

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der
Ludwig-Maximilians-Universität
Direktor: Prof. Dr. med. Dipl. Ing. V Jansson

Die endoprothetische Versorgung von Humeruskopffrakturen

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von
Youri Reiland
aus Dinant/Belgien

2012

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilian-Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. Wolfgang Plitz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Gerd Regel

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Ludwig Seebauer

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 19.01.2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Die Humeruskopffraktur – Stand der Erkenntnis.....	2
2.1 Epidemiologie.....	2
2.2 Frakturklassifikation und Beurteilung	2
2.3 Behandlungsmöglichkeiten	6
2.3.1 Konservative Behandlung	6
2.3.2 Osteosynthese	7
2.3.2.1 Indikation, Anwendung und Entwicklung.....	7
2.3.2.2 Spezifische Komplikationen der Osteosynthesen	10
2.3.2.2.1 Avaskuläre Humeruskopfnekrose (AVN).....	11
2.3.2.2.2 Pseudarthrose	13
2.3.2.2.3 Fragmentdislokation mit Fehlverheilung.....	14
2.3.3 Primär endoprothetischer Schultergelenkersatz mit Schaftprothesen.....	14
2.4 Synthese der Akutversorgung	17
2.5 Revisionseingriffe	18
2.5.1 Methoden und Resultate	18
2.5.2 Die Schaftprothese als Revisionseingriff.....	18
2.6 Komplikationen nach Protheseneinbau	20
3. Die Prothese	21
3.1 Prothesentypen	21
3.2 Historische Entwicklung	21
3.3 Biomechanik der Schulter nach Protheseneinbau	26
3.4 Rehabilitation.....	27
4. Material und Methode	29
4.1 Operierte Patienten	29
4.2 Nachuntersuchte Patienten	29
4.3 Nachuntersuchung	31
4.4 Gerätediagnostik	33
5. Ergebnisse.....	34
5.1 Komplikationen.....	34
5.1.1 Instabilität (n = 12).....	34
5.1.2 Infektionen (n = 1)	35
5.1.3 Schultersteife (n = 1).....	35
5.1.4 Materiallockerung (n = 0)	35
5.2 Ergebnisse nach primärer Prothese (n = 12)	35
5.3 Ergebnisse nach sekundärer Prothese (n = 24).....	36
5.4 Beurteilung unter Berücksichtigung der Morphologie der Tuberkula.....	41

6. Diskussion	48
6.1 Primäre und sekundäre endoprothetische Versorgung der Humeruskopffrakturen: Ergebnisse und Einflussgrößen.	48
6.2 Einflussgrößen auf die Tuberkulum-Stabilität bei endoprothetischer Versorgung	54
6.2.1 Präoperativ ungünstige Voraussetzungen	55
6.2.2 Operationstechnik	55
6.2.3 Postoperative Rehabilitationsphase	56
7. Zusammenfassung	57
8. Literaturverzeichnis.....	58
9. Lebenslauf	75
10. Danksagung.....	77

1. Einleitung

Der große Bewegungsumfang der Schulter basiert auf eine funktionelle Einheit aus mehreren Gelenken und Gleitschichten, die durch eine Vielzahl von Muskeln mit ihren Sehnen gesteuert und über einen komplexen Kapsel-Bandapparat stabilisiert werden.

Wenn nur eines dieser Elemente durch Krankheit oder Trauma funktionsunfähig geworden ist, wird der gesamte Bewegungsablauf gestört. Bei einer solchen Funktionseinbuße liegt das Ziel der Behandlung darin, die biomechanischen Bedingungen so gut wie möglich wiederherzustellen, um der betroffenen Person Schmerzfreiheit und den Erhalt der Unabhängigkeit im täglichen Leben gewährleisten zu können.

Die Humeruskopffraktur ist eine Verletzung, die im hohen Maße diese Unabhängigkeit gefährdet und aufgrund der zunehmenden Lebenserwartung in unserer Gesellschaft an Häufigkeit und Komplexität zunimmt. Trotz der hohen Inzidenz und damit verbundenen umfassenden Erfahrungen bleibt die Indikation zur adäquaten Therapie bis zum heutigen Tag ein kontrovers diskutiertes Thema. Im Prinzip gibt es drei verschiedene Möglichkeiten, diese Verletzungen zu behandeln: konservativ, operativ gelenkerhaltend oder operativ gelenk-ersetzend. Bei den operativen Möglichkeiten gibt es wiederum eine Vielzahl von Techniken und Implantaten, die laufend neu entwickelt werden. Somit gibt es keine eindeutig sichere und reproduzierbare Methode. Die Durchführung einer Studie, die auf den Prinzipien der Evidence-based Medicine basiert wird erschwert durch die Methodenvielfalt, durch inhomogene, teils kleine Patientenkollektive, unterschiedliche Klassifikationen, verschiedene Evaluationskriterien, kurze Nachuntersuchungszeiträume und den Mangel an komparativen, prospektiven Level-1-Studien.

Anhand der vorliegenden Untersuchung sollen die Ergebnisse von primär und sekundär endoprothetisch versorgten Humeruskopffrakturen dargestellt und diese hinsichtlich relevanter Einflussfaktoren auf das klinische und radiologische Gesamtergebnis analysiert werden. Bei den in dieser Studie verwendeten Prothesen handelt es sich um Schaftprothesen der zweiten Generation (siehe Kapitel 2.3.3). Abweichende Prothesenmodelle werden im Verlauf der Vollständigkeit halber erwähnt, in der Diskussion aber nicht weiter berücksichtigt.

2. Die Humeruskopffraktur – Stand der Erkenntnis

2.1 Epidemiologie

Mit einem Anteil von 3 bis 5 % an allen Frakturen ist die Humeruskopffraktur eine sehr häufige Verletzung, und das mit steigender Tendenz. Bei den über 60-Jährigen ist sie neben der distalen Radiusfraktur und den proximalen Femurfrakturen die dritthäufigste knöcherner Verletzung [Lauritzen 1993]. Ab einem Lebensalter von 40 Jahren sind etwa 75 % aller Humerusfrakturen am proximalen Ende, davon sind 80 % gering disloziert. Die Inzidenz steigt mit dem Lebensalter, wobei Frauen häufiger betroffen sind als Männer und hierbei das Vorliegen einer Osteoporose einen wesentlichen Einfluss hat [Neer 1970, Horak 1975, Rose 1982, Jensen 1983, Bengner 1988, Kannus 2000, Court-Brown 2001, Palvanen 2006].

Eine Humeruskopffraktur tritt bei jüngeren Menschen bei Verletzungsmechanismen mit starker Gewalteinwirkung auf. Da Extremsportarten heutzutage immer häufiger ausgeübt werden, nehmen solche Verletzungen ebenfalls an Häufigkeit zu. Bei älteren Personen reicht hingegen schon oft ein Bagatelltrauma aus, wie beispielweise ein Sturz aus geringer Höhe auf den ausgestreckten Arm oder auf die Schulter. Bei der Differentialdiagnose sollte stets die Möglichkeit eines Primärtumors, einer zystischen Läsion oder einer Metastase, vor allem bei jüngeren Menschen, geprüft werden. Eine weitere Rolle können konvulsive Muskelkrämpfe durch einen Grand-Mal-Anfall oder Stromstöße spielen, welche meist beidseitige Luxationsfrakturen nach sich ziehen können. Die Komplexität der Verletzung nimmt zu, wenn Nerven-Gefäßstrukturen beteiligt sind oder eine offene Fraktur vorliegt.

2.2 Frakturklassifikation und Beurteilung

Eine verwertbare und reproduzierbare Frakturklassifikation sollte sich bei der Planung therapeutischer Richtlinien als hilfreich erweisen und vergleichbare prognostische Rückschlüsse erlauben. Weiter sollte ein einheitliches System den Vergleich verschiedener Studien erleichtern.

Schon früh wurden Frakturklassifikationen vorgeschlagen, wie die von Kocher im Jahr 1896 oder von Codman im Jahr 1934 [Kocher 1896, Codman 1934]. Seither haben sich viele Autoren mit dieser Problematik beschäftigt und es folgten zahlreiche weitere Vorschläge [Neer 1970, Müller 1987, Habermeyer 1996, Nérot 1997, Tamai 2002, Edelson 2004, Hertel 2005].

International anerkannte und häufig angewandte Klassifikationen sind die Neer- und die AO-Klassifikation (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen), die knöchernen Komponenten, die Weichteilsituation und Vaskularisation berücksichtigen [Neer 1970, Müller 1987].

Die Neer-Klassifizierung beruht auf der Differenzierung in verschiedene Schweregrade von vier Hauptfragmenten, deren Dislokationsgrad und dem eventuellen Vorliegen einer vorderen oder hinteren gleno-humeralen Luxation (Abb. 1). Von einer dislozierten Fraktur spricht man, wenn die Fragmente mehr als 10 mm verschoben bzw. um mehr als 45° voneinander abgekippt sind. Beim Tuberculum majus wird bereits eine Verschiebung von 5 mm als disloziert bezeichnet. Die Hauptfragmente werden von den Frakturlinien durch das Collum chirurgicum bzw. das Collum anatomicum und die beiden Tuberkula begrenzt. Die an den einzelnen Fragmenten inserierenden Sehnen ziehen die frakturierten Fragmente in die muskelentsprechende Zugrichtung. 2002 fügte Neer noch die valgusimpaktierte Vier-Fragment-Fraktur hinzu [Neer 2002]. Ein traumatischer Riss der Rotatorenmanschette wird selten beobachtet, da das Rotatorenintervall zwischen Supraspinatus- und Subscapularis-Sehne bei Gewalteinwirkung eher nachgibt und reißt [Levine 1998].


















Displaced Fractures				
	2-part	3-part	4-part	Articular Surface
Anatomical Neck				
Surgical Neck				
Greater Tuberosity				
Lesser Tuberosity				
Fracture-Dislocation	Anterior 			
	Posterior 			
Head-Splitting				

Abb. 1: Klassifikationsschema nach Neer für proximale Humeruskopffrakturen [Neer 1970]. Die erst 2002 hinzugefügte valgusimpaktierte Vier-Fragment-Fraktur ist noch nicht dargestellt [Neer 2002].

Tamai et al. haben 509 Röntgenbilder von Humeruskopffrakturen nachbearbeitet und festgestellt, dass 501 (98 %) in das Neer-Schema passten. Nicht klassifizierbar waren zwei Frakturarten, die durch das Collum chirurgicum und anatomicum verliefen; bei der einen Form hatte der Kopf mit einem der Tuberkula Kontakt und bei der anderen standen die Tuberkula miteinander in Verbindung [Tamai 2009]. Letztere wurde von Edelson et al. als

„shield fracture“ bezeichnet und häufiger beobachtet (46 % der komplizierten Frakturen), was sie der zusätzlichen 3-D-CT-Auswertung zuschrieben [Edelson 2004, 2008].

Die AO-Klassifikation für Humeruskopffrakturen basiert auf der Frakturklassifikation von Müller et al. mit der aktuellsten Version in der letzten Auflage des AO Manuals [Müller 1987, Ruedi 2007]. Bei dieser Frakturklassifikation wird unterschieden zwischen extra-artikulär unifokalen Brüchen (A-Frakturen), extra-artikulär bifokalen Brüchen (B-Frakturen) und intraartikulären Brüchen (C-Frakturen). Weitere Unterklassifikationen bestehen abhängig vom Dislokationsgrad (Abstand, Winkel), dem Vorliegen einer Luxation und der Anzahl der Fragmente.

