim älteren Menschen sehr kontrovers diskutiert wird.

Verschiedene Indikationen zur Revisionsoperation wurden einander gegenübergestellt und miteinander verglichen. Daneben erfolgte die Beurteilung des radiologischen Status in Hinblick auf mögliche Komplikationen wie Lockerungen, Materialversagen oder inferiores Glenoid-Notching.

2. Material und Methoden

2.1. Patientenkollektiv

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 47 Patienten untersucht, darunter 34 (72,3%) Frauen und 13 (27,7%) Männer, bei denen im Zeitraum von Juni 2001 bis Februar 2005 eine Revisionsoperation unter Verwendung einer reversen Prothese durchgeführt wurde. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das Lebensalter zwischen 50 und 86 Jahren, im Durchschnitt 66,8 Jahre.

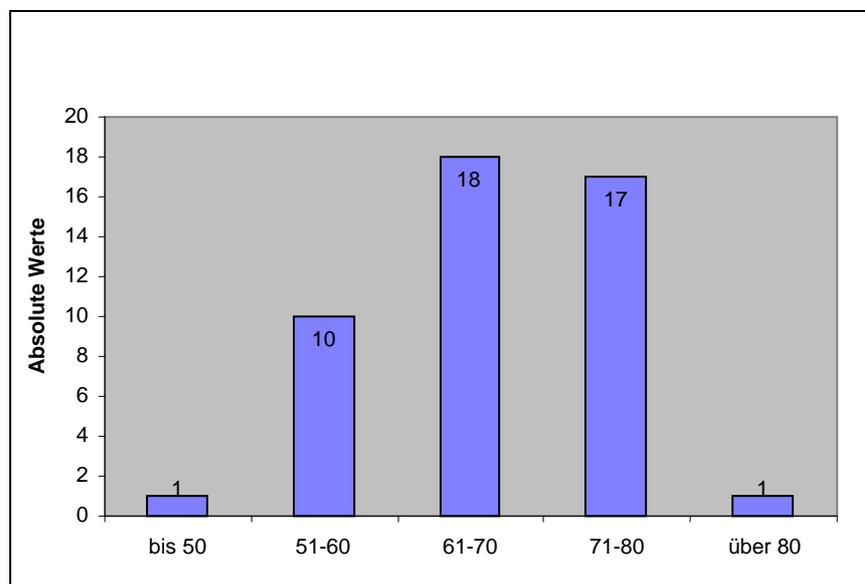


Diagramm 1: Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation

Die postoperative Nachuntersuchung erfolgte im Mittel 20,9 Monate postoperativ (Minimum fünf Monate, Maximum 47 Monate) im Rahmen der klinischen Verlaufskontrolle. Vor der Untersuchung wurden die Patienten darüber aufgeklärt, dass ihre Daten als Teil einer anonymisierten Studie Verwendung finden.

Die Wechseloperation erfolgte bei 31 Patienten (66%) nach vorhergehender endoprothetischer Versorgung (21 fehlgeschlagene Hemiprothesen, 10 reverse Schulterprothesen). 16 Revisionseingriffe (34%) wurden nach fehlgeschlagener Osteosynthese durchgeführt (neun Plattenosteosynthesen, vier Drahtosteosynthesen und drei Schraubenosteosynthesen). In 57% der Fälle (27

Patienten) war die dominante Seite betroffen. 28 Operationen erfolgten an der rechten, sowie 19 an der linken Schulter.

Es waren durchschnittlich 1,96 Voroperationen am Schultergelenk durchgeführt worden, mit einer Spannweite von einer bis acht Operationen. 23 Patienten hatten zum Zeitpunkt der Revision eine, 24 mehr als eine Voroperation.

Der Primäreingriff erfolgte bei allen Patienten mit dem Ziel der operativen Versorgung einer proximalen Humerusfraktur.

Die Indikation zur Implantation der reversen Endoprothese wurde in erster Linie wie folgt gestellt:

Diagnose	Anzahl	Prozent
Schmerzhafte Einsteifung	20	42,6 %
Chronische Instabilität	16	34,0 %
Komponentenlockerung	7	14,9 %
Infektion	4	8,5 %
Gesamt	47	100,0 %

Tab. 1: Verteilung der Diagnosen

2.2. Datenerhebung

Die Daten wurden präoperativ, intraoperativ und postoperativ anhand des 1987 von C.R. Constant und A. Murley veröffentlichten Constant-Murley-Score erhoben [17]. Hierbei werden Aussagen über die subjektiven Parameter Schulterschmerz und Aktivität, sowie die objektiven Kriterien Beweglichkeit und Kraft getroffen. Es können insgesamt 100 Punkte für eine voll funktionsfähige Schulter erzielt werden. Die Anwendung dieses Scoresystem wird zur standardisierten vergleichenden Beurteilung der Schulterfunktion sowohl von der SECEC (Europäischen Gesellschaft für Schulter- und Ellenbogenchirurgie) als auch der DVSE (Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie) empfohlen. Neben dem Constant-Score gibt es noch eine Vielzahl anderer Scores, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll. Der subjektive Schmerz der Patienten wurde anhand einer 10 cm langen visuellen Analogskala bestimmt und entsprechend umgerechnet. Bei Schmerzfreiheit wurden 15 Punkte vergeben. Die Aussagen der Patienten über Arbeitsfähigkeit (max. 4 Punkte), Freizeitaktivitäten (max. 4 Punkte), Schlaf

(max. 2 Punkte) und die Arbeitshöhe, in der der betroffene Arm im Alltag schmerzfrei einsetzbar ist (max. 10 Punkte), ermöglichen eine Beurteilung der Aktivität. Die aktive Beweglichkeit wurde durch objektive Messung der Elevation (max. 10 Punkte) und Abduktion (max. 10 Punkte), sowie der kombinierten Außenrotation (max. 10 Punkte) und kombinierten Innenrotation (max. 10 Punkte) ermittelt.

<u>Aktivität (max. 20 Punkte)</u>			
<u>Einschränkung der Arbeitsfähigkeit</u>		<u>Beeinträchtigung des Schlafes</u>	
Keine	4 Punkte	Keine	2 Punkte
Leicht	3 Punkte	Teilweise	1 Punkt
Deutlich	2 Punkte	Stark	0 Punkte
Weitgehend	1 Punkt		
Vollständig	0 Punkte		
<u>Einschränkung der Freizeitgestaltung</u>		<u>Einsetzbarkeit des Armes</u>	
Keine	4 Punkte	Überkopf	10 Punkte
Leicht	3 Punkte	Scheitel	8 Punkte
Deutlich	2 Punkte	Nacken	6 Punkte
Weitgehend	1 Punkt	Xiphoid	4 Punkte
Vollständig	0 Punkte	Gürtelhöhe	2 Punkte

Tab. 2: Punkteverteilung für die Aktivität

<u>Mobilität (max. 40 Punkte)</u>			
<u>Flexion</u>		<u>Abduktion</u>	
0-30°	0 Punkte	0-30°	0 Punkte
31-60°	2 Punkte	31-60°	2 Punkte
61-90°	4 Punkte	61-90°	4 Punkte
91-120°	6 Punkte	91-120°	6 Punkte
121-150°	8 Punkte	121-150°	8 Punkte
151-180°	10 Punkte	151-180°	10 Punkte
<u>Außenrotation</u>			
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne			2 Punkte
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach hinten			4 Punkte
Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach vorne			6 Punkte
Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach hinten			8 Punkte
Volle Elevation vom Kopf aus			10 Punkte
<u>Innenrotation</u>			
Handrücken am Gesäß			2 Punkte
Handrücken am Os sacrum			4 Punkte
Handrücken an L 3			6 Punkte
Handrücken an TH 12			8 Punkte
Handrücken an TH 7-8			10 Punkte

Tab. 3: Punkteverteilung für die Mobilität

Die isometrische Kraftmessung erfolgte in sitzender Position mit Hilfe eines ISOBEX Muskelkraft-Analysegerät der Schweizer Cursor AG in 90° Abduktion und 30° Anteversion. Maximal konnten 25 Punkte bei einer Kraft von 12,5 kg erreicht werden.

Um eine altersgerechte Beurteilung der Schulterfunktion zu erreichen, wurden die aufsummierten Absolutwerte aus Schmerz, Aktivität, Beweglichkeit und Kraft ins Verhältnis zu den Durchschnittswerten der gesunden, gleichaltrigen Bevölkerung gesetzt.

Die präoperativen Daten zur Erhebung des Constant-Score wurden den Krankenblättern des jeweiligen stationären Aufenthaltes der Patienten entnommen. Anhand der sonographischen, röntgenologischen und in Einzelfällen computertomographischen Untersuchungen erfolgte die Erfassung der vorbestehenden Weichteilverhältnisse und der knöchernen Situation.

Anhand des Operationsberichts wurden der gewählte Zugangsweg, die implantierten Komponenten sowie begleitende Prozeduren wie partielle Rekonstruktionen der Rotatorenmanschette und Verwendung eines humeralen Knochenfensters dokumentiert.

Die postoperative Datenerhebung erfolgte im Rahmen der klinischen Verlaufskontrolle innerhalb eines Zeitraums von fünf bis 47 Monaten, im Durchschnitt nach 20,9 Monaten. Neben der Erhebung des Constant-Score wurde ermittelt, ob und inwieweit es zu einem Auftreten postoperativer Komplikationen gekommen war. Besonderer Wert wurde auf die subjektive Einschätzung und Zufriedenheit der Patienten gelegt.

Neben der klinischen Untersuchung erfolgte eine radiologische Kontrolle der Endoprothese zur Dokumentation der Implantatlage. Die Aufnahmen wurden in zwei Ebenen (a.p. und axialer Strahlengang) durchgeführt. Bei der Begutachtung wurde neben der korrekter Implantatlage besonderes Augenmerk auf das Auftreten von Lockerungszeichen in Form von Lysesäumen entlang der Humeruskomponente und Verankerung der Glenoidkomponente, die Ausbildung postoperativer heterotoper Ossifikationen sowie von Erosionen am inferioren Glenoidpol gelegt. Die Einteilung des inferioren Glenoid-Notching erfolgte nach der Klassifikation von Nérot und Sirveaux [73].

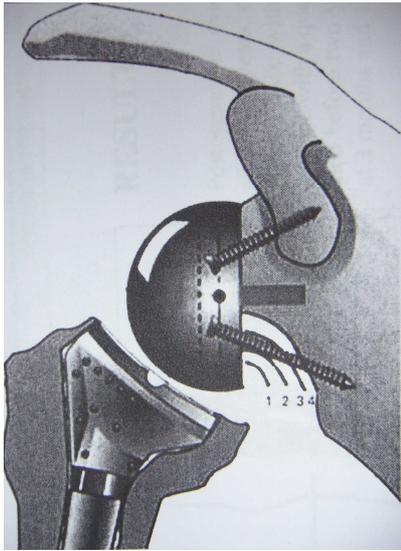


Abb. 1A und B: Inferiores Glenoid-Notching. A: Klassifikation nach Sirveaux [73]. B: inferiores Glenoid-Notching Grad IV

2.3. Datenverarbeitung

Die Erfassung der Daten, ihre Verwaltung und Verarbeitung erfolgte mit den Programmen Excel und SPSS for Windows. Als statistische Tests wurden der Shapiro-Wilk-Test, der T-Test bei unabhängigen Stichproben und die einfaktorielle ANOVA verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,001$ festgelegt.

2.4. Operationstechnik

In diesem Abschnitt wird die Technik zur Revisionsimplantation einer reversen Schulterendoprothese exemplarisch nach fehlgeschlagener Hemiprothese vorgestellt. Bei primär osteosynthetischer Versorgung erfolgt die Operation analog nach Entfernung des innenliegenden Osteosynthesematerials.

Nach Diagnosesicherung und prästationärer Abklärung sollten aktuelle Röntgenaufnahmen in drei Ebenen (anteroposterior, axial, défilé) und eine sonographische Untersuchung zur Beurteilung der Rotatorenmanschette vorliegen. Eine zusätzliche computertomographische Untersuchung ist empfehlenswert, um neben der Rotatorenmanschette den Zustand des Glenoids beurteilen zu können. Eine neurologische Befunderhebung mit Funktionsanalyse von allen drei Anteilen des Musculus deltoideus (Pars clavicularis, Pars acromialis, Pars spinalis) sollte präoperativ ebenfalls erfolgen.

Nach Analyse der vorbestehenden knöchernen und weichteiligen Situation sowie Position des Implantats erfolgt die präoperative Planung anhand der a.p.-Röntgenaufnahme des betroffenen und gegenseitigen Humerus. Mit Hilfe transparenter Schablonen des Herstellers wird die Prothesengröße (Schaft und Glenoid) festgelegt und eine Planungsskizze erstellt.

Die Lagerung des Patienten erfolgt in „Beach-Chair-Position“ mit Oberkörpererhöhung auf ca. 45° und frei beweglichem Arm (Abb. 2).



Abb.2: Lagerung in „Beach-Chair-Position“ [29]

Nach mehrmaliger Hautdesinfektion, sterilem Abdecken des Operationsgebiets und Bekleben der Haut mit jodierter Inzisionsfolie erfolgt das Setzen des Hautschnittes im Bereich der alten Narbe und scharfes Eingehen auf den Sulcus deltoideopectoralis bis zum Processus coracoideus. Dabei wird umgebendes Narbengewebe abgelöst sowie der Musculus deltoideus und Musculus pectoralis major mobilisiert. Die Arteria und Vena circumflexa humeri anterior können, soweit noch vorhanden, aufgesucht und ligiert werden. Von großer Bedeutung ist die Identifikation und Schonung des Nervus axillaris, da er für die Innervation des Musculus deltoideus und Musculus teres minor zuständig ist. Nach sorgfältiger subacromialer Arthrolyse und Tenodese der langen Bicepssehne wird der proximale Humerus außenrotiert und nach ventral luxiert. Ist eine Entfernung des Prothesenkopfes von proximal nicht möglich, wird ein Musculus-pectoralis-major-gestieltes Knochenfenster angelegt, die Hemiprothese explantiert und verbliebene Zementreste extrahiert.

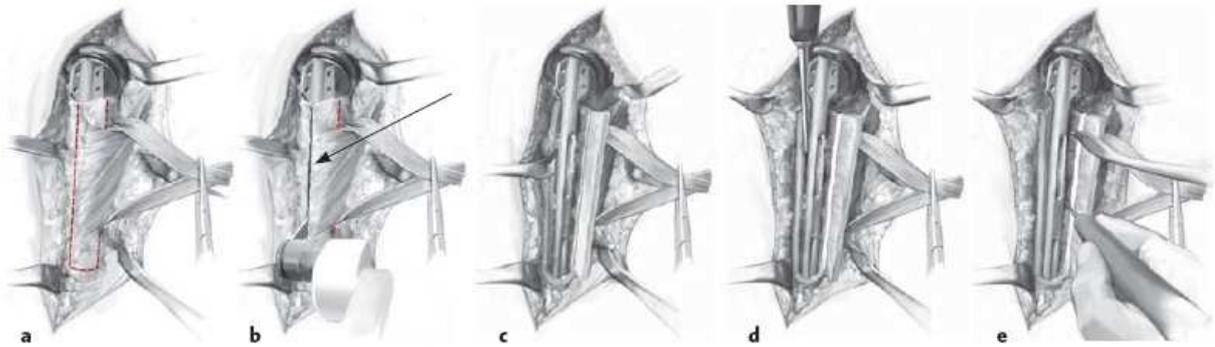


Abb. 3A-E: Präparation eines Musculus-pectoralis-major-gestielten humeralen Knochenfensters (A-C) und Extraktion der Prothese (D-E) [29]

Nach probeweisem Einpassen des Revisionsschafts wird das Glenoid dargestellt, von Restknorpel befreit und plangefräst. Bei größeren Knochensubstanzdefekten besteht die Möglichkeit eines Glenoidaufbaus mittels autologen Knochenmaterials. Die Basisplatte wird mit Pressfit eingeschlagen und mit vier Spongiosaschrauben fest in der Scapula verankert. Die kraniale und kaudale Schraube sind hierbei winkelstabil und werden divergierend in Coracoidbasis und Margo lateralis der Scapula fixiert, die anteriore und posteriore Schraube verlaufen konvergierend als Zugschrauben.