Die Primärbeurteilung der Fraktur erfolgt anhand von nativen Röntgenbildern, der sogenannten Traumaserie. Diese besteht aus drei Aufnahmen: der True-anterior-posterior-Aufnahme in Außenrotation, einer axialen bzw. transaxillären Aufnahme in Abduktion und einer Skapula-Y-Aufnahme („Neer-outlet-view“) (Abb. 2a-c) [Jensen 2004].



Abb. 2: Traumaserie bei der präoperativen Röntgendiagnostik einer frakturierten linken Schulter. True-anterior-posterior-Aufnahme (a), axiale Aufnahme (b), Y-Aufnahme (c). Es handelt sich hierbei um eine Vier-Fragment-Fraktur nach Neer mit valgusimpaktiertem Kopf.

Bei der radiologischen Frakturbeurteilung ist ein hohes Maß an Erfahrung erforderlich, um die Komplexität der Fraktur richtig zu interpretieren. Aufgrund der hohen inter- und intraobservatorischen Variabilität besteht die Gefahr, einen Röntgenbefund falsch in ein Klassifikationsschema einzuordnen [Siebenrock 1993, Sidor 1993, Burstein 1994, Brien 1995, Nérot 1997, Sallay 1997].

Bei Bedarf können CT-Aufnahmen und die aus ihnen dreidimensional rekonstruierten Abbildungen hilfreich sein (Abb. 3a-f), bergen aber auch neue Fehlerquellen [Castagno 1987, Bernstein 1996, Sjöden 1997, Edelson 2008].

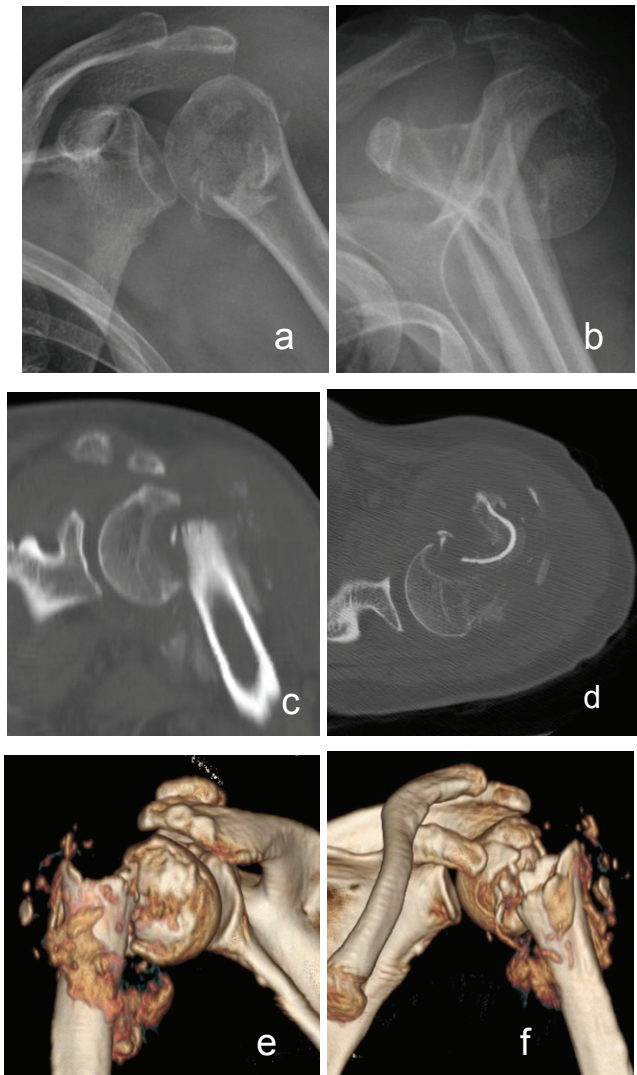


Abb.3: Eine a.p.-Röntgenaufnahme einer frakturierten linken Schulter (a) erweckt den Eindruck einer geringen Dislokation. In der Y-Aufnahme (b) wird der Dislokationsgrad deutlicher, man könnte eine posteriore Luxation des Kopfes vermuten. Aus beiden Bildern könnte man auf eine Zwei-Fragment-Fraktur schließen. Die CT-Aufnahme (c, d) zeigt eine komplizierte Drei-Fragment-Fraktur mit Frakturverlauf durch das Collum anatomicum, chirurgicum und das Tuberculum minus. Das Tuberculum-majus-Massiv hat noch Kontakt zum Kopf, der nicht luxiert ist, hat aber auch eine Trümmerzone zur Diaphyse. Die 3-D-Rekonstruktion (e, f) kann nicht viel mehr Information bieten, außer die Trümmerzone um die Frakturgrenzen nochmals zu verdeutlichen. Diese Fraktur lässt sich nicht eindeutig der Neer-Klassifikation zuordnen. Sie entspricht eher einer „shield“-Fraktur nach Edelson [Edelson 2004].

Je mehr eine Klassifikation ins Detail geht, umso mehr Fehler können auftreten und je schwieriger wird es, sie im klinischen Alltag anzuwenden. Es kommt vor, dass sich die einzelnen Klassifizierungen nicht auf den in situ gefundenen Befund projizieren lassen und das Endergebnis von der Ursprungsprognose abweicht.

Eine zusätzliche diagnostische Arthroskopie ermöglicht eine genauere Beurteilung, vor allem assoziierter Verletzungen, gehört aber nicht zum diagnostischen Goldstandard [Schai 1999]. Eine endgültige Klassifizierung ist laut Neer nur anhand des Operationssitus möglich [Neer 1970].

Zusammenfassend ist eine einheitliche Frakturklassifikation zum Erstellen und Vergleichen von Studien unumgänglich, wenngleich immer ein gewisses Maß an Ungenauigkeit bei der Interpretation bestehen bleiben wird. Basierend auf der bildgebenden Diagnostik sollte mit der Entscheidung über die Therapieform und der Prognose weiterhin kritisch umgegangen werden, da bislang keine klare Korrelation zwischen Frakturtyp und Ergebnis existiert. Zu viele weitere Faktoren beeinflussen das Therapieresultat, wie das Alter des Patienten, das Frakturalter, die Knochensubstanz, die Patientencompliance und letztendlich die chirurgischen Fähigkeiten und Erfahrungen des Operateurs. Diese Faktoren sind bei der definitiven Therapieentscheidung unbedingt mit zu berücksichtigen, um ein möglichst gutes Ergebnis zu erlangen – sei es durch eine konservative Behandlung, eine offene, gelenkerhaltende Operation oder einen künstlichen Gelenkersatz.

2.3 Behandlungsmöglichkeiten

2.3.1 Konservative Behandlung

Einfache Zwei-Fragment-Frakturen und gering dislozierte Frakturen können konservativ mit gutem Resultat behandelt werden [Neer 1970, Heppenstall 1975, Young 1985, Habermeyer 1989, Koval 1997, Gaebler 2003, Hanson 2009]. In einer Studie von Olsson wurden 47 von 258 konservativ behandelten Patienten 13 Jahre nach ihrer Verletzung (158 waren verstorben) nachuntersucht [Olsson 2005]. 26 Patienten hatten eine symptomatisch schmerzhafte Schulter, wobei 11 davon stark waren. Dies zeigt, dass die Mortalität dieser Patientengruppe relativ hoch ist und dass die Langzeitergebnisse für die Überlebenden nicht sehr gut sind, wobei sich nach 13 Jahren die Frage nach der Sine-qua-non-Situation stellt.

Die Indikationsstellung zur adäquaten Therapie der komplizierten Frakturen ist weniger eindeutig. Es liegen nur vereinzelt Studien vor, die die konservative Behandlung dieser Frakturtypen bei einer großen Patientenzahl evaluiert haben [Court-Brown 2001, 2002, 2004, Hanson 2009]. Vergleichsstudien aus konservativer oder operativer Therapie kamen zu dem Schluss, dass dislozierte Drei- und Vier-Fragment-Frakturen ein besseres Ergebnis nach operativer Therapie erlangten [Neer 1970, Stableforth 1984, Kristiansen 1988, Compito 1994]. Demgegenüber stehen Studien, die zufriedenstellende Ergebnisse bei konservativer Therapie vorweisen konnten [Young 1985, Rasmussen 1992, Zyto 1998]. Bei einer Patientengruppe, bestehend aus 63 Fällen komplizierter Frakturformen, die konservativ behandelt wurden, konnte Edelson nach einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 42 Monaten zeigen, dass die subjektiven und objektiven Ergebnisse sehr zufriedenstellend waren. Alle Patienten hatten Werte über 70 von 100 maximal erreichbaren Punkten im Simple Shoulder Test [Matsen 1994], eine durchschnittliche Flexion von 112° und Außenrotation von 37°, der Handrücken kam auf Höhe L1 [Edelson 2008]. Eine größere

Serie wurde von Court-Brown et al. publiziert; diese befasst sich mit der konservativen Therapie von einfachen, aber auch komplizierteren Brüchen (AO A2.2 und B1.1). Die Patienten mit B1.1-Frakturen zeigten in 80,6 % ein gutes bis sehr gutes Ergebnis [Court Brown 2001, 2002, 2004].

Die Ansprüche des Patienten bei der Therapieentscheidung sollten eine wichtige Rolle spielen. Entsprechend der Erwartungshaltung sollte das perioperative Risiko mit dem vermuteten Gewinn einer Operation abgewogen werden. Nicht selten kommen gerade ältere Menschen mit einer limitierten Schulterfunktion sehr gut zurecht, vorausgesetzt, sie haben keine oder nur geringe Schmerzen. Problematischer wird es bei den Patienten, die unter 65 Jahre alt sind, noch arbeiten und in ihrer Freizeit aktiv sind. Aufgrund der ständig steigenden Lebenserwartung und der vielfältigen Angebote und Möglichkeiten für Senioren wird es auch in diesen Fällen schwieriger, sich für eine konservative Behandlung zu entscheiden, so dass häufig eine operative Therapie vom Patienten gewünscht und vom Chirurgen gewählt wird.

2.3.2 Osteosynthese

2.3.2.1 Indikation, Anwendung und Entwicklung

Trotz der vereinzelt beschriebenen guten Ergebnisse konservativer Therapie bei dislozierten Zwei- bis Vier-Fragment-Frakturen bevorzugen die meisten Chirurgen ein operatives Vorgehen. Die Qualität der Osteosynthesen konnte durch die Arbeit und Forschung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) verbessert werden. Die Biomechanik und Physiologie des Knochens und der Weichteile wurden besser verstanden [Müller 1987, Rüedi 2007]. Daraus etablierte sich die offene Frakturreduktion mit interner Osteosynthese und frühfunktioneller Nachbehandlung zur Standardtherapie.

In den einzelnen Studien wird von 45 % bis 87 % guten bis sehr guten Resultaten gesprochen [Neer 1970, Sturzenegger 1982, Paavolainen 1983, Mills 1985, Kristiansen 1986, Kristiansen 1987, Kuner 1987, Habermeyer 1989, Rader 1992, Esser 1994, Gerber 1994, Speck 1996, Damanakis 1996, Lill 1997, Bährs 2001, Wijgman 2002]. Diese Resultate können erlangt werden, solange das Weichteiltrauma gering und die Knochenqualität gut ist und die Fragmente eine anatomische Reposition erlauben [Gerber 1994, 1998, Resch 1995, Ko 1996, Le Bellec 2002]. Wenn diese Idealbedingungen nicht gegeben sind – was z. B. bei älteren Patienten mit komplizierten Brüchen der Fall ist –, häufen sich mittel- und langfristig Komplikationen wie Fragment- und/oder Materialdislokation, Pseudarthrose und avaskuläre Humeruskopfnekrose (AVN).