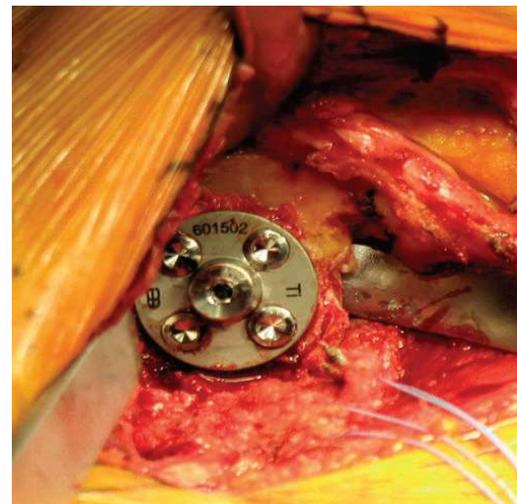
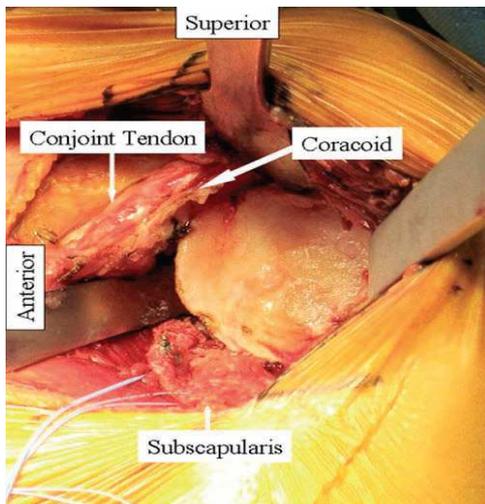


Abb. 4A und B: Intraoperative Bilder. A: Glenoidpräparation. B: Verankerung der Basisplatte [26]

Einbringen und Festdrehen der Glenosphäre, danach wird der Arm zur Implantation der Humeruskomponente außenrotiert. Zur Refixierung des

Knochenfensters erfolgt nun das Vorlegen von Drahtcerclagen, alternativ Fiberwire-Fäden. Nach Probereposition und Überprüfung der Luxationstendenz wird die Revisionsprothese in 10-30° Retroversion einzementiert. Nach Aushärten des Knochenzements wird die Gelenkstabilität überprüft, die Prothese nach Einbringen des Polyäthylen-Inlays reponiert sowie das humerale Fenster mittels Drahtcerclagen verschlossen. Verbliebene Reste der Rotatorenmanschette und der Tubercula werden über nicht-resorbierbare Fäden refixiert, anschließend Einbringen einer Redondrainage und schichtweiser Wundverschluss [29].

2.5. Standardnachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt bei komplikationsloser Implantation des künstlichen Gelenks entsprechend folgendem Standard, der den individuellen Bedürfnissen des Patienten angepasst wird.

Unmittelbar postoperativ erhält der Patient zur Ruhigstellung des Gelenks, sicheren Einheilung der Metaglène und Entlastung des meist geschwächten Acromions ein Thoraxabduktionskissen, das bis zur sechsten Woche getragen wird. Aufgrund häufiger Kontamination im Sinne eines klinisch inapparenten Low-Grade-Infekts sollte die perioperative Antibiose mindestens bis zum Erhalt der Anaerobierkulturen fortgesetzt werden, die Entfernung der Redondrainage erfolgt am 3. postoperativen Tag.

Die postoperative Beübung richtet sich nach den intraoperativen Gegebenheiten und sollte möglichst frühzeitig erfolgen. Üblicherweise wird bis zur sechsten Woche aktiv-assistierte Beübung ohne Limitierung der Elevation, Abduktion und Innenrotation durchgeführt. Die Außenrotation wird zunächst auf 20° weniger als intraoperativ möglich limitiert. Ab der sechsten postoperativen Woche erfolgt nach einer Röntgenkontrolle die Freigabe der aktiven Beübung und Kräftigung des Musculus deltoideus. Das Heben von Lasten über 2 kg mit dem operierten Arm sollte für 3 Monate postoperativ vermieden werden. Es schließt sich in der Regel eine längerfristige krankengymnastische Behandlung an.

Röntgenologische Kontrolluntersuchungen erfolgen nach stationärer Entlassung

6 Wochen, 3, 6 und 12 Monate postoperativ sowie im weiteren Verlauf alle 1-2 Jahre.

2.6. Mögliche Komplikationen

Neben den allgemeinen Operationsrisiken wie Wundinfektion, Wundheilungsstörungen und Gefäß-Nerven-Verletzungen, hier insbesondere der anterioren Axillarisäste und des Plexus brachialis, sind spezifische Komplikationen der Schulterarthroplastik beschrieben [84]

Zu den am häufigsten dokumentierten Komplikationen der Schulterendoprothetik zählen Luxationen und Subluxationen. Das Auftreten von Lockerungen oder Entkoppelungen der Prothesenkomponenten, intraoperativer Frakturen des Humerus und/ oder Glenoids, sowie heterotoper Ossifikationen wird ebenfalls beschrieben. Postoperativ kann es insbesondere nach unzureichender Arthrolyse oder verbliebenen Knochenfragmenten zu persistierenden Schmerzereignissen, Bewegungseinschränkungen und Schultersteife kommen, die Revisionseingriffe erforderlich machen können. Zugangsbedingte Läsionen des Musculus deltoideus und Musculus pectoralis aufgrund der Voroperationen können zu Muskelatrophien und daraus resultierenden deutlichen Einschränkungen der aktiven Beweglichkeit führen [29, 84].

Erosionen am inferioren Glenoidpol („inferiores Glenoid-Notching“) werden durch ein Anschlagen der Humeruskomponente gegen das Tuberculum infraglenoidale verursacht und können zu einer durch Polyäthylen-Abrieb verursachten Synovialitis führen [73].

2.7. Vorstellung der reversen Endoprothese

Paul Grammont entwickelte 1985 in Dijon die reverse Schulterendoprothese. Hierbei handelt es sich um eine Umkehrung der Anatomie des Glenohumeralgelenks mit einer großen Kugel auf der Glenoidseite und einer kleinen Schale auf der Humerusseite, die in einem nicht-anatomischen Inklinationswinkel von 155° eingebracht wird und nicht mehr als die Hälfte der Hemisphäre einnimmt. Mobilität und Stabilität werden allein durch den

Musculus deltoideus garantiert, der die insuffiziente Rotatorenmanschette ersetzt.



Abb. 5: Komponenten der reversen Endoprothese nach Grammont [73]

Das Konzept dieser reversen Schulterprothese basiert im Wesentlichen auf drei Prinzipien. Das feste Rotationszentrum mit großer Glenoidhemisphäre steht in direktem Kontakt zur Glenoidoberfläche, was zu einer Erhöhung der Gelenkstabilität führt. Zusätzlich wirkt sich die Medialisierung des Rotationszentrums in einer Minimierung der Scherkräfte auf das Glenoid und einer Verbesserung der Abduktion durch Rekrutierung von mehr Fasern des anterioren und posterioren Musculus deltoideus aus. Der relative Humerustiefstand zum Acromion ermöglicht eine Erhöhung der Vorspannung des Musculus deltoideus und damit einen größeren Bewegungsumfang vor Eintreten eines Impingement (Abb. 6).

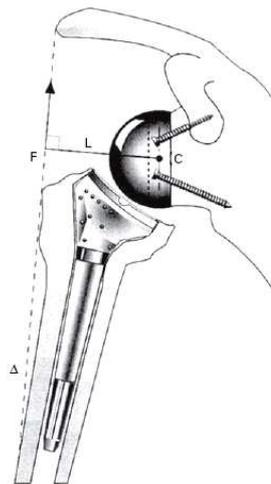


Abb. 6: Hauptprinzipien der reversen Endoprothese: Das Rotationszentrum C liegt der Glenoidoberfläche direkt an und es besteht ein relativer Humerustiefstand (L =Hebelarm von Kraftvektor F und Musculus deltoideus Δ) [5].

Probleme, die sich aus der Biomechanik ergeben, sind Instabilitäten, Glenoid- oder Schafflockerungen, inferiores Glenoid-Notching und Polyäthylenabrieb, sowie eine limitierte Innen- und Außenrotation [7].

Instabilitäten können insbesondere bei Revisionseingriffen an der Schulter durch Schädigung und Atrophie der anterioren Deltamuskulatur auftreten, bedingt durch den gewählten Zugangsweg. Dies wird ebenso durch die Medialisierung des Humerus, eine insuffiziente Spannung des Musculus deltoideus oder ein mediales Impingement begünstigt.

Mangelnde Knochenfestigkeit, posttraumatisch fehlende Epi- und Metaphyse oder Infektionen mit Low-Grade-Keimen können zu einer Lockerung der Prothesenkomponenten führen.

Eine in mehr als 50% berichtete Komplikation stellt das „inferiore Glenoid-Notching“ dar [21]. Es ist das Ergebnis eines Impingement des medialen Humeruskopf am inferioren Scapulahals bei Adduktionbewegung. Dies kann zu einem Polyäthylenabrieb mit konsekutiver Synovialitis führen [73].

Die Limitation der Rotationsbewegung erklärt sich aus der Medialisierung von Drehzentrum und Humerus. Hierdurch wird die Kompensation der fehlenden Innen- und Außenrotatoren durch den Musculus deltoideus erschwert. Bei noch intaktem Musculus teres minor kann jedoch eine gute Außenrotation erzielt werden [8].

3. Ergebnisse

3.1. Gesamtkollektiv

Im Zeitraum von Juni 2001 bis Februar 2005 wurden 47 posttraumatische Revisionsoperationen unter Verwendung der reversen Endoprothese nach Grammont durchgeführt. Es handelte sich hierbei um 34 Frauen und 13 Männer mit einem mittleren Alter zum Operationszeitpunkt von 66,8 Jahren. Die Wechseloperation erfolgte bei 31 Patienten (66%) nach initial endoprothetischer Versorgung (21 fehlgeschlagene Hemiprothesen, 10 inverse Schulterprothesen). Zur Explantation der Endoprothesen war in allen Fällen eine Fensterung des Humerus notwendig. Die übrigen 16 Revisionen (34%) wurden nach fehlgeschlagener Osteosynthese durchgeführt (neun Plattenosteosynthesen, vier Drahtosteosynthesen und drei Schraubenosteosynthesen). Die dominante Seite war in 57% der Fälle (27 Patienten) betroffen, 28 Operationen erfolgten an der rechten, sowie 19 an der linken Schulter. Es waren durchschnittlich 1,96 Voroperationen am Schultergelenk durchgeführt worden, mit einer Spannweite von einer bis acht Operationen, wobei sich 24 Patienten zum Zeitpunkt der Revisionsimplantation bereits mehr als einer Voroperation an der betroffenen Schulter unterzogen hatten.

3.1.1. Constant-Score und alters- und geschlechtsadaptierter Score

Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse hat sich der Constant-Score (CS) bewährt. Um Unterschiede innerhalb verschiedener Altersgruppen sichtbar zu machen, wird der alters- und geschlechtsadaptierte Score (AES) verwendet. Hierbei wird der von jedem Patienten erreichte Absolutwert des Constant-Score ins Verhältnis zum Durchschnittswert der gesunden, altersentsprechenden Gesamtpopulation gesetzt; seine Angabe erfolgt als Prozentwert.

Im untersuchten Patientenkollektiv ließ sich der Constant-Score um 34 Punkte von präoperativ 14,2 Punkten auf postoperativ 48,2 Punkte verbessern. Diese signifikante Steigerung stellt sich vor allem auch im alters- und geschlechtsadaptierten Score dar. Bei durchschnittlich 19 % präoperativ konnten in der Kontrolluntersuchung etwa 66% im Vergleich zur gesunden

altersentsprechenden Gesamtpopulation erzielt werden. Die große Spannweite der Ergebnisse von 29% bis 103% verdeutlicht die Abhängigkeit des Endresultats von der individuellen Ausgangssituation des Patienten.

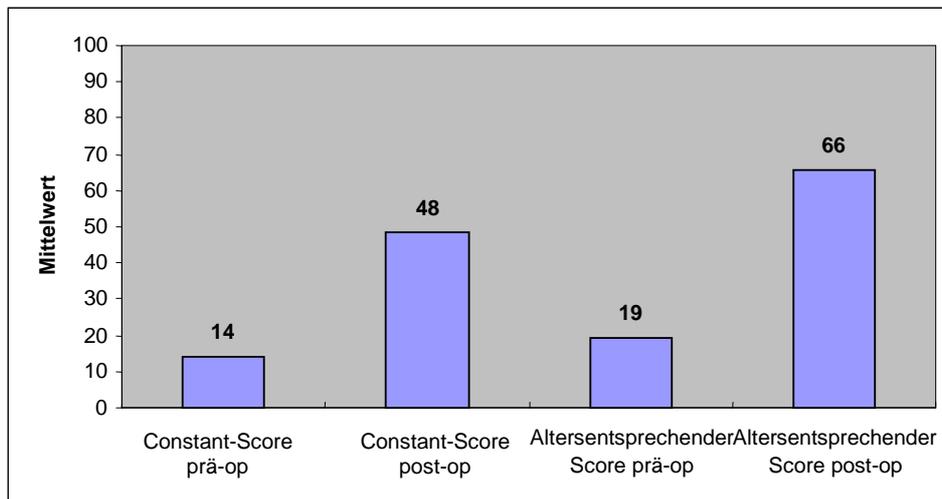


Diagramm 2: Gesamtkollektiv: Constant-Score und altersentsprechender Score

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Constant-Score prä-op	47	7	26	14,19	5,02
Constant-Score post-op	47	20	73	48,22	13,66
Altersentsprechender Score prä-op	47	10	36	19,04	6,04
Altersentsprechender Score post-op	47	29	103	65,64	17,67

Tab. 4: Gesamtkollektiv: Constant-Score und Altersentsprechender Score (Werte des Altersentsprechenden Scores sind Angaben in Prozent)

3.1.2. Faktoren des Constant-Score

Im Hinblick auf die einzelnen Faktoren des Constant-Score war ebenfalls eine signifikante Steigerung zu beobachten. So wurde eine Verbesserung der Schmerzsymptomatik um durchschnittlich 6,8 Punkte (von 4,4 Punkten auf 11,1 Punkte; $p < 0,001$) erzielt. Bei Betrachtung der Beweglichkeit ließ sich eine deutliche Zunahme von 5 Punkten auf 20,6 Punkte ($p < 0,001$) feststellen. Die Aktivität konnte im Mittel um 7,8 Punkte von 3,8 Punkten auf 11,6 Punkte ($p < 0,001$) gesteigert werden, die Kraft verbesserte sich von einem Punkt auf 4,8 Punkte ($p < 0,001$).