Gerade das Risiko, eine AVN zu entwickeln, gewann an Relevanz und wurde ein Kriterium für die Entscheidung, ob eine Humeruskopferhaltende Operation oder ein Koppersatz mittels Prothese durchgeführt werden sollte. Da sich die üblichen Platten für die gelenkerhaltende

Operation nicht immer bewährt haben, wurden weniger invasive und weichteilschonendere Methoden versucht, wie die perkutane Kirschnerdrahtspickung, Osteosuturen/-cerclagen allein oder in Kombination mit anderen Methoden, Schraubenosteosynthesen und die endomedulläre Nagelung [Kuner 1987, Jakob 1991, Jaberg 1992, Darder 1993, Resch 1997, Ilchmann 1998, Szyszkowitz 1999, Resch 2001, Mittlmeier 2003, Park 2003, Hertel 2005, Rueger 2007, Keener 2007, Lanting 2008]. Die Komplikationsrate konnte in bestimmten Fällen gesenkt werden, war jedoch bei osteoporotischen mehrfragmentären Frakturen und in varus oder lateral abgekippten Frakturen noch hoch. Aufgrund dieser Negativerfahrungen wurde vermehrt die endoprothetische Versorgung gewählt. Schon bald stieß man bei den problematischen Frakturtypen ebenfalls auf operationsspezifische Probleme, so dass die Meinungen über diese Versorgungsart mehr und mehr auseinandergingen.

Einige Autoren berichten, dass mit der Minimalosteosynthese annähernd gleiche Ergebnisse erreicht werden wie mit der Schulterprothese [Speck 1997, Richter 1998]. Hoellen und Bauer erzielen ebenfalls gleichwertige Ergebnisse, plädieren aber für die Prothese, da bei dieser mit weniger Revisionseingriffen zu rechnen sei [Hoellen 1997, Bauer 1998]. Bastian und Hertel untersuchen in einer prospektiven Studie die Ergebnisse der Osteosynthese mittels Drittelrohrplatte mit dem primären Gelenkersatz bei 100 komplex frakturierten Schultern. Dabei wird die Entscheidung der Behandlungsmodalität in situ abhängig von der Kopfperfusion und der Reponierbarkeit gefällt. Bei einem funktionellen Ergebnis von 77 % nach Osteosynthese ist diese den 70 % nach Prothese überlegen. Bei der subjektiven Patienteneinschätzung und der Schmerzsituation konnte kein Unterschied gefunden werden [Bastian 2009]. Zyto und Mitarbeiter befürworten weitere Studien über offene Osteosynthesen, da die Resultate mit der Prothesenversorgung unbefriedigend sind [Zyto 1998]. Kasperczyk et al. erzielen bessere Ergebnisse nach Minimalosteosynthese als mit der endoprothetischen Versorgung [Kasperczyk 1993]. Dem steht die Meinung von Levine gegenüber, der nach einer Literaturübersicht zu dem Ergebnis kommt, dass nur 46 % der gelenkerhaltend operierten Patienten zufriedenstellende Resultate erreichen, jedoch 78 % der endoprothetisch versorgten Patienten [Levine 1998]. Zu ähnlichen Zahlen gelangen Hartsock und Mitarbeiter. Sie finden nur bei 30 % der osteosynthetisch versorgten Vier-Fragment-Frakturen zufriedenstellende Ergebnisse, hingegen bei 80 % der mit einer Prothese operierten Patienten gute bis sehr gute Resultate [Hardsock 1998].

Die Prothese wird von Befürwortern der gelenkerhaltenden Operation nicht gänzlich ausgeschlossen. Als Indikationen werden hierbei ein hohes Alter oder sehr komplexe osteoporotische Frakturen genannt [Kasperczyk 1993, Wiedemann 1995, Trupka 1997, Rees 1998, Bastian 2009].

Um die Problematik der Osteoporose und der damit verbundenen Fragmentdislokation und Materiallockerung anzugehen, wurden winkelstabile Implantate entwickelt, die einen besseren Halt in einem schwachen Knochen gewährleisten sollen (Abb. 4). Dies ließ sich zumindest in Kadaverstudien nachweisen [Sommer 2003, Chudik 2003, Egol 2004]. Ein weiterer Vorteil liegt in der Möglichkeit einer Frühmobilisation. Die zu erwartenden positiven Ergebnisse rechtfertigen die hohen Implantatskosten. Aufgrund der versprochenen Vorteile wurde weltweit eine große Menge dieser Platten benutzt, mit anfänglich zufriedenstellenden Frühresultaten bei kleinen Fallzahlen [Mückter 2001, Lungershausen 2003, Bjorkenheim 2004, Fankhauser 2005, Helmy 2006, Koukakis 2006, Moonot 2007]. Relativ bald zeigten sich implantatspezifische Komplikationen, die nicht nur operationstechnischen Fehlern zugeschrieben werden konnten. Dazu gehören Lösungen der Fragmente, vor allem des Kopfsegments mit resultierender Varus- oder Valgusfehlstellung, intraartikuläre Schraubenperforationen, Plattenausrisse und Pseudarthrosen [Hente 2004, Fankhauser 2005, Kettler 2006, Gardner 2007, Babst 2007, Agudelo 2007, Owsley 2008, Egol 2008]. Bei kurz- und mittelfristigen Nachuntersuchungen kam es zu besseren funktionellen Operationsergebnissen mit Durchschnittswerten um die 70 bis 82 % nach dem Constant-Murley Score [Constant 1987], aber auch mit einer Anzahl von Revisionseingriffen, die von 6 % bis 24 % reichten. Letzteres Risiko verdoppelt sich bei einem Alter von über 60 Jahren, womit sich dieses den Zahlen der herkömmlichen Osteosyntheseverfahren annähert [Mückter 2001, Kettler 2006, Babst 2007, Lau 2007, Owsley 2008, Handschin 2008, Südkamp 2009]. Die früh beobachteten Komplikationen konnten durch operationstechnische Modifikationen gebessert werden [Hente 2004, Koukakis 2006, Voigt 2007, Gardner 2007, Babst 2007, Agudelo 2007, Solberg 2009]. Es fehlen jedoch Langzeitergebnisse, um diesen Platten einen klaren Vorteil gegenüber anderen Fixationsmethoden zuzuschreiben. In einer komparativen Studie von Handschin et al. zwischen 31 winkelstabilen Platten und 60 Osteosynthesen mittels Drittelrohrplatten und 3,5-AO-Schrauben konnten keine signifikanten Unterschiede für Alter, Frakturtyp, Funktion, Schmerz, Komplikationsrate und benötigte Revisionsoperationen festgestellt werden. Der einzige signifikante Unterschied lag in den Materialkosten bei durchschnittlich 684 € für die winkelstabile Platte und 158 € in der Drittelrohrgruppe [Handschin 2008]. Greiner konnte bei einer Anzahl von ursprünglich 108 konsekutiven Patienten 48 innerhalb von durchschnittlich vier Jahren postoperativ nachuntersuchen. Nach einem Jahr kamen 4 Fälle mit AVN vor, nach vier Jahren waren es 9 von 48. Der durchschnittliche Constant-Murley Score lag bei 66,2 mit nur 41 % guten und sehr guten Ergebnissen [Greiner 2009].

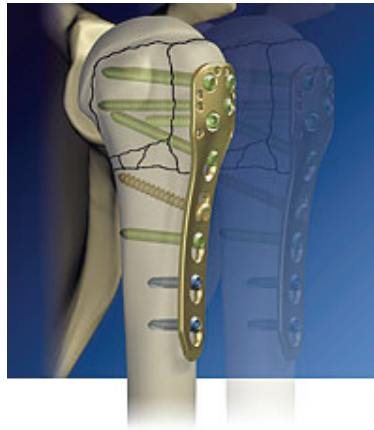


Abb.4 : Beispiel einer winkelstabilen Platte (PHILOS™/Synthes, Oberdorf, CH). Die Schrauben zur Kopfbefestigung sind zwingend winkelstabil, diaphysär kann man zwischen standard-bikortikalen, winkelstabil-bikortikalen und selbstbohrend/schneidend-monokortikalen Schrauben wählen.

Der Vorteil gegenüber gängigen Osteosyntheseverfahren sollte auch für den primären Prothesenersatz gelten. Dazu gibt es zwei komparative Studien, welche dies belegen können [Dietrich 2008, Solberg 2009]. Nach operativer Versorgung von Drei- und Vier-Fragment-Frakturen erhielten beide ein funktionelles Ergebnis von 68,6 % respektive 71 % nach Plattenosteosynthese gegenüber den 60,6 % respektive 41 % nach primärer Prothese. Nicht zu vernachlässigen ist, dass ein Viertel bis zu einem Drittel der Patienten in der Osteosynthesegruppe eine Revisionsoperation benötigte, gegenüber 2 % und 16 % in der Prothesengruppe. Da es sich bei diesen Patientengruppen meist um Menschen mit einigen Zusatz-erkrankungen handelt, stellt jegliche zusätzliche Narkose und Operation ein weiteres gesundheitliches Risiko dar [Olsson 2005].

Zurzeit stoßen auch winkelstabile Implantate an ihre Grenzen, so dass der anfangs erhoffte Erfolg für die osteoporotischen mehrfragmentären Frakturtypen ausgeblieben ist. Die Frage nach dem Kosten-Nutzen-Effekt bleibt somit weiterhin offen.

2.3.2.2 Spezifische Komplikationen der Osteosynthesen

Weichteil-, Nerven-/Gefäßschädigungen, Infekte, retraktile Kapsulitis (frozen shoulder), heterotopische Ossifikationen und Wunddehiszenzen kommen, abhängig von der Operationsmethode, mehr oder weniger häufig vor und liegen zwischen 0,5 und 5 % [Neer 1970, Moda 1990, Szyszkowitz 1993, deLaat 1994, Zyto 1997, Athwal 2007, Agudelo 2007, Handschin 2008, Egol 2008]. Insgesamt bleiben diese Komplikationen selten und können als allgemeine Operationsrisiken angesehen werden.

Spezifische Komplikationen einer konservativen oder operativen gelenkerhaltenden Therapie können einen Revisionseingriff unumgänglich machen. Zu nennen sind die avaskuläre

Humeruskopfnekrose (AVN), die Pseudarthrose, Fragmentdislokation mit Fehlverheilung, Materialdislokation und die posttraumatische Arthrose.

2.3.2.2.1 Avaskuläre Humeruskopfnekrose (AVN)

Die A. arcuata gilt als Hauptversorgungsast des Humeruskopfes und zweigt aus dem Ast der A. circumflexa anterior humeri ab. Die A. arcuata verläuft lateral der langen Bizepssehne im Sulcus intertubercularis und dringt in Höhe des Tuberculum majus in den Kopf ein [Gerber 1990, Brooks 1993]. Eine aktuelle Kadaverstudie von Hettrich et al. weist der A. circumflexa posterior, die mit einem starken Netz aus Anastomosen von dorsal den Humeruskopf perfundiert, den wichtigsten Teil der Blutversorgung zu, nämlich 64 % [Hettrich 2010]. Eine weitere wichtige Rolle spielt die Durchblutung über das Periost, die Gelenkkapsel und die Rotatorenmanschette [Gerber 1990, Brooks 1993, Menck 1997]. In einer Fallstudie beschreibt Gerber das Überleben eines Humeruskopfes, nachdem Aa. circumflexa anterior und posterior durch eine Schulterluxation zerrissen wurden, und unterstreicht damit die Rolle der in der Literatur vernachlässigten Nebenäste der Aa. thoraco-acromialis, suprascapularis und brachialis profunda [Gerber 1996].