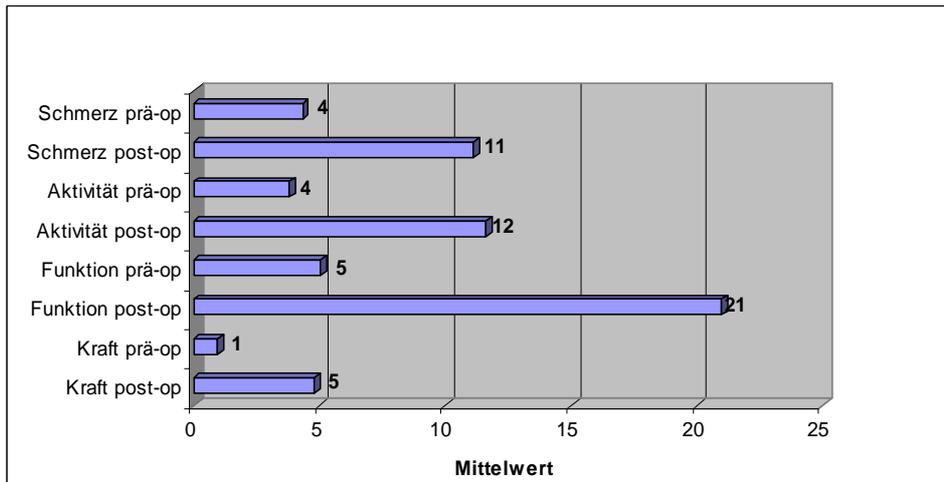


Diagramm 3: Gesamtkollektiv: Faktoren des Constant-Score

Auffällig ist, dass der präoperative Minimalwert in den Bereichen Funktion und Kraft in Einzelfällen jeweils Null betrug. Diese Werte wurden bei schwerer Einsteifung der betroffenen Schulter oder chronischer Instabilität gefunden. Unter optimalen Bedingungen wurden postoperativ Maximalwerte für Schmerz und Aktivität erzielt.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Schmerz prä-op	47	1	14	4,35	3,04
Schmerz post-op	47	2	15	11,13	3,76
Aktivität prä-op	47	2	7	3,81	1,33
Aktivität post-op	47	5	20	11,64	4,02
Funktion prä-op	47	0	12	5,06	2,76
Funktion post-op	47	6	32	20,64	7,28
Kraft prä-op	47	0	2	0,97	0,66
Kraft post-op	47	1	14	4,81	3,08

Tab. 5: Gesamtkollektiv: Faktoren des Constant-Score

3.1.3. Beweglichkeit

Beweglichkeitseinschränkungen sind im Zusammenhang mit Revisionseingriffen im Bereich des Schultergürtels relativ häufig, da fehlgeschlagene operative Versorgungen zu einer veränderten Lage des Rotationszentrums und somit der Muskelvorspannung führen. Diese funktionellen Einbußen treten vorwiegend in Elevation und Abduktion auf. Im

Hinblick auf das biomechanische Design der reversen Endoprothese wurde besonderes Augenmerk auf die Rotationsbeweglichkeit gelegt.

Es kam in allen untersuchten Bereichen zu einer signifikanten Zunahme der mittleren aktiven Beweglichkeit. Auch bei fehlender Rotatorenmanschette zeigte sich eine deutliche Verbesserung des aktiven Bewegungsumfanges, wodurch insbesondere Alltagsaktivitäten ermöglicht wurden. War präoperativ eine aktive Elevation und Abduktion oberhalb der Scapularebene ($> 90^\circ$) lediglich in einem Fall möglich, wurden postoperativ in sechs Fällen Maximalwerte erreicht. Die aktive Elevation konnte im Mittel um 66° (von $46,1^\circ$ auf 112°), die aktive Abduktion um 60° (von $40,5^\circ$ auf $100,6^\circ$) gesteigert werden.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
aktive Elevation prä-op	47	10	100	46,06	21,31
aktive Elevation post-op	47	30	180	112,02	31,60
aktive Abduktion prä-op	47	10	80	40,53	17,94
aktive Abduktion post-op	47	30	160	100,64	27,62

Tab. 6: Gesamtkollektiv: Beweglichkeit in Winkelgrad

Bei präoperativ nahezu vollständig fehlender Rotationsfähigkeit konnten postoperativ in Einzelfällen gute Ergebnisse erzielt werden. Die Innenrotationsfähigkeit war präoperativ bei allen Patienten bis zum Sacrum limitiert. Postoperativ erreichten drei Patienten mit dem betroffenen Arm den 12. Brustwirbelkörper, sowie 12 Patienten den dritten Lendenwirbelkörper. Durch den Verlust der Außenrotatoren zeigte sich dagegen bei 16 Patienten eine deutliche Einschränkung der Außenrotation, womit die Durchführung des Nackengriffs nicht möglich war.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Außenrotation prä-op	47	0	2	0,13	0,49
Außenrotation post-op	47	0	10	5,19	3,90
Innenrotation prä-op	47	0	4	0,81	1,15
Innenrotation post-op	47	0	8	3,49	2,19

Tab. 7: Gesamtkollektiv: Beweglichkeit nach Constant-Score

3.1.4. Subjektive Patientenzufriedenheit

Besonderes Augenmerk wurde auf die Erhebung der Patientenzufriedenheit mit dem Operationsergebnis gelegt, da es für die Indikationsstellung von Bedeutung ist, in wieweit subjektiv vom Eingriff profitiert werden konnte.

43 Patienten (ca. 92%) waren mit dem Ergebnis zufrieden oder sehr zufrieden. Lediglich ein Patient zeigte sich unzufrieden und drei Patienten enttäuscht. Alle Patienten würden sich dem Eingriff erneut unterziehen.

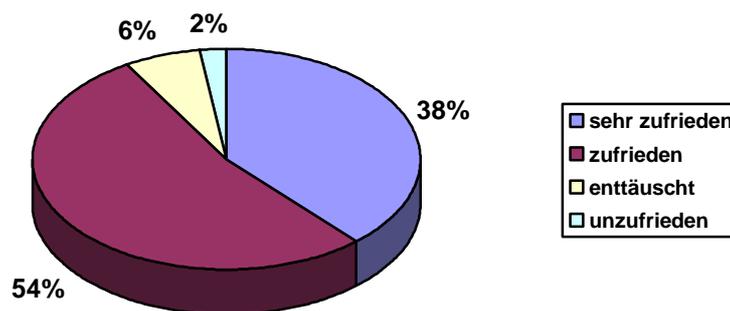


Diagramm 4: subjektive Patientenzufriedenheit

3.1.5. Komplikationen und Revisionen

Im untersuchten Kollektiv kam es bei insgesamt neun Patienten zu postoperativen Komplikationen, die in sieben (14,9%) Fällen einen erneuten operativen Eingriff erforderten. Das Auftreten wurde fast ausschließlich innerhalb des ersten Jahres nach erfolgtem Eingriff diagnostiziert.

Im Zeitraum von zwei bis sechs Wochen nach Implantation der inversen Endoprothese trat bei drei Patienten (6,4%) eine anterosuperiore Luxation auf, wobei in zwei Fällen bereits präoperativ rezidivierende Luxationen beschrieben waren. Zur Wiederherstellung einer ausreichenden Gelenkstabilität war eine offene Reposition mit Verlängerung der proximalen Schaftkomponente bzw. Erhöhung des Polyäthylen-Inlays erforderlich.

Bei einem Patienten kam es drei Monate postoperativ zu einem Rezidiv eines vorbestehenden Low-Grade-Infekts mit *Staphylococcus aureus*. Ein zweizeitiger Schaftwechsel mittels einer artikulierenden Spacerprothese unter Beimischung von Vancomycin und Gentamicin war zur Infektsanierung notwendig.

Infolge eines Sturzes erlitten zwei Patienten (4,2%) eine periprothetische Fraktur, die in einem Fall durch Anlage einer Drahtcerclage und Verlängerung der proximalen Schaftkomponente versorgt werden konnte. Bei der anderen Patientin mussten in einer erneuten Revision eine präkonturierte Platte und ein Fibulaspan mit Drahtcerclagen eingebracht werden, um eine ausreichende Stabilität der Prothese zu gewährleisten. In beiden Fällen kam es nach dem Revisionseingriff zum Auftreten einer passageren Radialisparese, die sich innerhalb von sechs bzw. neun Monaten komplett zurückbildete. Intraoperativ stellte in beiden Fällen ein intakter, aber eingebluteter Nervus radialis dar. Bei einer Patientin kam es 15 Monate postoperativ zu einer Diskonnektion zwischen proximalem Humerus und diaphysärem Humerusschaft, die eine Revision mit erneuter Verschraubung der Humerusepiphyse und Anlagerung von Knochenzement zur Rotationssicherung erforderlich machte.

	N	Auftreten postoperativ
Luxation zwischen Epiphyse und Glenosphäre	3	9 Tage, 2 Wochen, 6 Wochen
Periprothetische Fraktur nach adäquatem Trauma	2	9 Monate, 11 Monate
Postoperative Radialisparese mit kompletter Rückbildung	2	
Rezidivierender Protheseninfekt (Low Grade)	1	3 Monate
Diskonnektion zwischen Humerusepiphyse und diaphysärem Schaft	1	15 Monate

Tab. 8: postoperative Komplikationen

3.1.6. Radiologisches Ergebnis

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung fanden sich bei keinem der Patienten gelockerten Implantate. Ein inferiores Glenoid-Notching konnte in sieben Fällen (14,9%) beobachtet werden, davon dreimal Grad I und viermal Grad II nach Sirveaux et al [73]. Die Ausbildung heterotoper Ossifikationen ließ sich bei fünf Patienten (10,6%) röntgenologisch darstellen, in einem Fall zeigte sich eine leichte Saumbildung entlang des Humerusschaftes. Ein klinisches Korrelat des radiologischen Befundes wurde in keinem dieser Fälle festgestellt.

3.2. Primärversorgung (fehlgeschlagene Prothese versus Osteosynthese)

Im Hinblick auf eine günstigere Ausgangssituation bei einer möglichen Revisionsoperation nach fehlgeschlagener Versorgung proximaler Humerusfrakturen wurden die Ergebnisse nach endoprothetischer und osteosynthetischer Primärversorgung miteinander verglichen.

31 Patienten (15 Frauen, sechs Männer) wurden nach fehlgeschlagener Endoprothetik revidiert, bei 16 Patienten (neun Frauen, sieben Männer) bestand präoperativ eine osteosynthetische Versorgung.

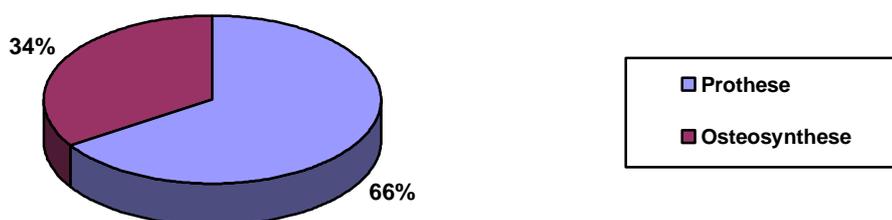


Diagramm 5: Verteilung nach vorangehender Versorgung

In beiden Kollektiven kam es zu einer deutlichen Verbesserung sowohl des Constant-Score als auch des alters- und geschlechtsadaptierten Scores. Nach Prothesenwechseloperationen kam es zu einer Zunahme um 34,2 Punkte (von 12,9 Punkten auf 47,1 Punkte, entsprechend 17,6% auf 65%). Dies entspricht einem relativen Zugewinn von ca. 266%. Demgegenüber erzielten primär osteosynthetisch versorgte Patienten mit 50,3 Punkten (66,9%) ein höheres postoperatives Resultat. Bei zugleich besseren Ausgangswerten von 16,7 Punkten (21,9%) fiel die relative Steigerung mit ca. 209% jedoch geringer aus.

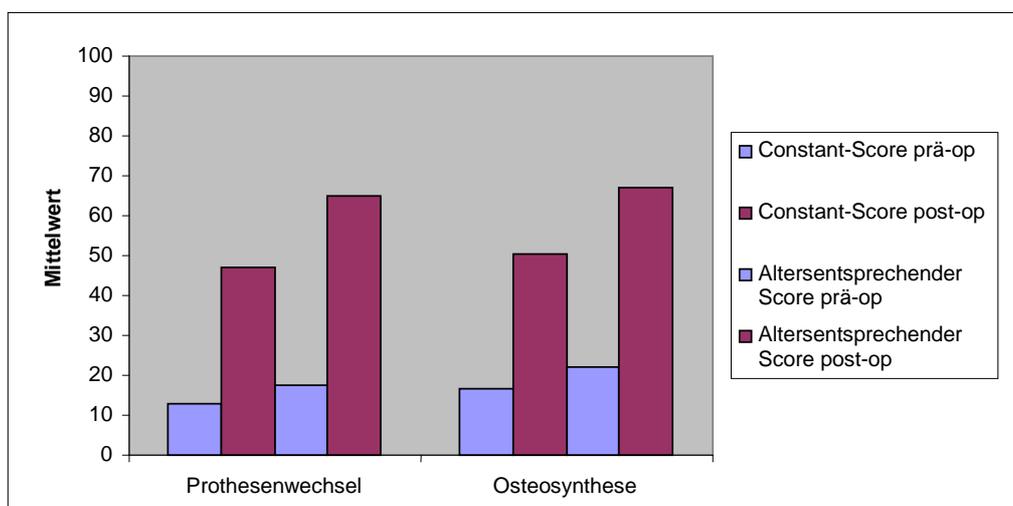


Diagramm 6: Primärversorgung: Constant-Score und Altersentsprechender Score

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Prothesenwechsel	Constant-Score prä-op	31	7	25	12,89	4,53
	Constant-Score post-op	31	22	73	47,14	13,29
	Altersentsprechender Score prä-op	31	10	36	17,56	6,04
	Altersentsprechender Score post-op	31	31	103	64,98	17,70
Osteosynthese	Constant-Score prä-op	16	9	26	16,72	5,10
	Constant-Score post-op	16	20	72	50,31	14,55
	Altersentsprechender Score prä-op	16	12	30	21,91	5,05
	Altersentsprechender Score post-op	16	29	103	66,92	17,52

Tab. 9: Primärversorgung: Constant-Score und Altersentsprechender Score (Werte des Altersentsprechenden Scores sind Angaben in Prozent)

Die Betrachtung der einzelnen Faktoren ergab ein vergleichbares Bild. Nach fehlgeschlagener Osteosynthese lagen sowohl die präoperativen Werte, als auch die durchschnittlichen postoperativen Werte höher als nach endoprothetischer Versorgung.

So konnte die Schmerzsymptomatik durch einen Revisionseingriff nach osteosynthetischer Versorgung von etwa 6 Punkten auf 11,8 Punkte verbessert werden, was einer Steigerung von ca. 98% entspricht. Die mögliche Aktivitätssteigerung betrug ca. 180% (von 4,2 Punkten auf 11,8 Punkte), die Beweglichkeit konnte auf postoperativ durchschnittlich 21,1 Punkte gesteigert werden (Zugewinn um ca. 302%). Auch hinsichtlich der Kraftentwicklung erzielten osteosynthetisch versorgte Patienten mit 5,6 Punkten bessere Endergebnisse.

Demgegenüber fiel das postoperative Resultat bei Patienten nach fehlgeschlagener Endoprothetik hinsichtlich der geklagten Schmerzen mit 10,8 Punkten geringer aus. Mit ca. 206% wurde jedoch ein größerer relativer Zugewinn verzeichnet. Ähnlich verhielt es sich mit der möglichen Aktivitätssteigerung (von präoperativ 3,6 Punkten auf 11,6 Punkte, Steigerung um ca. 221%) und Beweglichkeit (von 5 Punkten auf 20,4 Punkte, Steigerung um ca. 310%).

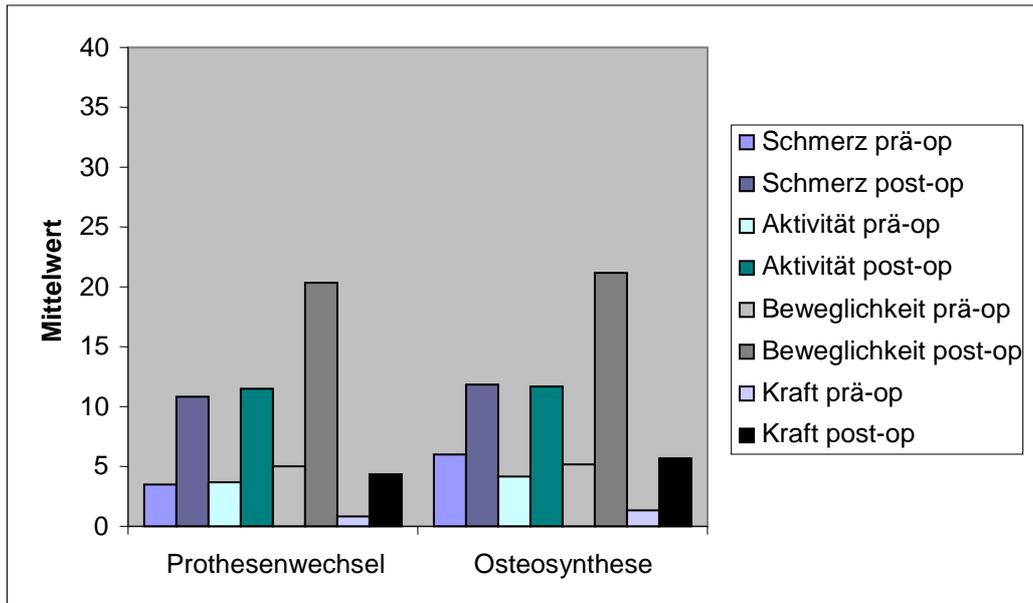


Diagramm 7: Primärversorgung: Faktoren des Constant-Score

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Prothesenwechsel	Schmerz prä-op	31	1	14	3,52	2,54
	Schmerz post-op	31	2	15	10,77	3,68
	Aktivität prä-op	31	2	7	3,61	1,38
	Aktivität post-op	31	7	20	11,58	3,91
	Beweglichkeit prä-op	31	0	12	4,97	2,77
	Beweglichkeit post-op	31	6	32	20,39	7,38
	Kraft prä-op	31	0	2	0,79	0,64
	Kraft post-op	31	1	14	4,39	2,73
Osteosynthese	Schmerz prä-op	16	2	14	5,97	3,34
	Schmerz post-op	16	4	15	11,81	3,94
	Aktivität prä-op	16	2	7	4,19	1,17
	Aktivität post-op	16	5	19	11,75	4,34
	Beweglichkeit prä-op	16	0	10	5,25	2,82
	Beweglichkeit post-op	16	10	30	21,13	7,30
	Kraft prä-op	16	1	2	1,31	0,57
	Kraft post-op	16	1	12	5,63	3,63

Tab. 10: Primärversorgung: Faktoren des Constant-Score

Bei Betrachtung der aktiven Beweglichkeit zeigten sich geringe Unterschiede hinsichtlich der Endresultate. Nach fehlgeschlagener Endoprothetik fanden sich bessere Werte bezüglich der Elevation und Abduktion. So konnte der betroffene Arm postoperativ durchschnittlich um 113,7° flektiert und 102,9° abduziert werden. Nach fehlgeschlagener Osteosynthese wurden im Mittel 108,7° Elevation und 96° Abduktion erreicht. Bei Betrachtung der Verteilung innerhalb

der Kollektive zeigten jeweils 81% eine mögliche Elevation über 90°. Die Revisionsoperation ermöglichte eine aktive Abduktion oberhalb der Scapularlinie bei 48% der Patienten nach Wechseloperation und 56% der Patienten nach primär osteosynthetischer Versorgung.

Hinsichtlich der Rotationsfähigkeit konnten im Mittel etwas bessere Resultate nach primär osteosynthetischer Versorgung erzielt werden. So gelangten 63% der Patienten nach Osteosynthese bei der Durchführung des Schürzengriffs mit ihrem Handrücken auf das Os sacrum oder höher, wohingegen 58% nach endoprothetischer Primärversorgung postoperativ maximal das Gesäß erreichten. Es wurde eine relativ große Streubreite der Ergebnisse beobachtet. Nach Prothesenwechsel konnten etwa 29% der Patienten eine volle Elevation vom Kopf aus durchführen, wohingegen es 26% nicht möglich war, die Hand hinter den Kopf zu legen.

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Prothesenwechsel	Elevation prä-op (in °)	31	10	80	42,42	18,11
	Elevation post-op (in °)	31	30	180	113,71	32,81
	Abduktion prä-op (in °)	31	10	80	42,42	18,66
	Abduktion post-op (in °)	31	30	160	102,90	29,69
	Außenrotation prä-op	31	0	2	0,19	0,60
	Außenrotation post-op	31	0	10	5,16	4,06
	Innenrotation prä-op	31	0	4	0,84	1,13
	Innenrotation post-op	31	0	8	3,16	2,24
Osteosynthese	Elevation prä-op (in °)	16	10	100	53,13	25,62
	Elevation post-op (in °)	16	40	160	108,75	29,86
	Abduktion prä-op (in °)	16	10	80	36,88	16,42
	Abduktion post-op (in °)	16	50	140	96,25	23,35
	Außenrotation prä-op	16	0	0	0,00	0,00
	Außenrotation post-op	16	0	10	5,25	3,71
	Innenrotation prä-op	16	0	4	0,75	1,24
	Innenrotation post-op	16	2	8	4,13	2,00

Tab. 11: Primärversorgung: Beweglichkeit

Hinsichtlich der postoperativen Komplikationen fanden sich nach Wechseloperation einer Frakturprothese sieben revisionsbedürftige Komplikationen in neun Patienten (22,6%), während bei Implantation einer reversen Endoprothese nach fehlgeschlagener Osteosynthese zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung keine Komplikationen aufgetreten waren.

3.3. Indikation zur Wechseloperation

Eine Revisionsoperation am Glenohumeralgelenk erfordert eine sorgfältige präoperative Begutachtung des individuellen Falles. Zur Optimierung des Operationsergebnisses erfolgt unter anderem eine Versagensanalyse der Primärversorgung. Daraus ergibt sich die Frage, ob der Erfolg der Revisionsimplantation mittels reverser Endoprothese von den Gründen des Fehlschlagens abhängig ist.

Das Kollektiv wurde in Abhängigkeit von der Indikation zur Revisionsimplantation in vier Gruppen aufgeteilt. 16 Patienten beklagten chronische Instabilitäten, in 20 Fällen bestand präoperativ eine schmerzhafteste Einsteifung. Eine Lockerung der vorhergehenden Versorgung machte bei sieben Patienten die Wechseloperation erforderlich. Die übrigen vier Revisionen erfolgten nach infizierter Primärversorgung.

Die besten postoperativen Ergebnisse unter Betrachtung des Constant-Score ließen sich nach chronisch-instabiler Versorgung erzielen mit im Mittel 50 Punkten, entsprechend 70,8%. Ein deutlicher Erfolg der Wechseloperation zeigte sich ebenso nach Infektion (im Mittel 48,3 Punkte, entsprechend 61,4%) und schmerzhafter Einsteifung (im Mittel 47,8 Punkte, entsprechend 63,8%). Mit im Mittel 45,4 Punkten (entsprechend 61,4%) wurden nach Komponentenlockerung ebenfalls zufrieden stellende Resultate erreicht.

Die deutlichste Erhöhung des Constant-Score relativ zu seinem Ausgangswert konnte nach chronischer Instabilität verzeichnet werden. Bei mit 12,9 Punkten niedrigstem präoperativem Punktwert ließ sich aufgrund des Revisionseingriffs eine Verbesserung um ca. 37 Punkte erzielen, was einer Steigerung um etwa 287% entspricht. Im Vergleich dazu weniger stark ausgeprägte Änderungen konnten nach Infektion (von im Mittel 14,4 Punkten auf 48,3 Punkte, Steigerung um ca. 236%), nach Lockerung (von im Mittel 14,2 Punkten auf 45,4 Punkte, Steigerung um ca. 219%) und bei Einsteifung (von im Mittel 15,2 Punkten auf 47,8 Punkte, Steigerung um ca. 215%) festgestellt werden.

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
chronische Instabilität	Constant-Score prä-op	16	7	25	12,91	5,14
	Constant-Score post-op	16	22	71	50	13,72
	Altersentsprechender Score prä-op	16	10	36	18,15	7,00
	Altersentsprechender Score post-op	16	34	103	70,84	18,82
schmerzhafte Einsteifung	Constant-Score prä-op	20	8	26	15,18	5,53
	Constant-Score post-op	20	20	73	47,76	16,11
	Altersentsprechender Score prä-op	20	11	30	19,84	5,74
	Altersentsprechender Score post-op	20	29	103	63,79	19,12
Komponentenlockerung	Constant-Score prä-op	7	8	20	14,21	4,23
	Constant-Score post-op	7	36	56	45,41	7,18
	Altersentsprechender Score prä-op	7	11	28	19,27	6,24
	Altersentsprechender Score post-op	7	52	68	61,41	6,13
Infektion	Constant-Score prä-op	4	10	18	14,38	3,15
	Constant-Score post-op	4	35	63	48,30	11,60
	Altersentsprechender Score prä-op	4	12	21	18,23	4,21
	Altersentsprechender Score post-op	4	43	83	61,43	16,89

Tab. 12: Indikation zu Wechseloperation: Constant-Score und Altersentsprechender Score (Werte des Altersentsprechenden Scores sind Angaben in Prozent)

Bei Betrachtung der einzelnen Faktoren des Constant-Score fällt auf, dass unabhängig von der Indikationsstellung in den Bereichen Funktion und Kraftentwicklung präoperativ Minimalwerte zu finden waren. Postoperativ konnten im Bereich Schmerz in individuellen Fällen Maximalwerte erreicht werden.

Bei allen Indikationen kam es zu einer deutlichen Schmerzreduktion. Gaben die Patienten präoperativ bei chronischer Instabilität (im Mittel 3,6 Punkte) und gelockerter Versorgung (im Mittel 3,9 Punkte) relativ starke Schmerzen an, konnte postoperativ eine gute Minderung der Beschwerden erzielt werden (Steigerung um ca. 213% bzw. ca. 218% auf durchschnittlich 11,3 bzw. 12,5 Punkte). Eine zufrieden stellende Verbesserung der Schmerzsymptomatik wurde mit postoperativen Werten von 10,7 Punkten bei schmerzhafter Einsteifung (Steigerung um ca. 110%) und 10,3 Punkten nach infizierter Versorgung (Steigerung um ca. 134%) beobachtet.

Auch die mögliche Aktivität konnte deutlich gesteigert werden. In diesem Bereich profitierten vor allem Patienten mit chronischer Instabilität, mit einer Verbesserung von 3,6 Punkten auf 12,2 Punkte (Steigerung um ca. 242%). Etwa ähnlich gute Resultate wurden mit postoperativen Werten von 12,3 Punkten nach Infekt (Steigerung um ca. 227%) und 11,6 Punkten bei Einsteifung (Steigerung um ca. 194%) erzielt. Die geringste Änderung zeigte sich nach Komponentenlockerung (von im Mittel 4 Punkten auf 10,1 Punkte, Steigerung um ca. 154%).

In Bezug auf die Funktion zeigten sich die höchsten postoperativen Werte mit 21,9 Punkten (entsprechend einer Steigerung um ca. 338%) nach chronischer Instabilität. Ähnlich gute Ergebnisse wurden nach Infektion und Einsteifung beobachtet. Bei im Mittel 20,5 Punkten bzw. 20,3 Punkten fanden sich hier mit ca. 310% ebenfalls sehr gute Zugewinne. Aufgrund eines höheren Ausgangswertes von im Mittel 5,4 Punkten fiel der relative Zuwachs nach gelockerter Versorgung mit ca. 247% am geringsten aus.

Die mögliche postoperative Kraftentwicklung war für sämtliche Indikationen im Durchschnitt eher niedrig. Bei deutlicher interindividueller Streubreite kam es in allen Gruppen zu einer Steigerung der Ausgangswerte, Maximalwerte wurden jedoch nicht erreicht.

Bei Betrachtung der aktiven Beweglichkeit ist festzustellen, dass postoperativ durchschnittlich eine Elevation von mindestens 108° sowie Abduktion über 90° erreicht wurde. Hinsichtlich der aktiven Elevation wurden in allen Kollektiven ähnliche Ergebnisse erzielt. So konnte der betroffene Arm nach chronischer Instabilität (von durchschnittlich 44° auf 116° ; Steigerung um 72%), Infektion (von durchschnittlich 54° auf 115° ; Steigerung um 61%) und Komponentenlockerung (von durchschnittlich 54° auf 111° ; Steigerung um 57%) postoperativ etwas weiter flektiert werden als nach schmerzhafter Einsteifung (von durchschnittlich 44° auf 108° ; Steigerung um 64%). Ein vergleichbares Bild zeigte sich in Bezug auf die aktive Abduktion. Mit postoperativen Werten von durchschnittlich 104° nach chronischer Instabilität und Komponentenlockerung wurden tendenziell bessere Resultate erzielt als bei den anderen Indikationen (mit Endwerten von 90° bzw. 99°).

		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
chronische Instabilität	Schmerz prä-op	16	1	14	3,59	3,04
	Schmerz post-op	16	5	15	11,25	3,48
	Aktivität prä-op	16	2	7	3,56	1,63
	Aktivität post-op	16	7	20	12,19	4,29
	Beweglichkeit prä-op	16	0	12	5,00	3,18
	Beweglichkeit post-op	16	6	32	21,88	7,78
	Kraft prä-op	16	0	1	0,75	0,41
	Kraft post-op	16	1	10	4,69	2,16
schmerzhafte Einsteifung	Schmerz prä-op	20	1	14	5,10	3,50
	Schmerz post-op	20	2	15	10,73	4,35
	Aktivität prä-op	20	2	7	3,95	1,19
	Aktivität post-op	20	5	20	11,60	4,65
	Beweglichkeit prä-op	20	0	10	5,00	2,64
	Beweglichkeit post-op	20	8	30	20,30	7,82
	Kraft prä-op	20	0	2	1,13	0,74
	Kraft post-op	20	1	14	5,13	3,98
Komponentenlockerung	Schmerz prä-op	7	2	8	3,93	1,95
	Schmerz post-op	7	8	15	12,50	2,89
	Aktivität prä-op	7	2	5	4,00	1,15
	Aktivität post-op	7	7	12	10,14	1,95
	Beweglichkeit prä-op	7	0	10	5,43	2,99
	Beweglichkeit post-op	7	12	28	18,86	5,27
	Kraft prä-op	7	0	2	0,86	0,69
	Kraft post-op	7	2	9	3,91	2,24
Infektion	Schmerz prä-op	4	3	7	4,38	1,70
	Schmerz post-op	4	6	15	10,25	3,69
	Aktivität prä-op	4	2	5	3,75	1,26
	Aktivität post-op	4	11	15	12,25	1,89
	Beweglichkeit prä-op	4	4	8	5,00	2,00
	Beweglichkeit post-op	4	10	26	20,50	7,19
	Kraft prä-op	4	0	2	1,25	0,96
	Kraft post-op	4	3	10	5,30	3,00

Tab. 13: Indikation zur Wechseloperation: Faktoren des Constant-Score

Hinsichtlich der Rotationsfähigkeit wurden in individuellen Fällen unabhängig von der Indikationsstellung sowohl Minimal- als auch Maximalwerte für die Außenrotationsfähigkeit erzielt. Bei Infektion fanden sich mit im Mittel 7 Punkten die höchsten postoperativen Werte, wobei sich in diesen Fällen die Innenrotation auf durchschnittlich 1,5 Punkte eingeschränkt zeigte. Zufriedenstellende Ergebnisse fanden sich nach chronischer Instabilität und Einsteifung mit einer Außenrotation von 5,5 bzw. 5,1 Punkten und einer möglichen Innenrotation von 3,9 bzw. 3,7 Punkten. Die niedrigsten postoperativen Werte konnten nach Komponentenlockerung beobachtet

werden, mit einer Außenrotation von durchschnittlich 3,7 Punkten und einer Innenrotation von 3,1 Punkten.