Diesem Durchblutungsmodell zufolge sind intraartikuläre Frakturen mit stark dislozierten Fragmenten besonders nekrosegefährdet. Hertel konnte mittels Bohrkanälen im Kopfsegment und intraoperativer Laser-Doppler-Messungen eine Korrelation zwischen Kopfdurchblutung und Frakturmorphologie herstellen. Untersucht wurden Zwei-Fragment-Frakturen durch das Collum anatomicum sowie dislozierte Drei- und Vier-Fragment-Frakturen. Dabei hatten die in der Neerklassifikation vorkommenden Kriterien wie Dislokation über 1 cm oder mehr als 45°-Abkippung nur einen geringen Einfluss auf die Perfusion der Kopfkalotte. Für das Vorliegen einer glenohumeralen Luxation und Kopfimpressions- oder Spaltfraktur konnte ebenfalls nur eine schwache Korrelation gefunden werden. Prädiktiven Wert hatten die Länge des Kalkarsegmentes in der posteromedialen Metaphyse und die Integrität der medialen Angel, „hinge“ genannt (Abb. 5a und 5b) [Hertel 2004, 05].

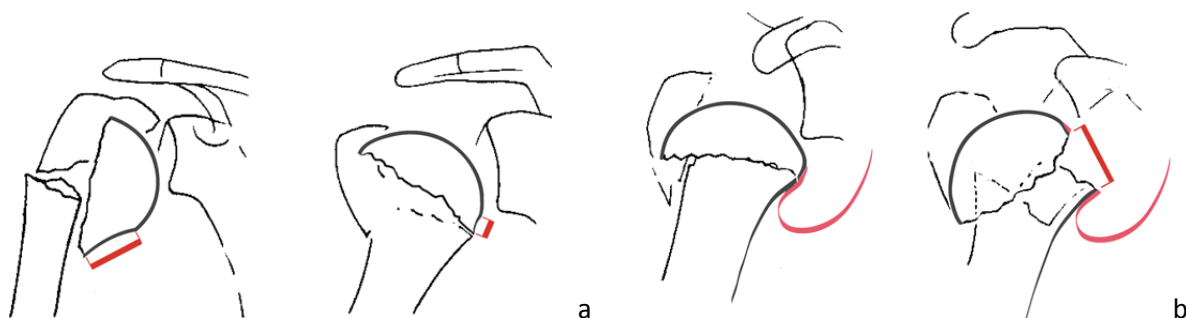


Abb. 5: Ein Kalkarfragment < 8 mm (a) und die Desintegration der medialen Angel (b) erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer avaskulären Kopfnekrose [Hertel 2004].

Die intraoperative Evaluation der Durchblutung wurde als Kriterium für die definitive Versorgung der Frakturen benutzt. Dabei wurden 51 Schultern gelenkerhaltend operiert und 49 bekamen einen Koppersatz. Zehn nicht-vaskularisierte Köpfe wurden dennoch gelenkerhaltend operiert. Die Ergebnisse dieser Interventionen wurden bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von fünf Jahren evaluiert [Bastian 2008, 2009]. Interessanterweise entwickelten nur 20 % der für ischämisch deklarierten Köpfe eine AVN. Die restlichen 41 Frakturen zeigten im präoperativen Röntgen geringe Risikofaktoren und eine gute Perfusion der Köpfe. Diese Gruppe entwickelte trotzdem in 13 % eine AVN. Die initiale Humeruskopfischämie kann somit nicht als vorhersagendes Kriterium verwendet werden. Wenngleich Hertel keine eindeutige Korrelation des Nekrosrisikos mit dem Vorliegen einer Luxationsfraktur nachweisen konnte, zeigte eine AO-Sammelstudie von 1987 ein erhöhtes Vorkommen von AVN bei diesen Frakturtypen [Kuner 1987]. Bei 167 Schultern entwickelten 32,1 % für Drei-Fragment-Frakturen und 50 % für Vier-Fragment-Frakturen eine AVN, was über dem Schnitt der nicht-luxierten Frakturen liegt.

Durch einen offenen Eingriff kann es zu Verletzungen der Weichteileile, zum Abriss von Periostbrücken und zu weiteren Gefäßschädigungen kommen, und zwar vor allem durch übermäßige Manipulation der Bruchfragmente und ein „Overstuffing“ mit Osteosynthesematerial. Im Durchschnitt liegt die Nekroseinzidenz bei 3-14 % für Drei-Fragment-Frakturen und 13-35 % für Vier-Fragment-Frakturen nach herkömmlicher osteosynthetischer Versorgung [Stableforth 1984, Darder 1993, Gerber 1998, Gerber 2004, Hertel 2004, Bastian 2008, Bastian 2009, Greiner 2009, Tamai 2009]. De Franco berichtet über eine Nekrose rate bis zu 75 % für dislozierte in varus abgekippte Kopffragmente und betont die im Vergleich benigneren Verläufe bei valgusimpaktierten Kopffragmenten [De Franco 2006]. Ein eindeutiger Beweis für die Voraussagbarkeit einer AVN in Bezug auf den Frakturtyp konnte nicht definitiv erbracht werden.

Die AVN kann bis zu 5 Jahre nach dem Trauma erscheinen [Gerber 1998, Ring 2007]. Dieser Zeitraum sollte bei der endgültigen Festlegung der Nekroseinzidenz beachtet werden.

Edelson hat über einen Zeitraum von 2 bis 9 Jahren 63 konservativ behandelte, komplizierte Frakturen nachverfolgt und konnte nur in einem Fall eine AVN, die 3 Jahre nach dem Trauma auftrat, nachweisen [Edelson 2008]. Dies erhärtet die Vermutung, dass ein invasives Vorgehen ein Hauptrisiko für das Entwickeln einer Humeruskopfnekrose ist.

Für die Quantifizierung der avaskulären Nekrosen hat sich die Klassifikation nach Ficat bewährt, die ursprünglich für den Femurkopf entwickelt wurde [Ficat 1985]. Klinisch kann man die avaskuläre Nekrose des Femurkopfes nicht mit der des Humeruskopfes vergleichen, da Letzterer kein tragendes Element darstellt. Die Symptome sind im Schultergelenk schwächer ausgeprägt und entstehen oft erst in fortgeschrittenen Stadien. Häufig ist die AVN

klinisch stumm, so dass der radiologische Befund allein nicht als Indikation zu einem Revisionseingriff gelten sollte [Hatstrup 1998]. Die Klassifikation nach Ficat wurde von Cruess für den Humeruskopf modifiziert und dient heute als Standardmodus für die Evaluation von Humeruskopfnekrosen [Cruess 1985]

Die AVN kann sich dennoch zu einer symptomatisch schmerzhaften und funktionseinschränkenden Situation entwickeln [Gerber 1998]. In diesem Fall kann sie mit einer Operation durch prothetischen Kopf- oder Gelenkersatz behandelt werden.

Die Wahrscheinlichkeit, eine avaskuläre Humeruskopfnekrose zu entwickeln, wird häufig mit dem Frakturtyp korreliert. Brooks, Gerber, Hertel und Bastian konnten zeigen, dass die Vorhersagbarkeit nicht absolut ist, daher sollte die Indikation einer bestimmten Therapie nicht nur darauf basieren [Brooks 1993, Gerber 1998, Hertel 2004, Bastian 2008, 2009].

2.3.2.2.2 Pseudarthrose

Wenngleich selten, werden immer wieder Pseudarthrosen nach Humeruskopffrakturen genannt, welche sich am häufigsten am Collum chirurgicum manifestieren [Cofield 1988, Norris 1990, Norris 1997]. Checchia et al. haben eine Klassifikation für die Pseudarthrosen am proximalen Humerus vorgeschlagen [Checchia 2000]. Die Pseudarthrose entwickelt sich seltener nach konservativer Behandlung, sondern entsteht meistens nach offenen Osteosynthesen. Das Risiko, dass sich nach solch einem Eingriff eine Pseudarthrose bildet, liegt bei bis zu 23 % [Neer 1970, Walch 1996, Norris 1997, Egol 2008].

Es gibt mehrere anatomische Einflussgrößen, die sich auf das Entstehen einer Pseudarthrose auswirken können. Zunächst einmal zieht die Schwerkraft durch das Gewicht des Armes die Frakturlinien auseinander. Das distale Fragment besteht meistens aus Kortikalis, das im Gegensatz zur Spongiosa schlechtere Heilungsqualitäten besitzt. Häufig sind Weichteile zwischen den Fragmenten interponiert. Intraartikuläre Frakturheilung kann aufgrund der Synovialflüssigkeit verlangsamt werden. Die Zugkräfte, die an den einzelnen Fragmenten durch die inserierenden Sehnen und Muskel wirken, können eine Pseudarthrose fördern [Neer 1990, Jupiter 1994]. Letztendlich kann eine Fehlmobilisation der Schulter während einer frühen Rehabilitation zu dieser Komplikation führen [Duralde 1996].

Revisionseingriffe bei Pseudarthrose stellen eine chirurgische Herausforderung dar und haben einen hohen Prozentsatz unzufriedenstellender Ergebnisse, so dass die Indikationsstellung zur Revisionsoperation sehr streng gehalten werden sollte. Im Schnitt werden nur 50 % zufriedenstellende Ergebnisse erreicht [Neer 1983, Healy 1990, Nayak 1995, Duralde 1996, Walch 1996, Antuna 2002]. Länger bestehende Pseudarthrosen führen zu Entkalkung und Erweichung der Knochensubstanz, so dass Osteosynthesematerialien schlechter greifen. In so einem Fall wäre eine Prothese als Revisionseingriff indiziert. Leger et al.

sprechen hingegen von einer Kontraindikation zur sekundären Prothese und schlagen einen intramedullären Knochenspan vor [Walch 1996, Leger 2001]. Eine weitere Indikation zur sekundären Prothese wäre die seltene Pseudarthrose im Collum anatomicum.

2.3.2.2.3 Fragmentdislokation mit Fehlverheilung

Die Ursachen der Pseudarthrose gelten auch für die Fehlverheilungen, mit der Ausnahme, dass die Fragmente in ihrer falschen Position einen knöchernen Kontakt zueinander bilden. Fehlverheilungen finden meist an den Tuberkula statt, wenn diese durch Zug der Rotatoren-manschette nach medial bzw. postero-medial verschoben werden. Die Fehlverheilung findet hauptsächlich als Folge konservativer Behandlung oder ungenügender Refixationstechnik statt [Neer 1970, Cofield 1988, Gerber 1990, Norris 1997, Siegel 2000]. Daraus können schmerzhafteste Bewegungseinschränkungen und subakromiale Engpässe (Impingement) entstehen. Weichteilkontrakturen und Rupturen der Rotatorenmanschette sind oft mit Fehlverheilungen verbunden. Das erschwert den Revisionseingriff und lässt im Voraus keine guten Ergebnisse erwarten [Beredjikian 1998]. Revisionseingriffe mit Tuberkula-Osteotomie und Re-Osteosynthese mit/ohne autologer Spongiosaplastik stellen eine mögliche Option dar, wenn es keine Inkongruenz zwischen Humeruskopf und Glenoid gibt [Solonen 1985, Beredjikian 1998, Siegel 2000]. Bei Gelenkinkongruenz, zusätzlicher Osteonekrose oder Arthrose empfiehlt sich die Hemi- oder Totalendoprothese. Bei meistens in varus fehlverheilte Fraktur im metaphysären Bereich ist die valgusierende Osteotomie als Revisionseingriff eine Lösung mit zufriedenstellenden postoperativen Ergebnissen [Gill 1997, Benegas 2007].