3.4. Falldemonstrationen

Im Rahmen der Kontrolluntersuchungen wurden sehr unterschiedliche Krankheitsverläufe beobachtet. Um die Bandbreite zu verdeutlichen, werden exemplarisch drei Fälle vorgestellt.

1. Fall

Eine 63jährige Patientin erlitt im August 2002 nach einem Sturz eine Trümmerfraktur des proximalen Humerus. Nach osteosynthetischer Versorgung mittels Plattenosteosynthese in einer auswärtigen Klinik kam es unter Mobilisierung zur Dislokation des Osteosynthesematerials. Bei persistierender Fehlstellung der Frakturfragmente erfolgte im September 2002 noch während des Krankenhausaufenthalts die Implantation einer Hemiprothese (Typ Neer II).

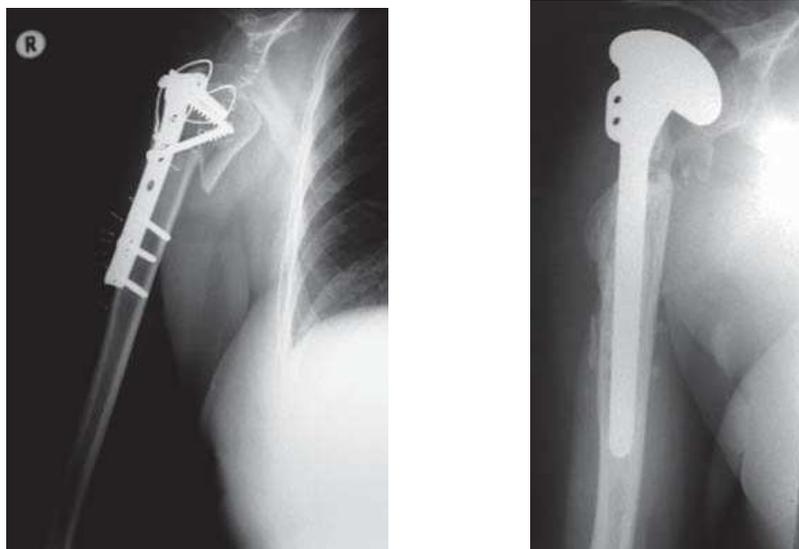


Abb. 7A und B: A: Plattenosteosynthese August 2002. B: Hemiprothese September 2002

Im September 2003 stellte die Patientin sich in unserer Klinik mit ausgeprägter Schmerzsymptomatik und deutlicher Bewegungseinschränkung vor. Der Constant-Score betrug präoperativ 16 Punkte, bei einer aktiven Elevation und

Abduktion von jeweils 70°. Eine Durchführung des Schulter- und Nackengriffs war der Patientin nicht möglich. In der Röntgenuntersuchung zeigte sich eine anterosuperiore Dezentrierung bei Rotatorenmanschetteninsuffizienz. Daraufhin wurde die Patientin zum Prothesenwechsel auf eine reverse Endoprothese einbestellt.

Intraoperativ wurde ein Revisionsimplantat mit langem Schaft verwendet. Zur Explantation erfolgte die Anlage eines pectoralisgestielten Humerusfensters, das mittels Drahtcerclage gesichert wurde.

Die Nachuntersuchung erfolgte 25 Monate postoperativ. Die Patientin präsentierte sich sehr zufrieden mit dem erreichten Ergebnis. Der Constant-Score verbesserte sich auf 58,6 Punkte, entsprechend 83,7% des alters- und geschlechtsadaptierten Scores. Die Patientin war schmerzfrei und zeigte einen deutlich gesteigerten aktiven Bewegungsumfang mit einer Elevation von 140° und Abduktion von 100°. Die aktive Außenrotation blieb limitiert, der Mund konnte gerade eben erreicht werden. Die Patientin fühlte sich dadurch im Alltag jedoch nur gering eingeschränkt.



Abb. 8 A-D: Beweglichkeit 25 Monate postoperativ

Die postoperativ angefertigten Röntgenbilder zeigten eine regelrechte Implantatlage ohne Lockerungszeichen bei intakter Drahtcerclage. Ein inferiores Glenoid-Notching war nicht aufgetreten.



Abb. 9 A und B: Röntgenkontrolle 25 Monate postoperativ a) a.p., b) axial

2. Fall

Eine 65jährige Patientin erhielt im Juni 2002 in einem auswärtigen Krankenhaus eine Hemiprothese Typ Neer bei Mehrfragmentfraktur des Humeruskopfes. Es entwickelte sich ein posttraumatisches komplex-regionales Schmerzsyndrom des betroffenen Armes. Die Patientin wurde im Dezember 2002 in unserer Klinik vorstellig. Sie klagte insbesondere über eine stark schmerzhaft eingeschränkter Beweglichkeit, die eine Verrichtung von Alltagstätigkeiten nahezu unmöglich mache (aktive Elevation 40°, Abduktion 10°). Der präoperative Constant-Score betrug sieben Punkte. Röntgenologisch zeigte sich eine nach ventral luxierte Prothese bei vollständiger Rotatorenmanschetteninsuffizienz sowie ein bis in die suprakondyläre Region des distalen Humerus reichender Zementköcher.



Abb. 10: Hemiprothese Juni 2002

Intraoperativ gestaltete sich die Entfernung der Prothese bei osteoporotisch verändertem Knochen schwierig, weshalb die Extraktion der Zementreste zunächst inkomplett erfolgte. Bei komplikationslosem postoperativem Verlauf wurde die Patientin mit einer passiven Flexion und Abduktion von 60° entlassen.

Elf Monate postoperativ erlitt die Patientin bei einem Sturz eine periprothetische Fraktur am Unterrand der Endprothese. Es war eine erneute Revisionsoperation mit Einbringen einer präkonturierten Platte und der Anlage autologen Knochenmaterials mit Drahtcerclagen erforderlich (Abb. 11). Noch vorhandene Residuen des Zementköchers wurden vollständig entfernt. Bei intraoperativ intakter Kontinuität des Nervus radialis kam es im postoperativen Verlauf zur Ausbildung einer inkompletten Radialisparese im Bereich des Ellenbogengelenks. Unter konsequenter physikalischer Nachbehandlung mit Lymphdrainage, Hochlagerung, Krankengymnastik und Radialisschiene wurde eine Rückbildung der Symptomatik innerhalb von sechs Monaten beobachtet.



Abb. 11 A und B: A: periprothetische Fraktur 11 Monate postoperativ. B: Revisionsoperation mit Einbringen einer präkonturierten Platte und Drahtcerclagen

Bei der Nachuntersuchung 26 Monate postoperativ zeigte sich die Patientin unzufrieden mit der aktuellen Situation. Der Constant-Score betrug 26,7 Punkte (38,1%). Die Patientin beklagte eine weitgehende Bewegungseinschränkung und Schmerzen von Seiten der betroffenen Schulter. Die aktive Beweglichkeit betrug 50° Flexion und Abduktion bei weiterhin nicht durchführbarem Nacken- und Schürzengriff. Die Röntgenaufnahmen zeigten ein inferiores Glenoid-Notching Grad II bei ansonsten regelrechter Komponentenlage.



Abb. 12: Röntgenkontrolle 26 Monate postoperativ mit inferiorem Glenoid-Notching Grad II

3. Fall

Eine 63jährige Patientin zog sich nach einem Sturz im Mai 2002 eine Mehrfragmentfraktur des proximalen Humerus zu, die in einem auswärtigen Krankenhaus mittels Spickdrahtosteosynthese versorgt wurde. Bei ausgeprägter Schmerzsymptomatik und deutlicher Beeinträchtigung im täglichen Leben stellte sie sich im April 2003 mit dem Wunsch einer operativen Versorgung in unserer Klinik vor. Präoperativ war die aktive Beweglichkeit auf 60° Elevation und 50° Abduktion eingeschränkt. Röntgenologisch fand sich eine pseudarthrotische Deformität des Humeruskopfes.

Der intraoperative Befund mit dislozierten Fragmenten und bis in den Gelenkraum reichenden Verwachsungen erforderte eine ausgedehnte Arthrolyse. Das Glenoid stellte sich durch die Drahtspritzen der vorhergehenden Versorgung bereits deutlich arrodiiert dar.

Bei gutem postoperativem Verlauf konnte die Patientin mit einer passiven Beweglichkeit von 110° Flexion und 95° Abduktion in die Rehabilitation entlassen werden.

Die Kontrolle erfolgte 21 Monate postoperativ. Bei Schmerzlosigkeit war die Patientin sehr zufrieden mit dem Ergebnis. Der Constant-Score hatte sich von präoperativ 20 Punkten auf 72,2 Punkte (103,1%) verbessert, bei einer guten Wiederherstellung der Beweglichkeit (Elevation 130°, Abduktion 120°). In der Röntgenuntersuchung zeigte sich ein inferiores Glenoid-Notching Grad I, das jedoch nicht zu Beeinträchtigungen der Alltagstätigkeiten führte.

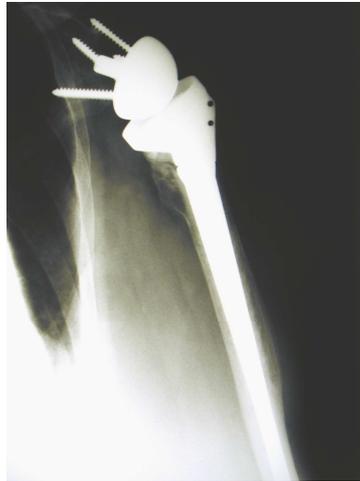


Abb. 13: Röntgenkontrolle 21 Monate postoperativ

4. Diskussion

4.1. Revisionsoperationen mit der reversen Endoprothese

4.1.1. Einführung

Die Revisionsarthroplastik des Schultergelenkes zählt zu den Herausforderungen der Schulterchirurgie. Technische Schwierigkeiten resultieren nicht zuletzt aus einer Kombination von vorbestehenden Knochen- und Weichteildefekten, die einen wesentlichen Einfluss auf das Endergebnis ausüben. In den letzten Jahren ist eine zunehmende Rate an operativen Primär- und Sekundäreingriffen am Schultergelenk zu verzeichnen, was für die Zukunft eine erhöhte Anzahl an Revisionsoperationen erwarten lässt [60].

Das Fehlschlagen einer vorausgehenden Versorgung kann nach Petersen und Hawkins in drei Kategorien klassifiziert werden: Weichteildefekte, Knochendefekte und komponentenbedingtes Implantatversagen [61]. Meist sind die Gründe multifaktoriell bedingt. Zu den häufigsten Ursachen eines erneuten operativen Eingriffs zählen neben Instabilitäten insbesondere Komponentenlockerungen, wobei die Glenoidkomponente häufiger betroffen ist als der Humerusschaft [48].

Derzeit finden sich in der Literatur nur wenige Veröffentlichungen zur Verwendung der reversen Endoprothese als Revisionsimplantat. Die Komplexität dieses Eingriffs spiegelt sich unter anderem in den deutlich schlechteren Ergebnissen und höheren Komplikationsraten im Vergleich zur Primärendoprothetik wieder [8, 72, 80, 82].

Die reverse Prothese wird vor allen Dingen bei Patienten mit weitestgehendem Verlust der Schulterfunktion eingesetzt, bei denen unter konventioneller endoprothetischer Versorgung nur geringe Erfolge zu erwarten sind [56, 68, 83, 87]. So beschreiben Sanchez-Sotelo et al [68] einen lediglich moderaten funktionellen Benefit für Revisionseingriffe mittels anatomischer Endoprothesen. Eine Schmerzreduktion erreichten nur rund 75% der Patienten .

4.1.2. Ergebnisse nach Revisionseingriffen

Die Ergebnisse unserer Studie unterstützen den Einsatz der reversen Endoprothese als Revisionsimplantat. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung des Constant-Score gegenüber der präoperativen Ausgangslage mit einer Steigerung um 34 Punkte auf 48 Punkte, was einem alters- und geschlechtsadaptierten Wert von 66% entspricht.

Unsere Beobachtungen werden durch andere Publikationen bestätigt [21, 41, 57, 71, 80].

De Wilde schlug 2001 erstmalig die Verwendung einer reversen Endoprothese als Revisionsimplantat nach fehlgeschlagenem Gelenkersatz vor. In seiner Studie kam es zu einer Verbesserung des Constant-Score von 14 % auf 62 % bei einem Nachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren. Schlechtere Ergebnisse traten bei Patienten mit präoperativen Komplikationen auf [21].

Ähnlich Resultate zeigte eine Untersuchung mit 58 Prothesenimplantationen bei schmerzhafter Pseudoparalyse, darunter 41 Revisionen. Trotz erhöhter Komplikationsrate wurde eine Steigerung des Constant-Score von 29% auf 64% erzielt [82].

Boileau et al [8] veröffentlichten eine Vergleichsstudie mit 45 Patienten unterschiedlicher Ätiologien, darunter 19 Revisionen nach fehlgeschlagener Endoprothese. In seinem Patientenkollektiv ließ sich eine Zunahme des Constant-Score von 15 auf 46 Punkte erzielen. Dies war signifikant geringer im Vergleich zum Einsatz bei Defektarthropathie (postoperativ 66 Punkte). Die Anzahl postoperativer Komplikationen war ebenfalls deutlich höher (47% gegenüber 5%).

Jouve et al [41] publizierten Daten bei 65 Wechseloperationen, darunter 65% Frakturprothesen. Es wurde eine Verbesserung des Constant-Score von 16,7 auf 48,9 Punkte erzielt, entsprechend 22,7% auf 67,2%. Die Komplikationsrate betrug 25% bei 16,9% Revisionen.

Vergleichbare Ergebnisse veröffentlichten Wall et al [80] kürzlich in einer Multicenterstudie mit 240 reversen Endoprothesen, davon 22,5% Revisionsimplantate. Es wurden postoperativ 52 Punkte erzielt bei einer Komplikationsrate von 36,7%.

4.1.3. Funktionelle Ergebnisse

Die funktionellen Ergebnisse scheinen nach Revisionsoperationen im Vergleich zum Einsatz der reversen Endoprothese bei Defektarthropathie auch weniger vorhersehbar und ungünstiger zu sein. Dennoch kann ein größerer Bewegungsumfang erzielt werden, als dies unter Verwendung anatomischer Implantate möglich ist [1, 12, 50, 73]. Dies lässt sich durch eine in Folge der Revisionseingriffe häufig auftretende Degeneration der Rotatorenmanschette erklären, die eine wichtige Voraussetzung für die funktionelle Verbesserung nach konventioneller Endoprothetik darstellt [61, 83].

Die besten funktionellen Resultate für den Einsatz der reversen Endoprothese publizierten Sirveaux et al [73] mit einer aktiven Elevation von 138° bei 80 Patienten mit Defektarthropathie. Wall et al [80] revidierten 54 fehlgeschlagene Endoprothesen mit einer Verbesserung der möglichen Flexion auf 118°. In anderen Veröffentlichungen zu Revisionsimplantationen wurden Werte zwischen 90° und 116° beobachtet [8, 41, 42, 82].

Die publizierten Ergebnisse bestätigen unsere Daten. So wurde im eigenen Patientenkollektiv eine Verbesserung der aktiven Elevation auf 112° erzielt.