2.3.3 Primär endoprothetischer Schultergelenkersatz mit Schaftprothesen

In Kapitel 3 werden die Historie, die Typen, Biomechanik und Rehabilitation der Schulterendoprothese eingehend besprochen.

Wird der Schultergelenkersatz als erste Therapieoption zur Behandlung einer akuten Humeruskopffraktur gesehen, so spricht man von einer primären Prothese. Die Indikation dazu kann von verschiedenen Kriterien abhängig gemacht werden. Über den Zeitpunkt der Implantation nach dem Unfall gibt es unterschiedliche Meinungen. Bei akuten Frakturen ist die Mobilisation der retrahierten Muskelanteile ab der zweiten Woche nach dem Trauma erheblich erschwert [Neumann 1992]. Es wird empfohlen, den Eingriff so bald wie möglich nach dem Trauma durchzuführen, wobei zwischen Trauma und Operation im Schnitt nicht mehr als zehn Tage vergehen sollten [Neumann 1988, Moeckel 1992, Simank 1993, Boss 1997, Levine 1998, Mighell 2003]. Damit sollen ein vorzeitiges Verheilen der Fragmente in Fehlstellung sowie Muskelatrophien, Weichteilkontrakturen und periartikuläre Knochenbildung vermieden werden. Neer berichtet über vermehrte ektopische Knochenbildung bei Patienten, die nach dem zehnten posttraumatischen Tag operiert wurden [Neer 1990]. Laut

Boileau gibt es keinen Unterschied im Endergebnis, wenn die Patienten bis zum 20. Tag nach dem Unfall operiert werden [Boileau 2001]. Becker und Bosch sehen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen Frakturalter, Operation und Endergebnis, geben aber ein Zeitfenster bis zu vier Wochen [Bosch 1998, Becker 2002].

Es gibt Situationen, die die primäre Versorgung mit einer Prothese unumgänglich machen können. Dies sind Frakturen im Collum anatomicum mit kleinem Kalottenfragment, fehlgeschlagene offene Stabilisierungen während der gleichen Operationssitzung, Humeruskopfrümmerfrakturen und Impressionsfrakturen mit mehr als 40-50 % zerstörter Gelenkfläche. Eine zweite Gruppe stellen dislozierte, osteoporotische Drei- und Vier-Fragment-Frakturen, Frakturen mit Beteiligung des Collum anatomicum mit Kontakt zu einem der Tuberkula und chronische Luxationsfrakturen mit geringem Knochenverlust dar. Diese können sowohl gelenkerhaltend als auch endoprothetisch versorgt werden. Neben der Art der Fraktur kann auch das Vorliegen einer fortgeschrittenen Omarthrose die Entscheidung zur Endoprothese fördern [Gerber 2004].

Das Risiko einer avaskulären Kopfnekrose wird weiter als wichtiges Kriterium gesehen, um eine Entscheidung für den primären Gelenkersatz zu treffen [Neer 1970, Tanner 1983, Hutten 1986, Neumann 1988, Moeckel 1992, Hawkins 1993, Compito 1994, Goldmann 1995, Bosch 1996, Boss 1997, Zuckerman 1997, Levine 1998, Schai 1999, Kontakis 2009]. Studien von Edelson, Hertel und Bastian haben gezeigt, dass das Entstehen einer AVN nicht immer von den bisher allgemein geltenden Kriterien abhängig ist [Hertel 2004, Bastian 2008, Edelson 2008].

Insgesamt scheinen diese Indikationsstellungen zur primären endoprothetischen Versorgung angemessen zu sein, wenn man die guten Ergebnisse einiger Autoren sieht [Neer 1970, Tanner 1983, Moeckel 1992, Goldmann 1995, Dimakopoulos 1997, Demirhan 2003, Kralinger 2004]. Demgegenüber finden sich auch Negativerfahrungen nach primärem Gelenkersatz [Kraulis 1976, Kay 1988, Hawkins 1993, Bosch 1996, Wretenberg 1997, Movin 1998, Zyto 1998, Becker 2002, Boileau 2002]. Deshalb sind die Expertenmeinungen weiterhin über diese Art der Erstversorgung geteilt. Von den schlechten Ergebnissen sind vor allem Patienten betroffen, die in die oben genannte zweite Indikationsgruppe fallen. Problematisch sind weiterhin die schlechten Grundvoraussetzungen, denen man bei komplizierten Brüchen begegnet, d. h. stark dislozierte Fragmente, fortgeschrittenes Alter der Patienten und die damit verbundene verlangsamte Regenerationsfähigkeit in Verbindung mit Grunderkrankungen und schlechter Knochenqualität. All dies sind Gegebenheiten, die den postoperativen Genesungsverlauf negativ beeinflussen können [Misra 2001].

Neben dem Alter der Fraktur hat auch das biologische Alter der Patienten einen Einfluss auf die Resultate. Es zeigt sich, dass mit steigendem Alter die Ergebnisqualität sinkt. Die Autoren

setzen die Grenze bei 60-70 Jahren, bei dem mit vermehrten Funktionseinbußen gerechnet werden muss [Moeckel 1992, Boss 1997, Goldman 1995, Kralinger 2004]. Das wiederum entspricht der Altersgrenze, bei der eine prothetische Akutversorgung empfohlen wird [Green 1993, Simank 1993, Wiedemann 1995, Trupka 1997, Rees 1998]. Wretenberg und Ekelund versorgten 23 Frakturen bei Patienten mit einem Durchschnittsalter von 82 (70-92) Jahren [Wretenberg 1997]. Diese Patienten erreichten mit Durchschnittswerten bei der Abduktion von 50°, bei der Anteversion von 55° und einer Außenrotation von 12° vergleichsweise eines der schlechtesten Ergebnisse. Angesichts der Tatsache, dass die Bewegung in diesem Fall keinen hohen Stellenwert mehr hatte und nahezu komplette Schmerzfremheit erreicht wurde, war die subjektive Patientenzufriedenheit sehr hoch [Wretenberg 1997]. Bosch und Boileau konnten keinen signifikanten Einfluss des Alters auf die Ergebnisse ihrer Patienten finden [Bosch 1996, Boileau 2001].

Es erscheint logisch, dass die endoprothetische Versorgung nach Fraktur die guten Resultate nach der Versorgung von Omarthrosen nicht erreichen kann. Trotzdem sollte dies bei der Planung und Durchführung der Operation als Idealziel gelten [Neer 1990, Boss 1997, Dines 1997, Sperling 1998, Zadeh 1998]. In den meisten Fällen kann eine Schmerzreduzierung bis hin zur Schmerzfremheit erlangt werden, wobei die Mobilität und Kraft zwischen schlecht und sehr gut variiert [Tanner 1983, Neer 1988, Moeckel 1992, Goldman 1995, Boss 1997, Bauer 1998, Green 1998, Zyto 1998]. Laut Boileau folgt der Verlauf einem Alles-oder-nichts-Gesetz und endet bei 50 % mit guten und bei den anderen 50 % mit einem schlechten funktionellen Ergebnis [Boileau 2001, 2002].

Bei den bisher besprochenen Prothesen handelt es sich um Modelle der ersten bis dritten Generation, die hauptsächlich für die Behandlung der Omarthrose gedacht waren. Um auf die speziellen Gegebenheiten der Fraktursituation einzugehen, wurden, basierend auf den Prothesen der dritten Generation, Frakturprothesen entwickelt, die seit Mitte der 90er Jahre im Einsatz sind (siehe Kapitel 3.2). Erste Ergebnisse wurden von Coste et al. in einer Multi-centerstudie vorgestellt [Coste 2001]. Über neun Jahre wurden 678 Patienten mittels Endoprothese versorgt, wovon 431 nachuntersucht werden konnten. Ab 1997 wurden 68 Patienten mit dem Ursprungsmodell operiert, welches bald modifiziert wurde, und ab 1999 wurden ebenfalls 68 Patienten mit dem noch heute gängigen Modell Fracture-Aequalis (Tornier Surgical Implants, Saint-Ismier, F) versorgt. Die Nachuntersuchungszeit war mit 9-19 Monaten zu kurz, um klinische Vergleiche zu erlauben. Bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 39,3 Monaten (24-63) konnten Kontakis und Mitarbeiter mit derselben Prothese mittelfristige Ergebnisse vorlegen [Kontakis 2009]. Bei 28 nachuntersuchten Patienten hatten 18 eine aktive Elevation von mehr als 150°. Drei Patienten wiesen eine Resorption des Tuberculum majus auf und hatten entsprechend ein schlechteres Ergebnis. Insgesamt erlangten die Patienten einen durchschnittlichen modifizierten Constant Score von

68,2 Punkten, der durch eingeschränkte Rotationsbewegungen und residuellen Schmerz gedrückt wurde. Dieses Ergebnis sticht nicht besonders aus den älteren Studien mit Prothesen der zweiten Generation heraus, zeigt aber weniger Komplikationen bei der Einheilung der Tuberkula. Bei dieser geringen Patientenzahl sollten die Ergebnisse jedoch vorsichtig interpretiert werden.

Eine weitere Studie von Fialka beschäftigt sich mit dem Vergleich zweier Frakturprothesen der dritten Generation. Dabei konnte er einen deutlichen Unterschied zwischen den Prothesentypen und den Fixationsmethoden der Tuberkula finden [Fialka 2008]. Auch hier sind die Patientenzahl und die Nachuntersuchungszeit mit einem Jahr zu gering, dennoch kann man erkennen, dass das Prothesendesign einen Einfluss auf die Heilung nehmen kann, was bereits bei Prothesen der zweiten Generation von Kralinger gezeigt wurde [Kralinger 2004]. Bisher konnte sich kein Modell mit reproduzierbaren guten Langzeitergebnissen durchsetzen.

Der Haupterfolg der primären Prothese liegt im Erlangen von Schmerzfreiheit. Dies wird in den meisten Fällen erreicht. Die Funktionalität der Schulter nach Gelenkersatz kann nicht genau vorausgesagt werden.

2.4 Synthese der Akutversorgung

Über die Therapie von nicht dislozierten Humeruskopffrakturen, einfachen Frakturen bei unter 60-Jährigen und bei Frakturen mit guter Knochenqualität besteht in den Publikationen der letzten 40 Jahre Einigkeit. Je nach Erfahrung und Können der einzelnen Chirurgen werden unterschiedliche Versorgungsarten favorisiert, diese haben aber alle relativ konstant gute Ergebnisse. Bei den komplizierten Brüchen divergieren die Meinungen und es werden unterschiedlichste Ansätze vorgeschlagen, um diese problematischen Läsionen anzugehen. Die Resultate dieser Ansätze sind vergleichbar, allerdings auf nicht zufriedenstellendem Niveau. In einer Literaturanalyse der Cochrane Collaboration® aus dem Jahr 2003 geht hervor, dass es für eine eindeutige Therapieempfehlung nicht genügend komparative valide Studien gibt. Bei komplizierten Frakturen gibt es keine Evidenz für einen Vorteil der konservativen oder operativen Therapie [Handoll 2003]. Deswegen wurden kontinuierlich neue Methoden, Implantate und Frakturprothesen entwickelt. Diese konnten die Erwartungen allerdings bislang nicht erfüllen.

Die Versorgung der komplizierten und/oder osteoporotischen Frakturen bleibt eine offene Frage. Aus epidemiologischer Sicht werden wir diesen Frakturen immer häufiger begegnen, so dass eine bestmögliche Lösung dringend erforderlich ist.

Da wir zurzeit mit den Mitteln arbeiten müssen, die uns zur Verfügung stehen, geht es darum, Faktoren zu finden, die wir beeinflussen können, um bestmögliche Resultate zu erlangen.

2.5 Revisionseingriffe

2.5.1 Methoden und Resultate

Kommt es zu revisionsbedürftigen Komplikationen, so ist die Art der Sekundärversorgung oft abhängig von der Komplikation und deren Ausmaß.

Die Humeruskopfresektion nach Kocher sowie die Arthrodesese sind nur noch als Ausnahmefälle anzusehen und werden überwiegend als Palliativmaßnahme durchgeführt [Weigand 1982, Chammas 1996, Jäger 1998]. Heutzutage stehen kopferhaltende Operationen und die Hemi- bzw. Totalendoprothese im Vordergrund. Die Korrekturingriffe sind aufgrund bestehender Fehlstellungen, kontrakter Weichteile, Schultersteifen und Rotatorenmanschettendefekten komplizierter Natur. Um diese allgemein schlechte Situation nicht zu verschlimmern, sollte ein Revisionseingriff innerhalb von 3 bis 6 Monaten nach Auftreten der Komplikation stattfinden [Habermeyer 1992, Dines 1993, Norris 1995, Galatz 2000, Tauber 2007]. Revisionseingriffe können die aktuelle Situation, unabhängig von der angewandten Technik, verbessern, erreichen jedoch selten zufriedenstellende Ergebnisse [Habermeyer 1992, Tauber 2007]. Die Hauptindikation sollte daher der chronische Schulterschmerz sein. Weitere wichtige Punkte sind der Grad der Einschränkung und der Einfluss auf die Selbstständigkeit im täglichen Leben. Hierzu zählt vor allem, dass die persönliche Hygiene, das An- und Entkleiden sowie Selbstversorgung selbstständig möglich sind.

Die Art des Eingriffs hängt von dem zugrunde liegenden Problem ab und kann von einer einfachen, z. B. arthroskopischen, subakromialen Dekompression mit oder ohne Rotatorenmanschettennaht über eine Materialentfernung bis hin zur endoprothetischen Versorgung reichen.

2.5.2 Die Schaftprothese als Revisionseingriff

Die Indikation zur sekundären Prothese sind chronische Schmerzen und Funktionseinschränkungen, verursacht durch fehlgeschlagene Primärversorgungen, Läsionen der glenohumeralen Gelenkfläche, chronische Luxationsfrakturen, Pseudarthrosen, Fehlverheilung der Fragmente oder Kopfnekrosen. Die Symptome können durch diesen Revisionseingriff reproduzierbar verbessert werden, die Ergebnisse sind aber im Allgemeinen bescheiden [Tanner 1983, Hutten 1986, Kay 1988, Dines 1993, Norris 1995, Dimakopoulos 1997, Beredjiklian 1998, Rickert 1998, Göbel 1999]. Vorausgehende Operationen erschweren dabei die sekundäre Prothesenimplantation durch eine Abweichung von der normalen

Anatomie, Weichteilverklebungen oder sekundäre Ossifikationen. Die Resultate der sekundären Prothesen, verglichen mit denen der akut eingebauten, fallen in der Regel schlechter aus [Huten 1986, Frich 1991, Dines 1993, Norris 1995, Movin 1998, Sperling 1998, Bosch 1998, Göbel 1999, Orfaly 2007].

Bei diesen Studien wurden die Ausgangssituationen, die zu einem Revisionseingriff führte, jedoch nur selten differenziert und analysiert. Boileau unterstreicht die Vielfalt der Ausgangssituationen und schlägt eine Klassifikation zur besseren Vergleichbarkeit vor [Boileau 2002]. Dabei unterscheidet er zwei Kategorien mit je zwei Typen: Kategorie 1 sind intrakapsuläre impaktierte Fehlverheilungen mit (Typ 1) oder ohne (Typ 2) Kopfnekrose bzw. Kollaps, Kategorie 2 sind extrakapsuläre, dislozierte Fragmente mit Pseudarthrose (Typ 3) oder stark fehlverheilten Fragmenten (Typ 4). In Boileaus Studie ließ sich ein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit von den Kategorien bzw. Typen finden. Typ 1 und 2 erzielten weitaus bessere Ergebnisse bezüglich Schmerz und Mobilität im Vergleich zu Typ 3 und 4, also ein klarer Vorteil für Kategorie 1 zu 2. Bei der zweiten Kategorie war immer eine zusätzliche Osteotomie des Tuberculum majus notwendig. Diese wurde bereits früher als ein wichtiger negativer Prädiktor beschrieben [Neer 1970, Neer 1983, Tanner 1983, Compito 1994] und nach Boileau weiter bestätigt [Antuna 2002, Mansat 2004]. Als Ursache wird eine Devaskularisation angesehen, die zu einer Pseudarthrose, Migration und Resorption des Fragments führt [Dines 1993, Compito 1994]. Osteotomien des Tuberculum minus hingegen haben keinen negativen Einfluss auf das Ergebnis [Boileau 2002]. Insgesamt kann man der Situation des Tuberculum majus vor und nach der Prothesenimplantation einen hohen Stellenwert zuordnen [Neer 1970, 1983, Tanner 1983, Dines 1993, Compito 1994, Norris 1997, Galatz 2000, Boileau 2002, Antuna 2002, Mansat 2004, Tauber 2007].

Ein weiterer wichtiger Faktor, der das Endergebnis negativ beeinflussen kann, ist das Vorhandensein einer Pseudarthrose im Collum chirurgicum, die das Anwachsen des Tuberculum majus erschweren kann [Scheck 1982, Neer 1983, Healy 1990, Dines 1993, Norris 1995, Nayak 1995, Duralde 1996, Boileau 2001, Antuna 2002]. Selten können die Patienten den Arm um mehr als 90° heben, die Funktion bleibt weiterhin schlecht. Der einzige Gewinn wird durch eine Schmerzfreiheit oder Reduzierung erreicht. Die Pseudarthrose im Collum chirurgicum wird von Boileau als Kontraindikation zur prothetischen Versorgung gesehen [Boileau 2001] und ein intramedullärer Knochenspan als Alternativoperation vorgeschlagen [Walch 1996].

Bessere Ergebnisse lassen sich nach sekundärer Prothese bei avaskulärer Kopfnekrose (AVN) erwarten, wobei auch hier das Ergebnis von der Morphologie des Tuberculum majus abhängt [Mansat 2004, Tauber 2007]. Bei anatomischer Verheilung des Tuberculum majus konnten bessere Resultate bei den traumatischen AVN erzielt werden als bei einigen nicht-

traumatischen [Mansat 2004, Mansat 2005, Tauber 2007, Orfaly 2007, Feeley 2008]. Uneinigkeit bleibt bei der Frage, ob nur ein Koppersatz oder ein totaler Gelenkersatz stattfinden soll [Tauber 2007, Feeley 2008]. Diese Debatte wird allgemein bezogen auf die endoprothetische Versorgung des Schultergelenkes geführt und hat bis heute kein klares Resultat ergeben.

2.6 Komplikationen nach Protheseneinbau

Die Komplikationsrate nach primärer bzw. sekundärer Prothese liegt bei etwa 35 % [Muldoon 1997]. Die häufigsten Komplikationen nach dem Einbau konventioneller Prothesen, unabhängig von der Indikation, sind Komponentenlockerung, glenohumerale Instabilität, Riss der Rotatorenmanschette, periprothetische Frakturen, Infekte, Falschimplantationen und Muskelschwäche oder Dysfunktion des Musculus deltoideus. Allein die Komponentenlockerung repräsentiert nahezu ein Drittel aller Komplikationen. Davon treten Lockerungen der Glenoidkomponente am häufigsten auf. Zu diesem Ergebnis kamen Wirth und Rockwood nach einer Literaturübersicht über 32 Studien mit 1.615 betroffenen Schultern bei einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 3,5 Jahren. Dabei stimmen sie mit Neer und Kirby überein, dass dieser Zeitraum zu kurz für eine endgültige Erfassung der Komplikationen nach Schulteprothese ist [Wirth 1996]. Weiter auftretende Komplikationen sind periartikuläre Ossifikationen, Schulterversteifungen, Nerven- und Gefäßschäden. Bei Letzterem sind besonders die Arteria und der Nervus axillaris gefährdet. Schaftfrakturen treten vor allem nach Revisionen länger bestehender Pseudarthrosen auf. Eine weitere, viel diskutierte Komplikation ist die Glenoidarthrose, die nach einer Hemiprothese auftreten kann [Wirth 1996, Norris 1997, Hartsock 1998].

Bei Muldoon steht nach der Frakturprothese die Instabilität an erster Stelle, gefolgt von Fehlverheilungen oder Pseudarthrosen der Tuberkula [Muldoon 1997]. Letztere werden von anderen Autoren als häufigste Komplikation genannt [Tanner 1983, Bigliani 1991, Moeckel 1992, Hawkins 1993, Green 1993, Norris 1995, Hutten 1995, Hartsock 1998, Misra 2001, Frankle 2001, Boileau 2002, Mighell 2003, Kralinger 2004, Reuther 2007, Antuna 2008, Fialka 2008, Huffman 2008]. Ursächlich können eine fehlerhafte operative Fixation der Tuberkula und/oder eine zu aggressive Frühmobilisation sein [Boileau 1999].

3. Die Prothese

3.1 Prothesentypen

Schulterendoprothesen können den Humeruskopf ersetzen, wobei das Glenoid belassen wird, oder Letzteres kann ebenfalls endoprothetisch ersetzt werden. Diese werden als Hemiprothesen oder Totalendoprothesen bezeichnet.

Grundsätzlich lassen sich bei Totalendoprothesen drei Konstruktionsprinzipien unterscheiden: kraftschlüssige Systeme mit inkongruenten Kontaktflächen (unconstrained), halbform-schlüssige Systeme mit kongruenten Kontaktflächen (semi-constrained) und formschlüssige Prothesen mit kongruenten Kontaktflächen (full-constrained) (Abb. 6) [Cofield 1978, Kunz 2002].

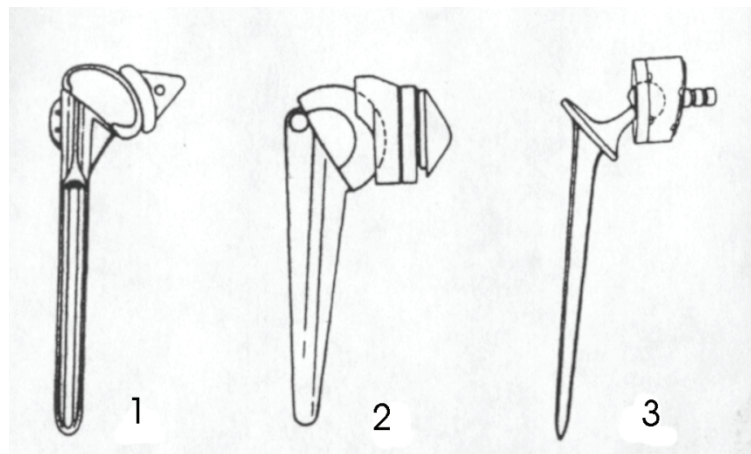


Abb. 6: 1. Kraftschlüssige Systeme, 2. halbformschlüssige Systeme, 3. formschlüssige Systeme [Zadeh 1998]

Aufgrund einer hohen Rate mechanischen Versagens haben die formschlüssigen Prothesen an Bedeutung verloren [Dines 1997]. Die kraftschlüssigen Prothesen konnten sich letztendlich längerfristig durchsetzen [Zadeh 1998, Kunz 2002]. Solange keine fortgeschrittene Arthrose seitens des Glenoids besteht, wird häufig zur Frakturbehandlung auf den Ersatz der Glenoidkomponente verzichtet. Somit schließt man eine zusätzliche Komplikationsquelle einer Komponentenlockerung aus, die bereits in atraumatischen Situationen eine Inzidenz von 30 % haben kann [Matsen 1998].