Eines der Probleme bei Verwendung der reversen Endoprothese bleibt die Rotationsbeweglichkeit. In vielen Veröffentlichungen wird ähnlich unserer Beobachtungen eine deutliche Einschränkung der Außenrotationsfähigkeit beschrieben [7, 21, 41, 57, 80]. Die postoperativ mögliche Zunahme der Beweglichkeit in dieser Ebene scheint von der Funktionalität des Musculus teres minor und Musculus infraspinatus abhängig zu sein [7, 21]. So beschreiben Boileau et al [7] ungünstigere Endresultate bei einer mehr als 50%igen fettigen Degeneration des Musculus teres minor. Eine Verbesserung in dieser Bewegungsrichtung könnte durch die Kombination der Prothesenimplantation mit einem Latissimus-dorsi-Transfer erzielt werden [28, 34]. Damit entsteht allerdings eine weitere Schwächung der Innenrotation [29].

4.1.4. Subjektive Zufriedenheit

Die subjektive Zufriedenheit unserer Patienten mit der Operation war sehr hoch, vergleichbar mit den Beobachtungen anderer Autoren [10, 27, 41, 42, 82]. Eine Korrelation zu guten Ergebnissen besteht allerdings nicht immer. Dies erklärt sich daraus, dass die Patienten nach dem Eingriff rasch von einer Besserung ihrer Beschwerden und einer deutlichen Schmerzreduktion profitieren. Das funktionelle Ergebnis, welches den Score-Wert erheblich beeinflusst, wird subjektiv jedoch meist geringer gewichtet.

4.1.5. Alternativen zur Revision mit der reverser Schulterendoprothese

Als mögliche Alternative zu Revisionsoperationen mit der reversen Endoprothese wird in der Literatur die Resektionsarthroplastik oder „Pendelschulter“ erwähnt. Eine gewisse Schmerzlinderung kann hier lediglich unter Inkaufnahme sehr schlechter funktioneller Ergebnisse mit deutlich eingeschränkter Abduktion und schwacher Rotationsfähigkeit erzielt werden [25, 46, 63]. Bei limitierter Datenlage ist die Resektionsarthroplastik deshalb als „ultima ratio“ zu verstehen.

Eine weitere Alternative stellt die glenohumerale Arthrodesse dar. Diese erscheint indiziert, wenn Destruktionen des Musculus deltoideus von mehr als 50% vorliegen, eine komplette Axillarisläsion nachgewiesen werden kann oder Kontraindikationen für eine endoprothetische Versorgung bestehen [14, 15, 29, 73]. Sie ist ebenfalls lediglich als palliative Option zu verstehen. Es finden sich nur wenige Daten zur Fusionsrate nach Entfernung eines vorhergehenden Implantates. Die knöcherne Konsolidierung ist aufgrund vorbestehender Knochendefekte unsicher, stellt jedoch ein entscheidendes Kriterium für den Operationserfolg dar [67, 70].

4.1.6. Schlussfolgerung

Die Revisionsimplantation mittels reverser Endoprothese ermöglicht eine deutliche Schmerzreduktion und Zunahme des funktionellen Bewegungsumfangs, die den Patienten frühzeitig eine Erleichterung der Alltagstätigkeiten erlaubt. Im Vergleich mit veröffentlichten Daten bei

Defektarthropathie fallen die Resultate deutlich geringer aus [34, 73]. Die Ergebnisse zeigen sich abhängig von einer sorgfältigen Diagnosestellung und dem funktionellen Zustand der Rotatorenmanschette, insbesondere des Musculus teres minor.

4.2. Versorgung proximaler Humerusfrakturen

4.2.1. Einführung

Zur operativen Versorgung komplexer proximaler Humerusfrakturen stehen grundsätzlich zwei therapeutische Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann eine offene Reposition mit nachfolgender primär osteosynthetischer Versorgung der Fraktur erfolgen. Daneben besteht die Option der primären Implantation einer Endoprothese.

Derzeit ist nicht geklärt, welchem Verfahren insbesondere unter Berücksichtigung des Lebensalters der Patienten der Vorzug zu geben ist. Besonders jüngere Patienten werden bevorzugt einer Humeruskopf-erhaltenden Operationstechnik zugeführt, da in diesem Kollektiv bei stabiler Fixierung der Fragmente unter größtmöglicher Schonung der Weichteile gute Ergebnisse zu erzielen sind [2, 16, 24, 52, 53]. Komplexe Frakturtypen sind jedoch teilweise mit enttäuschenden funktionellen Resultaten und einem erhöhten Risiko schwerwiegender Komplikationen vergesellschaftet [51, 54, 55, 77].

Einige Autoren empfehlen daher bei der dislozierten Mehrfragmentfraktur die Primärimplantation einer Endoprothese [5, 33, 37, 54, 55, 86]. Es werden exzellente oder gute Resultate bei etwa 91% der Patienten beschrieben [9, 54, 55, 76]. Es lässt sich eine deutliche Schmerzreduktion bei 73-97 % der Patienten erzielen. Die funktionellen Ergebnisse sind jedoch auch hier uneinheitlich [6, 16, 30, 43, 65, 78]. So werden Constant-Score-Werte von 38 bis 68 Punkten bei einer großen Streubreite zwischen sehr guten und schlechten Resultaten innerhalb der Studien beschrieben [9, 30, 49, 62, 65, 88]. In einer prospektiven Studie berichtet Stableforth [76] über 16 Patienten mit

endoprothetisch versorgter 4- Fragment-Fraktur. Alle hatten ein gutes funktionelles Ergebnis. Dagegen fand Zyto 1998 [88] bei 27 Frakturprothesen ausschließlich schlechte Ergebnisse mit einer Einschränkung der aktiven Elevation auf 70°. In einer Multicenterstudie mit 71 Frakturprothesen präsentierte Boileau [6] 16% sehr gute, 26% gute, 25% befriedigende und 33% schlechte Ergebnisse. Besonders niedrige funktionelle Resultate fanden sich bei fehlerhafter Prothesenlage und Osteotomie der Tubercula.

Es finden sich nur einige wenige Vergleichsstudien zum Einsatz einer Endoprothese oder Osteosynthese bei Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes. Neer beschreibt 1970 bei 97% der endoprothetisch versorgten Patienten ein sehr gutes oder gutes funktionelles Ergebnis, jedoch bei keinem Patienten mit Osteosynthese [54, 55]. Aus diesem Grund fordert er bei dislozierter 4-Fragment-Fraktur die Implantation einer Schulterprothese. Diese Ergebnisse ließen sich jedoch in nachfolgenden Beobachtungen nicht reproduzieren. Misra et al [51] berichten über eine bessere Schmerzreduktion, jedoch nur einen tendenziell größeren Bewegungsumfang nach endoprothetischer Versorgung. In einer vergleichenden prospektiven Studie konnten Hoellen et al [39] keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ergebnisse erkennen. Auch Handoll et al [35] stellten in einer Untersuchung für die Cochrane Collaboration fest, dass es derzeit kein überlegenes Behandlungsverfahren zur Behandlung der proximalen Humerusfraktur im Erwachsenenalter gibt.

Bei der kontrovers diskutierten Primärversorgung der komplexen proximalen Humerusfraktur stellt sich auch im Hinblick auf eine mögliche Rückzugsoperation die Frage, welches Vorgehen die besseren Resultate erbringt.

4.2.2. Reverse Endoprothese nach fehlgeschlagener Frakturversorgung

In unserem Patientenkollektiv zeigte sich, dass die Ergebnisse reverser Endoprothesen nach Osteosynthese trotz geringerer Anzahl an Voroperationen nur tendenziell besser waren als nach fehlgeschlagener Frakturprothese (50,3 gegenüber 47,1 Punkten). Wurden bei den Wechseloperationen bereits

präoperativ niedrigere Werte ermittelt, ergab sich bei einem vergleichbaren Zugewinn ein schlechteres Endergebnis. Gründe hierfür liegen vermutlich in einem häufigeren Vorliegen signifikanter Gelenkkontrakturen durch fibröse Verklebungen der Gleitschichten und Narbenbildungen. Zudem bleibt die Rekonstruktion der Außenrotatoren trotz Mobilisation und Refixation der Tubercula oft erfolglos und kann sogar zu einer Behinderung der Beweglichkeit führen.

Es sind in der Literatur derzeit kaum Veröffentlichungen zu finden, die sich mit dieser Problematik auseinandersetzen.

Neyton et al [57] erzielten bei posttraumatischen Deformitäten eine Zunahme des Constant-Score von 29% auf 75%, entsprechend 20 auf 53 Punkte. Es waren 17,8% Komplikationen und 8,8% Revisionen festzustellen.

In einer Publikation von Heikenfeld et al [38] werden bei 10 Implantationen einer reversen Endoprothese nach fehlgeschlagener Osteosynthese ähnliche Ergebnisse wie in unserem Patientenkollektiv beschrieben. Es konnte ein postoperativer Constant-Score von 69% bei einer mittleren aktiven Abduktion von 92° erzielt werden.

Eine kürzlich veröffentlichte amerikanische Studie berichtet über gute Ergebnisse für Wechseloperationen mit der reversen Schulterprothese bei einer Komplikationsrate von 28%. Im Vergleich zu unseren Ergebnissen beobachteten Levy et al [47] eine geringere Verbesserung der Beweglichkeit mit einer mittleren aktiven Elevation von 72,7° und einer Abduktion von 70,4°.

4.2.3. Reverse Endoprothese in der akuten Frakturversorgung

Aktuell wird auch der primäre Einsatz einer reversen Endoprothese bei Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes diskutiert. Aus einer Zerstörung der anatomischen Verhältnisse resultiert eine veränderte Position der Muskelinsertionen und somit eine funktionelle Defizienz der Rotatorenmanschette. Die reverse Endoprothese wird mit Erfolg bei Erkrankungen des Schultergelenks implantiert, die mit einer Zerstörung der Rotatorenmanschette vergesellschaftet sind. Daher könnte die primäre

Implantation bei Mehrfragmentfrakturen des Humeruskopfes eine Alternative darstellen.

Erste Studien für den Einsatz der reversen Endoprothese bei komplexen Humeruskopffrakturen des älteren Patienten zeigen Erfolg versprechende Ergebnisse. Trotz schlechter Knochenqualität und einer selten erfolgreichen Refixierung der Tubercula ließen sich ermutigende Resultate erzielen [12, 13, 74].

Sirveaux et al [74] beschreiben bei 11 untersuchten Patienten eine Zunahme des Constant-Score auf 81% (55 Punkte), wobei das funktionelle Ergebnis nicht durch die Einheilung der Tubercula beeinflusst wurde. Unter Einsatz anatomischer Implantate erzielten sie ähnlich gute Resultate, wobei die Aussagekraft der Ergebnisse aufgrund der geringen Fallzahl eingeschränkt ist.

In einer französischen Studie mit 43 Patienten höheren Lebensalters (durchschnittlich 78 Jahre) kam es im Mittel 22 Monate postoperativ zu einer Verbesserung des Constant-Score auf 66% (44 Punkte), wobei die Ergebnisse mit zunehmendem Lebensalter tendenziell schlechter wurden [11]. Ein zufrieden stellender Funktionsumfang war hier auch bei dislozierten Tubercula zu erzielen.

In einer vergleichbaren Kontrolluntersuchung über einen Zeitraum von durchschnittlich 86 Monaten erreichten 16 Patienten höheren Lebensalters (im Mittel 75 Jahre) nach Versorgung einer akuten Mehrfragmentfraktur des proximalen Humerus Score-Werte von 60 Punkte und eine aktive Elevation über 120° [13]. Bei deutlicher Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung zeigten sich eine signifikante Einschränkung der Rotationsfähigkeit und eine hohe Rate an inferiorem Glenoid-Notching.

4.3. Komplikationen

In unserem Studienkollektiv kam es bei 15% der Patienten zu Komplikationen, die einen erneuten operativen Eingriff erforderlich machten. Diese Daten korrelieren mit denen anderer Studien. So werden in der Literatur selbst bei gesicherter Indikationsstellung und korrekter Implantatlage Komplikationsraten zwischen 13% und 60% für die Verwendung der reversen Endoprothese beschrieben, wobei diese meist schwerwiegend sind [7, 8, 10, 20, 27, 64, 73, 82]. Diese hohen Komplikationsraten auch bei erfahrenen Operateuren rechtfertigen die Empfehlung einer strengen Indikationsstellung für den Einsatz der reversen Endoprothese [8, 67].

In einer kürzlich von Walch et al [79] publizierten Multicenterstudie mit 457 Patienten zu Komplikationen mit der reversen Endoprothese traten bei 25,6% der Patienten intra- oder postoperative Komplikationen auf. Im Vergleich zu Primäreingriffen wurde eine signifikant höhere Komplikationsrate nach Revisionsimplantation festgestellt. So kam es bei 33% der Wechseloperationen zu einem Implantatversagen.

Wir beobachteten eine deutlich höhere Komplikationsrate nach Wechseloperationen im Vergleich zu primär gelenkerhaltend versorgten Patienten. Bei einer durchschnittlich höheren Anzahl an Voroperationen ist dies auf eine erhöhte Morbidität im Schaftbereich zurückzuführen. So spielen zugangsbedingte Schädigungen der Weichteile und knöcherne Substanzdefekte am proximalen Humerus eine entscheidende Rolle. Zusätzlich machen Wechseloperationen häufig die Verwendung längerer modularer Implantate erforderlich.

Die meisten beobachteten Komplikationen entsprechen denen nach konventioneller Schulterendoprothetik [83]. Es gibt jedoch auch spezifische Probleme der reversen Endoprothese.

Zu den häufigsten spezifischen Komplikationen zählen postoperative Instabilitäten [22, 79, 81, 85]. Zur Kompensation der fehlenden Rotatorenmanschette ist die Rekonstruktion einer adäquaten Spannung des Musculus deltoideus unabdingbar [31]. Dies gestaltet sich insbesondere nach

fehlgeschlagener Frakturprothese schwierig, da hier häufig die proximale Epiphyse und somit die Muskelinsertionen fehlen. Zusätzlich kann eine Destruktion der anterioren Anteile des Musculus deltoideus nach wiederholten operativen Eingriffen die Entstehung von Instabilitäten begünstigen [7]. Revisionsergebnisse mit anatomischen Schulterprothesen sind in diesen Fällen selten erfolgreich [69]. In der Literatur werden Auftretenswahrscheinlichkeiten zwischen 0 bis 30% berichtet, wobei selbst ein Revisionseingriff eine erneute Dislokation nicht immer sicher verhindert [7, 10, 20, 21, 27, 69, 73, 79, 82, 85]. Wir beobachteten bei 6% der operierten Patienten postoperativ ein erneutes Auftreten von Instabilitäten, die sich durch eine Erhöhung des Polyäthylen-Inlays beheben ließen. Die geringe Anzahl resultiert am ehesten daraus, dass die Revisionsprothese mit einer höheren Weichteilspannung im Gegensatz zur normalen reversen Endoprothese implantiert wurde, um einer erneuter Dislokation vorzubeugen. Ein Vergleich mit Daten einer französischen Multicenterstudie bestätigt, dass rezidivierende Instabilitäten unter Verwendung der reversen Endoprothese als Revisionsimplantat im Vergleich zur konventionellen Endoprothetik seltener auftreten [41].