3.2 Historische Entwicklung

Im Jahr 1893 setzte der französische Chirurg J. P. Péan in Paris die erste dokumentierte Endoprothese in eine durch eine Knochentuberkulose zerstörte Schulter ein. Die Prothese, bestehend aus einem Platinschaft, Metallstreifen und einem Hartgummiball, wurde vom 37 Jahre alten Patienten gut vertragen, musste jedoch nach zwei Jahren aufgrund einer chronischen Fisteleiterung wieder ausgebaut werden [Péan 1973, Lugli 1978]. 1914 stellte der

Würzburger Chirurg F. König ein Schulterprothesenmodell aus Elfenbein vor [König 1914]. Ab 1947 baute Judet gefolgt von Edelman eine Abwandlung seiner Hüftprothese aus Acryl in die frakturierten Schultern. Reproduzierbar gute Ergebnisse konnte keines dieser Modelle liefern [Zadeh 1998].

Ein Durchbruch gelang dem New Yorker Orthopäden Dr. Charles S. Neer II: Mit seinem 1951 entwickelten Modell legte er den Grundstein zur modernen Schulterprothetik. 1955 erschienen die ersten sehr zufriedenstellenden Ergebnisse, nachdem er 27 Patienten mit dislozierten Frakturen die Prothese eingebaut hatte [Neer 1955]. Dieses Modell war in mehreren Schaft- und Kopfgrößen erhältlich, wobei Kopf und Schaft fest miteinander in einem Monoblock-System verbunden waren. Es wurde unverändert bis ins Jahr 1973 angewendet. Diese Modelle gelten als Prothesen erster Generation.

In jenem Jahr wurde ein neues Modell vorgestellt: das Neer-II-System mit modifiziertem Schaft und neuem Kopfdesign. Dazu kam noch eine formschlüssige Glenoidkomponente aus Polyethylen. Parallel dazu kamen in den 1970er und 80er Jahren einige Variationen unterschiedlichster Prothesenmodellen zur Anwendung, wurden aber aufgrund hoher Komplikationsraten wieder aufgegeben [Zadeh 1998].

Das Grundmodell von Neer setzte sich längerfristig durch und diente als Basis für die Prothesen zweiter Generation. Dabei handelte es sich um modulare Prothesen, bei denen eine Vielfalt an Schäften und separaten Köpfen verfügbar war und somit eine Annäherung an die ursprüngliche Anatomie der Schulter erleichtert wurde. Dazu gehören die in dieser Studie verwendeten Prothesen Neer Mark II (3M, St. Paul, MN, USA) und Global (DePuy, Leeds, UK) (Abb. 7a und 7b).



Abb.7 : Prothesen der zweiten Generation: (a) Neer Mark II (3M, St. Paul, MN, USA) und (b) Global (DePuy, Leeds, UK).

Eine Revision am Glenoid wurde durch den abnehmbaren Kopf erleichtert. Die Formschlüssigkeit zwischen Kopf und Glenoidkomponente wurde durch unterschiedliche Krümmungsradien aufgehoben. Dies sollte die Zahl der Glenoidlockerungen reduzieren.

Anfang der 90er Jahre stellten Walch und Boileau ein neues Modell vor, das allgemein als Prothese der dritten Generation bezeichnet wird: Der Prothesenkopf ist variabel auf dem Schaft positioniert, so dass Durchmesser und Höhe flexibel wählbar sind [Boileau 1997, Walch 1999]. Somit konnte das mediolaterale und anteroposteriore Offset der individuellen Anatomie entsprechend eingestellt werden.

Ausgehend von den Prothesen der dritten Generation wurden an die Fraktursituation angepasste Änderungen vorgenommen, die alle auf eine verbesserte Fixierung der Tuberkula ausgerichtet sind. Dabei entstanden zwei Hauptkonzepte: bei dem einen sollte eine möglichst feine und offene Metaphyse erhalten werden, um Platz für die Tuberkula und eventuelle autologe Knochenspäne zu gewähren, wie die Frakturprothese von Walch und Boileau (Abb. 8).



Abb. 8: Frakturprothese der dritten Generation mit feiner und offener Metaphyse zur Anlagerung von Knochenspongiosa und Fixation der Tuberkula (Aequalis Fracture Shoulder; Tornier Surgical Implants, Saint-Ismier, F).

Das andere Konzept basiert darauf, dass das vorhandene Knochenmaterial schwach und porös ist und somit die korrekte Einheilung der Tuberkula gefährdet ist. Bei diesem Modell ist der epiphysäre Teil groß und mit einer speziellen Oberfläche (Poren, Spikes) versehen, die die Kalotten der ausgehöhlten Tuberkula mit entsprechender Nahttechnik stabilisieren sollen (Abb. 9). Dieses von Prof. Gerber entwickelte Modell ist als Anatomical fracture auf dem Markt. Da zu diesen frakturangepassten Modellen noch keine Langzeitstudien vorliegen, sind bislang keine Aussagen zu eventuellen Vorteilen möglich.



Abb. 9: Frakturprothese dritter Generation mit großer Metaphyse und Spezialbeschichtung zur Fixierung der Tuberkula (Anatomical Fracture™-Prothese; Zimmer, Warsaw, IN, USA).

Die letzte noch modifizierbare Ebene war die Torsion zwischen Schaft und Kopfsegment, die in der von Prof. Gerber entwickelten Anatomical-Prothese (Zimmer, Warsaw, IN, USA) möglich wurde. Diese Prothese der vierten Generation erlaubt eine stufenlose Einstellung des Inklinationwinkels, der Exzentrizität und der Ante- bzw. Retroversion zur Humerusachse (Abb. 10).



Abb. 10: Modulierbarkeit der Inklination, der Retroversion und des Offsets bei Schaftprothesen der vierten Generation (Anatomical-Prothese, Zimmer, Warsaw, IN, USA).

Ein ganz anderes System stellt die von Grammont und Baulot entwickelte inverse Prothese dar [Grammont 1993, Baulot 1995]. Sie wurde hauptsächlich entwickelt, um Schultern mit bestehenden Massendefekten der Rotatorenmanschetten zu versorgen. Die Stabilität wird durch die Führung des konkaven Schaftelements an der konvexen Glenoidkomponente gewährleistet. Die Bewegung wird hauptsächlich vom M. deltoideus übernommen. Dessen

Hebelarm wird durch eine Distalisierung und Medialisierung des Drehzentrums verbessert (Abb. 11).

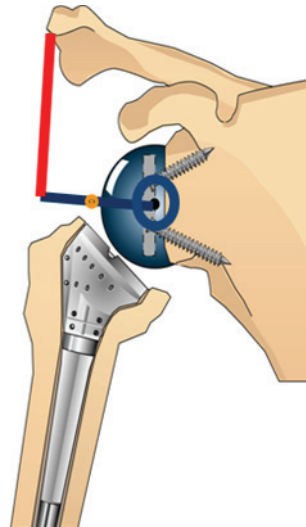


Abb. 11: Inverse Prothese, Typ Delta (DePuy International Ltd, Leeds) mit Distalisierung und Medialisierung des Drehzentrums.

Diese Prothese kann unter anderem als Akutversorgung bei komplizierten Humeruskopffrakturen implantiert werden, stellt aber auch eine Revisionslösung nach fehlgeschlagener konservativer oder operativer Therapie dar. Sie umgeht die Problematik der Tuberkula und der damit verbundenen Rotatorenmanschetteninsuffizienz. Bei diesem Prothesentyp konnte Bufquin bei den Patienten mit fehlerhafter Heilung der Tuberkula (58,5 %) keinen besonderen Unterschied zu den Patienten mit gut verheilten Tuberkula (41,5 %) bemerken, außer bei der Außenrotation [Bufquin 2007]. In einer anderen Studie mit längerer Nachuntersuchungszeit konnten ebenfalls die Vorteile dieser Therapieoption als Primärversorgung gezeigt werden [Cazeneuve 2006]. Weniger erfolgreich, aber dennoch zufriedenstellend sind die Ergebnisse der inversen Prothese nach Therapie zur Revision fehlgeschlagener Versorgung mit Schaftprothesen [Boileau 2006, Levy 2007].

Letztendlich ist noch der Oberflächenersatz, die sogenannte Cup-Prothese, zu erwähnen. Sie ist zwar für die Akutversorgung von Frakturen kontraindiziert, wird aber bei Revisionsoperationen eingesetzt, wie zum Beispiel nach einer avaskulären Kopfnekrose oder der posttraumatischen Arthrose. In den 70er Jahren wurde erstmals ein Oberflächenersatz, der ursprünglich für die Hüfte gedacht war, an der Schulter angewandt und von Steffee und Moore beschrieben [Steffee 1984]. Der Oberflächenradius wurde im Verlauf der folgenden Jahre dem des Humeruskopfes angepasst. Copeland et al. haben in größeren Zahlen und langer Nachuntersuchungszeit über die positiven Resultate der Cup-Prothesen berichtet [Levy 2001, Copeland 2006]. Das Verankern einer hemisphärischen Metallkappe auf dem Humeruskopf verhindert einen Knochenverlust, minimiert den operativen Aufwand und respektiert die individuell vorgegebene Anatomie, was gerade bei jüngeren Patienten von

Vorteil sein kann (Abb. 12). Bisher wurden keine Ergebnisse nach Oberflächenersatz von ausschließlich posttraumatischen Situationen publiziert, sie sind aber insgesamt denen der konventionellen Prothesen gleichwertig, einigen Berichten nach sogar überlegen [Burgess 2009].



Abb. 12: Oberflächenersatz für den Humeruskopf (Copeland Humeral Resurfacing, Biomet, South Wales, UK)

3.3 Biomechanik der Schulter nach Protheseneinbau

Das Ziel der Schulterendoprothetik ist die Wiederherstellung der Anatomie und der Biomechanik, d. h. der Geometrie des Humeruskopfes und des Glenoids und der Funktion der gelenküberschreitenden Muskulatur, vor allem der Rotatorenmanschette und des Deltamuskels.

Das Defizit der endoprothetischen Versorgung nach komplizierten Humeruskopffrakturen liegt hauptsächlich in einer mangelhaften Schulterfunktion. Eine der Hauptgründe dafür ist eine Veränderung der Geometrie und somit eine Störung im dynamischen Bewegungsablauf.

Im Allgemeinen resultiert die Schulterfunktion aus einer Synergie zwischen Kraft und Bewegungsumfang. Die Kontaktflächen des natürlichen Glenohumeralgelenks sind vergleichsweise klein und inkongruent. Dies gilt sowohl für die Hemiprothese als auch für die Totalendoprothese. Dabei muss der Humeruskopf bzw. der Prothesenkopf Rotations-, Translations- und Rollbewegungen in Kombination durchführen, um der komplizierten Positionierung des Armes im Raum folgen zu können [Löhr 1998]. Die komprimierend und zentrierend wirkende Rotatorenmanschette ermöglicht diese Bewegungsabläufe durch eine ständig wechselnde, lageabhängige Einstellung und Stabilisierung der Rotationszentren des Gelenks. Sie repräsentiert somit die wichtigste Struktur, um aktiv eine statische und dynamische Stabilität im Glenohumeralgelenk aufrechtzuerhalten [Tanner 1983, Graf 1987, Weiss 1990, Moeckel 1992, Levine 1998, Resch 1999]. Ist diese beispielsweise durch eine massive Ruptur, Muskelschwäche oder Atrophie gestört, kann man vor allem eine superiore Migration oder eine anterosuperiore Dislokation des Kopfes bei aktiver Abduktion beobachten. Dies kann häufig zu einem schmerzhaften Einklemmphenomen (Impingement) führen [Seebauer 2003, Yamaguchi 2000].