Auch Lockerungen der Prothesenkomponenten und insbesondere der Glenoidkomponente sind mehrfach beschriebene Komplikationen [7, 19, 21, 40, 64, 73, 85]. Es muss hierbei zwischen symptomatischen Lockerungen und dem Auftreten radiologischer Lockerungszeichen in Form von Lysesäumen unterschieden werden, die in der Regel ohne klinische Relevanz auftreten. Hinsichtlich einer manifesten Lockerung insbesondere des Glenoids scheinen ausgedehnte Lysezonen und fortschreitende Progression prognostisch ungünstig zu sein [33]. Eine schlechte Knochenqualität, wie sie unter anderem bei älteren Patienten mit Osteoporose oder Rheumatoider Arthritis zu finden ist, kann ebenfalls zu postoperativen Lockerungen und erschwerter Fixierung der Prothesenkomponenten führen [45, 74]. Eine Kombination mit exzessiver Vorspannung des Musculus deltoideus kann zudem in Stressfrakturen des Acromions resultieren [8]. In unseren Untersuchungen zeigte sich trotz eines erhöhten Lebensalters lediglich bei einem Patienten eine leichte Saumbildung entlang des Humerusschaftes, die klinisch asymptomatisch war. Eine

Acromionfraktur fand sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei keinem Patienten.

Eine in mehr als 50% der Fälle auftretende typische Frühkomplikation nach Implantation einer reversen Endoprothese ist das inferiore Glenoid-Notching [10, 19, 21, 64, 73]. Dieses von Sirveaux 2004 klassifizierte Phänomen beruht auf dem biomechanischen Design der Prothese. Die fehlende Halskomponente auf der Glenoidseite und der nicht-anatomische Inklinationwinkel von 155° führen zu einem Impingement des medialen Anteils des Humeruskopfes am Tuberculum infraglenoidale während der Adduktionsbewegung [7, 59, 60, 73]. Der daraus resultierende Polyäthylenabrieb wird für sekundäre Osteolysen und Lockerungen der Glenoidkomponente verantwortlich gemacht [59]. Das Risiko eines Glenoid-Notching kann möglicherweise mittels Distalisierung der Glenosphäre und Lateralisation des Rotationszentrums reduziert werden [27, 59, 82].

In unserer Studie wiesen 15% der Patienten ein inferiores glenoidales Notching auf, welches jedoch nicht über Grad II nach Sirveaux et al hinausging. Die geringe Zahl erklärt sich am ehesten aus dem kurzen Nachuntersuchungszeitraum und einer inferioren Platzierung der Metaglène. Ähnlich anderer Publikationen konnte keine Korrelation zu geringeren funktionellen Ergebnissen oder Lockerungen des Glenoids festgestellt werden [8, 12, 30, 44, 78]. Bei noch ausstehenden Langzeitergebnissen ist jedoch eine sorgfältige Beobachtung dieser röntgenologischen Veränderungen erforderlich. Wundinfekte stellen eine weitere ernsthafte Komplikation dar, die gehäuft als Frakturfolge und bei Revisionseingriffen auftritt. Die Ausdünnung der Corticalis begünstigt zusätzlich Dislokationen und periprothetische Frakturen [75]. Neben niedrigen funktionellen Resultaten kann es zu einer manifesten Prothesenlockerung kommen, die eine zweizeitige Wechseloperation mit Spaceranlage erfordert.

In unserem Patientenkollektiv ergab sich eine Komplikationsrate von 2%. Dies ist vergleichbar mit Infektionsraten, die in der Literatur publiziert wurden [18, 50, 75].

4.4. Voraussetzungen zur Ergebnisoptimierung

Eine der wesentlichen Voraussetzungen für ein gutes Operationsergebnis sind eine sorgfältige Indikationsstellung und optimale Planung des Eingriffs. Insbesondere nach vorhergehender operativer Versorgung des Schultergelenks ergeben sich häufig veränderte anatomische Verhältnisse. Die Ursachen für fehlgeschlagene Schulterprothesen sind vielfältig. Sie sind sowohl von der individuellen Ausgangslage des Patienten als auch von der Erfahrung des Operateurs und dem Prothesendesign abhängig [4, 16, 65].

Die Grundvoraussetzung für die Implantation einer reversen Endoprothese stellt ein strukturell und neurologisch intakter Musculus deltoideus dar. Bei Revisionsoperationen ist deshalb auf zugangsbedingte Schädigungen der anterioren Anteile des Musculus deltoideus zu achten. Neben der Begünstigung einer anterosuperioren Instabilität bis hin zur kompletten Luxation ist bei einer mehr als 50%iger Destruktion der Deltamuskulatur der funktionelle Benefit der Operation limitiert [29, 72].

Hauptursachen für ein Implantatversagen nach Frakturversorgung stellen die unzureichende Refixation, sekundäre Dislokation und Migration der Tubercula dar [3, 49]. Die daraus resultierende irreversible Insuffizienz der Rotatorenmanschette mit Höbertreten des Humeruskopfes bietet meist nur geringe Aussicht auf Erfolge bei Weichteileingriffen oder Wechseloperationen auf anatomische Implantate [23]. Verschiedene Studien zeigen auch unter Verwendung der reversen Prothese eingeschränkte funktionelle Ergebnisse bei Dislokation oder Verlust der Tubercula [3, 4, 49]. Besonderes Augenmerk ist daher auf den Erhalt der Metaphyse und hier insbesondere des Tuberculum majus mit der Insertion des Musculus teres minor zu legen. Von eher untergeordneter Bedeutung scheint hingegen das Auftreten einer Humeruskopfnekrose und der Verlust des Ansatzes des Musculus subscapularis zu sein.

Eine wesentliche Rolle spielt auch die Präparation der Weichteile. Ein unzureichendes Release kann zu persistierenden Bewegungseinschränkungen durch verbliebene Knochenfragmente oder Tubercula führen. Eine zu

ausgedehnte Präparation erhöht ihrerseits die Komplikationsrate mit der Gefahr von Irritationen des Plexus brachialis, postoperativen Hämatomen und Gefäßverletzungen [29].

Postoperative Instabilitäten bis hin zu Luxationen können sowohl durch zu lockere periartikuläre Weichteile als auch kontrakte Narbenstränge bedingt sein. Nach Reposition der Prothese ist deshalb auf eine ausreichende Weichteilspannung zu achten und die Größe der Gelenkkomponenten anzupassen [29].

Bei osteoporotischen Veränderungen oder großflächigen Destruktionen des Glenoids, wie sie insbesondere nach osteosynthetischer Versorgung durch überstehende und winkelstabile Schrauben verursacht werden können, kann eine stabile Fixation der Metaglène unmöglich werden oder zumindest ein erhöhtes Risiko von vorzeitigen Lockerungen bergen. In diesen Fällen sollte der Versuch eines Glenoidaufbaus mit autologem Knochenmaterial versucht werden [81].

Bei Implantation der reversen Endoprothese ist auf die korrekte Wahl der Schaftlänge der Humeruskomponente zu achten. So erhöht ein Verlängerungsschaft insbesondere nach zugangsbedingten asymmetrischen Atrophien der Rotatorenmanschette die Vorspannung des Deltamuskels. Bei zu ausgedehnter Verlängerung besteht jedoch die Gefahr von Läsionen des Plexus brachialis, peripherer Nerven und Gefäße, sowie das Auftreten von Stressfrakturen des Acromions [7, 79].

Wird zur Entfernung der vorhergehenden Versorgung die Präparation eines Knochenfensters notwendig, sollte zur Vermeidung einer postoperativen Pseudarthrose eine sorgfältige Adaptation des Knochenmaterials erfolgen, gegebenenfalls unter Anlagerung corticospongiösen Materiales mit Drahtcerclage [29].

Bei der Explantation einer fehlgeschlagenen Endoprothese kann es zu intraoperativen Humerusschaftfrakturen mit Extravasation von Knochenzement kommen [41]. Es sollte auf eine ausreichende Lockerung der Prothese vor Extraktion und eine gründliche Inspektion des Operationssitus nach Replantation geachtet werden. Ausgetretener Knochenzement sollte entfernt

werden und die Fraktur mittels Drahtcerclagen und gegebenenfalls präkonturierter Plattenosteosynthese stabilisiert werden.

Nicht selten besteht eine klinisch inapparente Besiedlung mit Low-Grade-Keimen. Eine präoperative serologische Abklärung erscheint sinnvoll, da bei einer floriden Infektion eine endoprothetische Versorgung nicht indiziert ist. Akute Wundinfekte erfordern eine frühzeitige Revision mit ausgedehntem Débridement. Bei Auftreten chronischer Infekte sollte ein zweizeitiges Vorgehen gewählt werden. Nach Ausbau der Endoprothese und Implantation eines artikulierenden Spacers mit Antibiotikazusatz ist vor Replantation die Ausheilung des Infektes anzustreben, um weitere Komplikationen zu vermeiden [8, 29, 72].

4.5. Limitierung der Studie

Unser Patientenkollektiv wies mit durchschnittlich 20,9 Monaten einen relativ geringen Nachuntersuchungszeitraum auf. Dennoch sind die Ergebnisse als repräsentativ zu betrachten. Es zeigte sich, dass bereits drei bis sechs Monate nach Prothesenimplantation funktionelle Resultate erreicht werden, die dem Endergebnis nahezu entsprechen [21, 42, 61]. Mit einer weiteren Verbesserungstendenz ist bis zu 2 Jahre postoperativ zu rechnen.

In einer Multicenterstudie von Guery et al [32] zeigten sich acht Jahre nach Implantation der reversen Endoprothese gute Ergebnisse bei Revisionseingriffen auch im mittel- bis langfristigen Verlauf. Es kam jedoch etwa sechs Jahre postoperativ zur progredienten Verschlechterung der funktionellen Resultate. Bisher ist nicht geklärt, ob dieser Abfall auf eine zunehmende Lockerung, Polyäthylenabrieb oder andere Faktoren zurückzuführen ist. Ähnliche Ergebnisse wurden 2004 von Sirveaux et al publiziert [73].

5. Zusammenfassung

Im Zeitraum von Juni 2001 bis Februar 2005 wurden an der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus insgesamt 47 Revisionsoperationen unter Verwendung der reversen Endoprothese nach Grammont durchgeführt. Dabei handelte es sich um 31 Wechseloperationen nach fehlgeschlagener Frakturprothese und 14 Revisionen nach osteosynthetischer Versorgung. Zum Zeitpunkt der Operation lag das mittlere Lebensalter der 34 Frauen und 13 Männer bei 66,8 Jahren. In 27 Fällen war die dominante Seite betroffen. Die Anzahl der Voroperationen betrug im Durchschnitt 1,96 (1-8). Die klinische und radiologische Kontrolluntersuchung erfolgte im Mittel 20,9 Monate postoperativ. Die Ergebnisse wurden anhand des Constant-Score erhoben.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigten sich 38% (18 Fälle) der Patienten mit dem Ergebnis der Operation sehr zufrieden und 53% (25 Fälle) zufrieden, lediglich 9% waren unzufrieden. Alle Patienten würden den Eingriff erneut durchführen lassen.

Der alters- und geschlechtsadaptierte Constant-Score betrug präoperativ 19% und verbesserte sich postoperativ auf 66%. Es wurde in allen Fällen eine deutliche Schmerzreduktion erzielt. Der aktive Bewegungsumfang und damit die Funktionalität der Schulter konnte deutlich gesteigert werden, wenngleich sich durch den Verlust der Außenrotatoren in vielen Fällen eine eingeschränkte Außenrotation zeigte. Die Besserung der Kraft fiel hingegen geringer aus.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung fanden sich in der radiologischen Untersuchung keine gelockerten Implantate. Ein inferiores Glenoid-Notching konnte bei sieben Patienten (14,9%) beobachtet werden, dreimal Grad I und viermal Grad II nach Sirveaux et al [73]. Zur Ausbildung heterotoper Ossifikationen kam es in fünf Fällen (10,6%). In sieben Fällen (14,9%) traten revisionsbedürftige Komplikationen auf.

Hinsichtlich der vorausgehenden Versorgung ließen sich nach fehlgeschlagener Osteosynthese tendenziell bessere Ergebnisse erzielen als bei Wechseloperationen nach Frakturprothese. Die Indikation zur Revisionsoperation hatte keinen Einfluss auf das postoperative Resultat.

6. Anhang

CONSTANT SCORE

A - PAIN (/15)

1 - Do you have pain when performing daily living activities?
(none or climatic = 15 points, mild = 10 points, moderate = 5 points, severe = 0 pts)

2 - If "15" represents no pain at all and 0 represents "pain as hard as it can be"
how would score your shoulder between 0 et 15

$$\text{PAIN} = (1 + 2) / 2$$

B - ACTIVITY (/ 20)

1 - Does your shoulder limit you daily or professional activity ?
(no = 4 points, severe limitation = 0 points)

2 - does your shoulder limit your ability to perform sports or recreational activity?
(no = 4 points, severe limitation = 0 points)

3 - Does your shoulder affect your comfort during sleep ?
(no = 2 points, severe discomfort = 0 points)

4 - At which level are you able to use your arm in reasonable condition ?
(belt = 2 points, xiphoid = 4 points, neck = 6 pts, top of head = 8 points, above head = 10 points).

$$\text{Total ACTIVITY} = 1 + 2 + 3 + 4$$

C - ACTIVE MOBILITY (/ 40)

1 - Flexion : 0-30° (0 pts) ; 31-60° (2 pts) ; 61-90° (4 pts) ; 91-120° (6 pts)
121-150° (8 pts) ; > 150° (10 pts)

2 - Abduction (See flexion)

3 - external rotation (/ 10) : hand behind head, elbow forward (2 pts)
hand behind head, elbow backward (4 pts) ; hand on head, elbow forward (6 pts)
head on head, elbow backward (8 pts) ; full elevation from top of head (10 pts)

4 - internal rotation (/ 10) : dorsum of hand to buttocks (2 pts) ; to sacrum (4 pts)
to L3 (6 pts) ; to D12 (8 pts) ; to D7-D8 (10 pts)

$$\text{Total ACTIVE MOBILITY} = 1 + 2 + 3 + 4$$

D - STRENGHT (/ 25)

Average in Kg : (Average in Kg on controlateral side)

$$\text{STRENGHT} (= \text{Kg} \times 2)$$

ADJUSTED CONSTANT SCORE TABLE

AGE	MEN		WOMEN	
	Average values	SD	Average values	SD
21-30	98	4,2	97	4,7
31-40	98	3,4	90	4,1
41-50	92	3,6	80	3,8
51-60	90	3,1	73	2,8
61-70	83	4,2	70	4,0
71-80	75	3,6	69	3,9
81-90	66	3,1	64	2,9
91-100	56	4,3	52	5,1

7. Literaturverzeichnis

- 1. Antuna, S.A., Sperling, J.W., Cofield, R.H., Rowland, R.M.** Glenoid revision surgery after total shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg 2001; 10: 217-224

- 2. Baethis, H., Tingart, M., Bouillon, B., Tiling, T. :** Die operative Therapie der proximalen Humerusfraktur – Ist die T-Platte noch ein zeitgemäßes Osteosyntheseverfahren? – Zentralbl Chir 2001; 126: 211-216

- 3. Bigliani, L.U., Flatow, E.L., McCluskey, G.M., Fischer, R.A.** Failed prosthetic replacement for displaced proximal humerus fractures. Orthop Trans. 1991; 15: 747-478

- 4. Boileau, P., Krishnan, S.G., Tinsi, L., Walch, G., Coste, J.S., Molé, D.** Tuberosity malposition and migration: reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal humerus. J Shoulder Elbow Surg 2002; 11: 401-412

- 5. Boileau, P., Sinnerton, R.J., Chuinard, C., Walch, G.** Arthroplasty of the shoulder. J Bone Joint Surg Br. 2006; 88: 562-575

- 6. Boileau, P., Trojani, C., Walch, G., Krishnan, S.G., Romeo, A., Sinnerton, R.** Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. J Shoulder Elbow Surg 2001; 10: 299-308

- 7. Boileau, P., Watkinson, D., Hatzidakis, A.M., Balg, F.** Grammont reverse prosthesis: Design, rationale and biomechanics. J Shoulder Elbow Surg 2005; 14: 147S-161S

- 8. Boileau, P., Watkinson, D., Hatzidakis, A.M., Hovorka, I.** Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: Results in cuff tear arthritis, fracture sequelae and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2006; 15: 527-540

- 9. Bosch, U., Fremerey, R.W., Skutek, M., Lobenhoffer, P., Tscherne, H.** Die Hemiarthroplastik – Primär- oder Sekundärmaßnahme für 3- und 4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus beim älteren Menschen?. *Unfallchirurg* 1996; 99: 656-664

- 10. Boulahia, A., Edwards, T.B., Walch, G., Baratta, R.V.** Early results of a reverse design prosthesis in the treatment of arthritis of the shoulder in elderly patients with a large rotator cuff tear. *Orthopedics* 2002; 25: 129-133

- 11. Bufquin, T., Hersan, A., Hubert, L., Massin, P.** Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89: 516-520

- 12. Carroll, R.M., Izquierdo, R., Vazquez, M, Blaine, T.A., Levine, W.N., Bigliani, L.U.** Conversion of painful hemiarthroplasty to total shoulder arthroplasty: long-term results. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 599-603

- 13. Cazeneuve, J.F., Cristofari, D.J.** Grammont reversed prosthesis for acute complex fracture of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2006; 92: 543-548

- 14. Clare, D.J., Wirth, M.A., Groh, G.I., Rockwood Jr., C.A.** Shoulder arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83: 593-600

- 15. Cofield, R., Briggs, B.** Glenohumeral arthrodesis: operative and long-term functional results. *J Bone Joint Surg Am.* 1979; 61: 668-677

- 16. Compito, C.A., Self, E.B., Bigliani, L.U.** Arthroplasty and acute shoulder trauma. *Clin Orthop Relat Res.* 1994; 307: 27-36
- 17. Constant, C.R., Murley, A.H.G.** A Clinical Method of Functional Assessment of the Shoulder. *Clin Orthop* 1987; 214: 160-164
- 18. Coste, J.S., Reig, S., Trojani, C., Berg, M., Walch, G., Boileau, P.** The management of infection in arthroplasty of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86: 65-69
- 19. De Buttet, M., Bouchon, Y., Capon, D., Delfosse, J.** Grammont shoulder arthroplasty for osteoarthritis with massive rotator cuff tears – report of 71 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 1997; 6: 197
- 20. Delloye, C., Joris, D., Colette, A., Eudier, A., Dubuc, J.E.** Mechanical complications of total shoulder inverted prosthesis. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2002; 88: 410-414
- 21. De Wilde, L., Mombert, M., van Petegem, P., Verdonk, R.** Revision of shoulder replacement with a reversed shoulder prosthesis (Delta III): report of five cases. *Acta Orthop Belg.* 2001; 67 (4): 348-353
- 22. Deshmukh, A.V., Koris, M., Zurakowski, D., Thornhill, T.S.** Total shoulder arthroplasty: Long-term survivorship, functional outcome, and quality of life. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14: 471-479
- 23. Edwards, T.B., Boulahia, A., Kempf, J.F., Boileau, P., Nemoz, C., Walch, G.** The influence of the rotator cuff on the results of shoulder arthroplasty for primary osteoarthritis: results of a multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002; 84: 2240-2248

- 24. Esser, E.D.** Open reduction and internal fixation of three- and four-part fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop* 2994; 299: 244-251
- 25. Féry, A., Molé, D., Hinojosa, J.F., Alvernhe, C., Coudane, H., Schmitt, D., Sommelet, J.** Arthroplastic resection of the shoulder: results and indications apropos of 35 cases. *J Chir (Paris)* 1987; 124: 43-50
- 26. Frankle, M., Levy, J.C., Pupello, D., Siegal, S., Saleem, A., Mighell, M., Vasey, M.** The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88: 178-190
- 27. Frankle, M., Siegal, S., Pupello, D., Saleem, A., Mighell, M., Vasey, M.** The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients. *J Bone Joint Surg Am.* 2005; 87: 1697-1705
- 28. Gerber, C., Pennington, S.D., Lingenfelter, E.J., Sukthankar, A.** Reverse Delta-III total shoulder replacement combined with latissimus dorsi transfer. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 940-947
- 29. Gohlke, F., Rolf, O.** Revision of failed fracture hemiarthroplasties to reverse total shoulder prosthesis through the transhumeral approach. *Oper Orthop Traumatol* 2007; 19: 185-208
- 30. Goldman, R.T., Koval, K.J., Cuomo, F., Gallagher, M.A., Zuckerman, J.D.** Functional outcome after humeral head replacement for acute three- and four-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg* 1995; 4: 81-86
- 31. Grammont, P.M., Baulot, E.** Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture. *Orthopaedics* 1993; 16: 65-68

- 32. Guery, J., Favard, L., Sirveaux, F., Oudet, D., Mole, D., Walch, G.** Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years. *J Bone Joint Surg Am.* 2006; 88: 1742-1747
- 33. Habermeyer, P., Ebert, T.** Aktueller Entwicklungsstand und Perspektiven der Schulterendoprothetik. *Unfallchirurg* 1999; 102: 668-683
- 34. Habermeyer, P., Magosch, P., Rudolph, T., Lichtenberg, S., Liem, D.** Transfer of the tendon of latissimus dorsi for the treatment of massive tears of the rotator cuff: a new single-incision technique. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88: 208-212
- 35. Handoll, H.H.G., Madhok, R.** Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database of Syst Rev* 2003; 4
- 36. Hasan, S.S., Leith, J.M., Campbell, B., Kapil, R., Smith, K.L., Matsen, F.A.** Characteristics of unsatisfactory shoulder arthroplasties. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 431-41
- 37. Heers, G., Torchia, M.E.** Schulterhemiarthroplastik bei proximalen Humerusfrakturen. *Orthopaede* 2001; 30: 386-394
- 38. Heikenfeld, R., Listringhaus, R., Godolias, G.** Funktionelle Ergebnisse nach Implantation einer reversen Schulterendoprothese nach fehlgeschlagener Osteosynthese einer proximalen Humerusfraktur. In: Brunner (hrsg.): *Spezialgebiete aus der Schulter- und Ellenbogenchirurgie. 2.* Steinkopff Verlag, Darmstadt, S. 87-92
- 39. Hoellen, I.P., Bauer, G., Holbein, O.** Prosthetic humeral head replacement in dislocated humerus multi-fragment fracture in the elderly – an alternative to minimal osteosynthesis? *Zentralbl Chir* 1997; 122: 994-1001

- 40. Jacobs, R., Debeer, P., de Smet, L.** Treatment of rotator cuff arthroplasty with a reversed delta shoulder prosthesis. *Acta Orthop Belg.* 2001; 64 (4): 344-347
- 41. Jouve, F., Wall, B., Walch, G.** Revision of shoulder hemiarthroplasty with reverse prosthesis. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 217-228
- 42. Katzer, A., Gille, J., Seemann, K., Löhr, J.F.** 2-Jahresergebnisse nach Schulterwechseloperationen unter Verwendung reverser Implantate. *Orthopaedische Praxis* 41, 3 (2005) 159-162
- 43. Kraulis J, Hunter G.** The results of prosthetic replacement in fracture-dislocation of the upper end of the proximal humerus. *Injury* 1976; 8: 129-131
- 44. Lévigne, C.H., Boileau, P., Favard, L., Garaud, P., Molé, D., Sirveaux, F., Walch, G.** Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 353-372
- 45. Lévigne, C.H., Boileau, P., Favard, L., Molé, D., Sirveaux, F., Walch, G.** Reverse shoulder arthroplasty in rheumatoid arthritis. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 165-178
- 46. Lettin, A.W.F., Copeland, S.A., Scales, J.T.** The Stanmore total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1982; 64: 47-51

- 47. Levy, J.C., Virani, N., Pupello, D., Frankle, M.** Use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty in patients with glenohumeral arthritis and rotator cuff deficiency. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89: 189-195
- 48. Matsen III, F.A., Boileau, P., Walch, G., Gerber, C., Bicknell, R.T.** The reverse total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 660-667
- 49. Mighell, M.A., Kolm, G.P., Collinge, C.A., Frankle, M.A.** Outcomes of hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2003; 12: 569-77
- 50. Miletic, J., Sperling, J.W., Cofield, R.H.** Reimplantation of a shoulder arthroplasty after a previous infected arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 2004; 13: 528-531
- 51. Misra, A., Kapur, R., Maffulli, N.** Complex proximal humeral fractures in adults – a systematic review of management. *Injury, Int J Care Injured* 2001; 32: 363-372
- 52. Moda, S.K., Chada, N.S., Sangwan, S.S., Khurana, D.K., Dahrya, A.S., Siwach, R.C.** Open reduction and fixation of proximal humeral fractures and fracture dislocations. *J Bone Joint Surg Br.* 1990; 72B: 1050-1052
- 53. Munst, P., Kuner, E.H.** Osteosynthesis in dislocated fractures of the humerus head. *Orthopaede* 1992; 21: 121-130
- 54. Neer, C.S. 2nd.** Displaced proximal humeral fractures: Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52: 1077-1089
- 55. Neer, C.S. 2nd.** Displaced proximal humeral fractures: Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52: 1090-1103

- 56. Neer, C.S. 2nd, Kirby, R.M.** Revision of humeral head and total shoulder arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res.* 1982; 170: 189-195
- 57. Neyton, L., Garaud, P., Boileau, P.** Results of reverse total shoulder arthroplasty in proximal humerus fracture sequelae. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 81-102
- 58. Nyffeler, R.W., Werner, C.M.L., Gerber, C.** Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III shoulder prosthesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14: 524-528
- 59. Nyffeler, R.W., Werner, C.M.L., Simmen, B.R., Gerber, C.** Analysis of a retrieved Delta III total shoulder prosthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86: 1187-91
- 60. Palvanen, M., Kannus, P., Nieme, S., Parkkari, J.** Update in the epidemiology for proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; 442: 87-92
- 61. Petersen, S.A., Hawkins, R.J.** Revision of failed total shoulder arthroplasty. *Orthop Clin North Am.* 1998; 29: 519-533
- 62. Prakash, U., McGurty, D.W., Dent, J.A.** Hemiarthroplasty for severe fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 2002; 11: 428-430
- 63. Rispoli, D.M., Sperling, J.W., Athwal, G.S., Schleck, C.D., Cofield, R.H.** Pain relief and functional results after resection arthroplasty of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89: 1184-1187

- 64. Rittmeister, M., Kerschbaum, F.** Grammont reverse total shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and nonreconstructible rotator cuff lesions. *J Shoulder Elbow Surg* 2001; 10: 17-22
- 65. Robinson, C.M., Page, R.S., Hill, R.M.F., Sanders, D.L., Court-Brown, C.M., Wakefield, A.E.** Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85: 1215-1223
- 66. Rockwood Jr., C.A.** The reverse total shoulder prosthesis. The new kid on the block. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 233-235
- 67. Rühmann, O., Schmolke, S., Bohnsack, M., Flamme, C., Wirth, C.J.** Shoulder arthrodesis: indications, techniques, results and complications. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005; 14: 38-50
- 68. Sanchez-Sotelo, J., Cofield, R., Rowland, C.** Shoulder hemiarthroplasty for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83: 1814-1822
- 69. Sanchez-Sotelo, J., Sperling, J.W., Rowland, C.M., Cofield, R.H.** Instability after shoulder arthroplasty: results of surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85: 622-631
- 70. Scalise, J.J., Ianotti, J.P.** Glenohumeral arthrodesis after failed prosthetic shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90: 70-77
- 71. Schneeberger A, Gerber C.** Complications with the Delta reversed prosthesis [Abstract] presented at the ASES Closed Meeting 2004
- 72. Seebauer, L., Walter, W., Keyl, W.** Reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of defect arthropathy. *Operat Orthop Traumatol* 2005; 17: 1-24

- 73. Siveraux, F., Favard, L., Oudet, D., Huquet, D., Walch, G., Molé, D.** Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. *J Bone Joint Surg Br.* 2004; 86: 388-95
- 74. Sirveaux, F., Navez, G., Favard, L., Boileau, P., Walch, G., Molé, D.** Reverse prosthesis for acute proximal humerus fracture, the multicentric study. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 73-80
- 75. Sperling, J.W., Kozak, T.K., Hansen, A.D., Cofield, R.H.** Infection after shoulder arthroplasty. *Clin Orthop* 2001; 382: 206-216
- 76. Stableforth, P.G.** Four-part fractures of the neck of the humerus. *J Bone Joint Surg Br.* 1984; 66: 104-108
- 77. Sturzenegger M, Fonaro E, Jakob RP.** Results of surgical treatment of multi-fragmented fractures of the humeral head. *Arch Orthop Trauma Surg* 1982; 100: 249-259
- 78. Tanner, M., Cofield, R.** Prosthetic arthroplasty for fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; 179: 116-128
- 79. Walch, G., Wall, B., Mottier, F.** Complications and revision of the reverse prosthesis: a multicenter study of 457 cases. In: Walch et al: *Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions.* Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 335-352
- 80. Wall, B., Nové-Josserand, L., O'Connor, D.P., Edwards, T.B., Walch, G.** Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89: 1476-1485

- 81. Wall, B., Walch, G., Jouve, F., Mottier, F.** The reverse shoulder prosthesis for revision of failed total shoulder arthroplasty. In: Walch et al: Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions. Sauramps Medical, Montpellier, 2006; 231-242
- 82. Werner, C.M.L., Steinmann, P.A., Gilbert, M., Gerber, C.** Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis (2005). J Bone Joint Surg Am. 2005; 87: 1476-1486
- 83. Williams, G., Rockwood, C.A. Jr.** Hemiarthroplasty in rotator cuff-deficient shoulders. J Shoulder Elbow Surg 1996; 5: 362-267
- 84. Wirth, M., Rockwood, C.** Complications of shoulder arthroplasty. Clin Orthop 1994; 307: 47-69
- 85. Wirth, M., Rockwood, C.** Current concepts Review – Complications of total shoulder-replacement arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 1996; 78: 603-616
- 86. Wülker, N.** 100 Jahre Schulter- und Ellbogenchirurgie. Orthopaede 2001; 30: 789-797
- 87. Zuckerman, J., Scott, A., Gallagher, M.** Hemiarthroplasty for cuff tear arthropathy. J Shoulder Elbow Surg 2000; 9: 169-172
- 88. Zyto, K., Wallace, A., Frostick, S.P., Preston, B.J.** Outcomes after hemiarthroplasty for three- and four-part fractures of the proximal humerus. J Shoulder Elbow Surg 1998; 7: 85-89

Veröffentlichungen

Diese Arbeit wurde in Teilen publiziert:

Gohlke F., Rolf O., Werner B.: Results of reverse arthroplasty in revision of failed hemiarthroplasties. In: Walch et al.: Reverse Shoulder Arthroplasty. Clinical results – complications – revisions. Sauramps Medical, Montpellier, 2006, S. 209-217

Gohlke F., Rolf O., Werner B.: Inverse Prothese nach Hemiprothese oder Osteosynthese – Unterschiede im klinischen Verlauf. In: Brunner (hrsg.): Spezialgebiete aus der Schulter- und Ellenbogenchirurgie 2. Steinkopff Verlag, Darmstadt, 2006, S. 87-92

Danksagung

Für die Überlassung des Themas sowie die hervorragende Betreuung bin ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Frank Gohlke zu besonderem Dank verpflichtet. Seinem Interesse und der allzeit gewährten Unterstützung ist der Abschluss dieser Arbeit zu verdanken.

Danken möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Arnulf Weckbach für die Bereitschaft zur Übernahme des Koreferats.

Ein ganz besonderer Dank gebührt meinen Eltern und meiner Familie, die mir durch ihre Unterstützung mein Studium erst ermöglichten und mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite standen.