Veränderungen der Tuberkulum-Morphologie und somit der Rotatorenmanschettenfunktion führen ebenfalls zu einer Dysbalance im Bewegungsablauf der Schulter [Boileau 2002]. Wenn diese Veränderungen nur langsam voranschreiten und der Körper Zeit hat, sich daran zu adaptieren, kann es durchaus Patienten geben, die mit Rotatorenmanschetten-Läsionen eine gute Funktion behalten können [Kay 1988, Jost 2006].

Rietveld beschreibt einen Zusammenhang zwischen dem Abstand von Kopfmittle zum Tuberculum-majus-Außenrand und der postoperativen Beweglichkeit, vor allem bei der glenohumeralen Abduktion. Dieser Abstand, das sogenannte Offset, nimmt Einfluss auf den Hebelarm der inserierenden Rotatorenmanschette [Rietveld 1988].

Zusätzlich wird eine Stabilität im Glenohumeralgelenk durch die Gelenkkapsel und ihre assoziierten Bänder erreicht. Sie wirken statisch als „Haltezügel“ bei endgradigen Bewegungsstellungen oder dynamisch über ein propriozeptorisches Zusammenspiel aus Kapsel und Muskulatur. Die oberflächliche Muskulatur (Mm. deltoideus, biceps brachii, triceps brachii, pectoralis major und latissimus dorsi) kann nur bei einem stabilen glenohumeralen Drehzentrum ihre korrekte Motorfunktion entwickeln. Die korrekte Einstellung des Kopfes zur Pfanne ist für den Deltamuskel eine wichtige Voraussetzung, um seine Kraft optimal umsetzen zu können [Seebauer 2003]. Die Kraftverhältnisse entsprechen denen der mechanischen Physik [Baulot 1995, Bigliani 1996, Löhner 1998].

Die Ausgangsdehnung des M. deltoideus ist ein weiteres Kriterium für eine wirkungsvolle Kraftentwicklung, entsprechend der Sarkomerlängen-Kraft-Beziehung und dem Elastizitätsmodul. Deshalb ist auch eine Wiederherstellung der ursprünglichen Schaftlänge für eine adäquate Kraftentfaltung wichtig [Moeckel 1992, Compito 1994, Wirth 1995, Boileau 1999].

Letztendlich sind die extraartikulären Gleitschichten für einen reibungslosen Bewegungsablauf von Bedeutung, da bei Verklebung eine funktionsfähige Rotatorenmanschette ineffektiv arbeiten wird [Hoellen 1997].

3.4 Rehabilitation

Zur funktionellen Wiederherstellung der Schulter werden eine frühzeitige Mobilisation und ein konsequentes Weiterführen physiotherapeutischer Übungen über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr empfohlen [Tanner 1983, Stableforth 1984, Neer 1990, Neumann 1992, Moeckel 1992, Green 1993, Compito 1994, Boss 1997, Dines 1997]. Am häufigsten wird das Drei-Phasen-Programm von Hughes und Neer angewandt [Hughes 1975].

Compito und Hawkins konnten eine Korrelation zwischen dem Ergebnis der funktionellen Wiederherstellung und der postoperativen Nachsorge nachweisen [Hawkins 1993, Compito 1994]. Eine stabile Fixation der Tuberkula bleibt Voraussetzung für eine erfolgreich

durchführbare Rehabilitation, die sich gerade nach Traumaprothese als besonders schwierig erweist [Boileau 1999]. Einerseits sollte frühzeitig mit der Mobilisation begonnen werden, um einer Versteifung der Schulter entgegenzuwirken, andererseits ist die Stabilität der refixierten Fragmente gefährdet. Dabei rechnet man mit ungefähr sechs bis acht Wochen, bis die Tuberkula übungstabil angewachsen sind [Tanner 1983, Compito 1994, Boileau 1999]. Agorastides konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen Früh- oder Spätmobilisation nachweisen, außer einer nicht signifikanten Tendenz zur Stabilität der Tuberkulum-Rekonstruktionen bei der späteren Mobilisation [Agorastides 2007].

Die Entscheidung über Start und Verlauf der Rehabilitation liegt bei dem Operateur. Zu berücksichtigen sind dabei Einflussgrößen wie die Stabilität der Tuberkula zueinander und zur Prothese, die Weichteilsituation, die Knochenqualität, der Zustand der Rotatorenmanschette und des Deltamuskels, intraoperativ erreichte Bewegungsausmaße und der geistige sowie körperliche Zustand des Patienten. Entsprechend diesen Faktoren müssen Standardprotokolle individuell angepasst werden. Dem Patienten wird dabei viel Verständnis und Geduld abverlangt. Ein Mangel an Kooperation und die Missachtung des postoperativen Therapieprogramms kann das Endergebnis negativ beeinflussen und als Indikation für eine konservative Behandlung gelten [Moeckel 1992, Hawkins 1993, Compito 1994, Norris 1995, Bosch 1996, Levine 1998, Movin 1998, Hartsock 1998].

4. Material und Methode

4.1 Operierte Patienten

Zwischen dem 01.01.1985 und dem 01.10.1998 wurden am Städtischen Krankenhaus München-Bogenhausen 53 Patienten mit der Diagnose einer Humeruskopffraktur endoprothetisch versorgt. Die Prothesen wurden primär nach Trauma oder sekundär nach vorausgehender fehlgeschlagener Therapie implantiert.

Bei allen Patienten wurde der deltopektorale Zugang gewählt. Der Einbau der Prothesen erfolgte gemäß der vom Hersteller empfohlenen Technik unter Berücksichtigung folgender Punkte: Wiederherstellung der korrekten Schaftlänge, adäquate Retroversion des Prothesenkopfes zum Glenoid, Wiederherstellung der Epiphysengröße, stabile Prothesenfixation und widerstandsfähige Osteosynthese der Tuberkula.

Der betroffene Arm wurde für sechs Wochen durch Stützkissen oder Armbinden ruhiggestellt. In der Regel wurde ein physiotherapeutisches Standardprotokoll durchgeführt, es konnte aber individuellen Gegebenheiten entsprechend modifiziert werden. Die Physiotherapie wurde am ersten bis dritten postoperativen Tag mit passiven Übungen für zwei Wochen begonnen. Danach erfolgten weitere zwei bis vier Wochen mit aktiv-assistierten Bewegungsübungen. Der Bewegungsablauf bestand aus einer schrittweisen Steigerung der Abduktion und Anteversion bis zur Horizontalebene. Eine aktive Mobilisation mit Rotationsbewegungen erfolgte erst ab der siebten postoperativen Woche. Die Dauer der Rehabilitation lag bei durchschnittlich 1,3 Jahren (2 Monate bis 2,4 Jahre).

Die präoperativen Patientendaten wurden retrospektiv über die Krankenakten gesammelt. Insgesamt ergaben sich 19 (36 %) primäre und 34 (64 %) sekundäre Prothesen. Eingebaute Prothesentypen waren in 21 Fällen die Prothese Typ Neer Mark II (3M, St. Paul, MN, USA) und in 32 Fällen der Typ Global (DePuy, Leeds, UK). Diese Prothesen zählen zur zweiten Generation.

4.2 Nachuntersuchte Patienten

Von den 53 ursprünglich operierten Patienten konnten 36 (68 %) Patienten nach durchschnittlich 4,6 (1-14) Jahren untersucht werden.

Sieben Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verstorben, wobei die Todesursachen, laut Angaben der Angehörigen oder aus klinischen Akten ersichtlich, nicht eine Folge der Schulteroperation war.

Acht Patienten waren unbekannt verzogen und zwei konnten nicht zu ihren Untersuchungsterminen erscheinen, informierten uns aber telefonisch über den aktuellen Zustand ihrer

Schultern. Einer war mit der Situation zufrieden, der andere klagte über schmerzhafte Funktionseinschränkungen.

In der Untersuchungsgruppe befanden sich 24 Frauen (66,7 %) und 12 Männer (33,3 %).

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt des Traumas war 65,7 (19-85) Jahre, zum Zeitpunkt der Operation 67 (20-85) Jahre und bei der Nachuntersuchung 71,6 Jahre (23-88).

In 20 Fällen war die rechte, in 16 die linke Seite betroffen, wobei es sich in 19 (52,8 %) Fällen um die dominante Seite handelte.

Die Frakturen wurden anhand radiologischer Diagnoseverfahren (nativ Röntgen, CT, 3-D-CT), und aus Operationsberichten entsprechend nach Neer klassifiziert (Neer(I)70) (Abb. 1).

Zwei Patienten hatten eine Zwei-Fragment-Fraktur (II/2), fünf eine Drei-Fragment-Fraktur (IV/3), 19 eine Vier-Fragment-Fraktur (4), fünf eine vordere Vier-Fragment-Luxationsfraktur (VI/4 ant), einer eine Kopftrümmerfraktur (Headsplit Fracture), drei hintere, verhakete Luxationsimpressionsfrakturen (VI/1 post) und einer eine vordere Luxationsimpressionsfraktur (VI/1 ant). (Abb. 13)

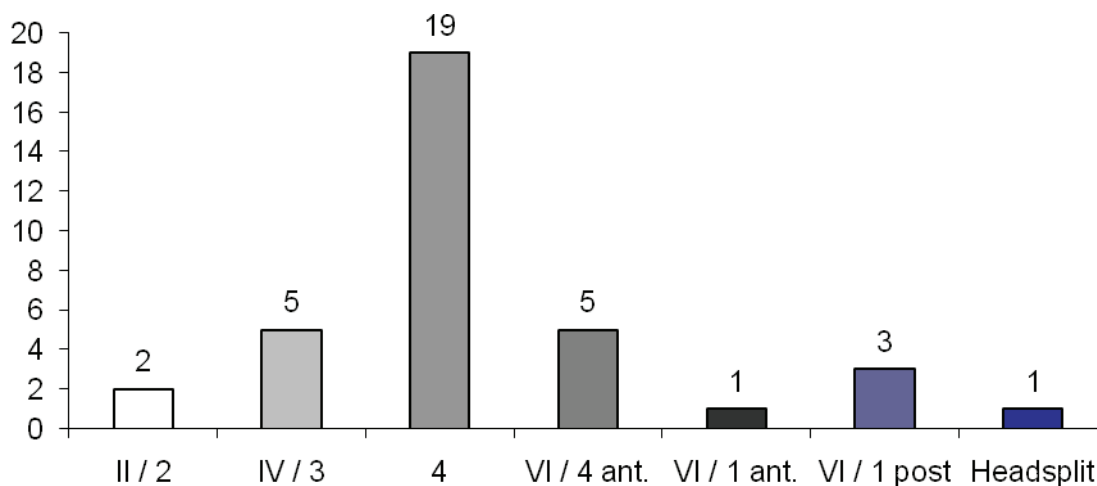


Abb. 13: Verteilung der Frakturtypen nach der Neer-Klassifikation.

Begleitverletzungen waren in zwei Fällen Schaffbrüche, die mit Cerclagen fixiert wurden, und eine dorsale, knöcherne Bankart-Läsion, die intraoperativ zu keiner provozierbaren Luxationsneigung führte, also unbehandelt blieb.

In 25 Fällen war der Unfallmechanismus ein Sturz aus geringer Höhe. Weitere Unfallursachen waren ein Autounfall, drei Motorradunfälle, ein Sturz vom Fahrrad, zwei Skistürze, ein Pferdehufschlag, ein Sturz von einer Leiter (ca. 1,50 m hoch) und zwei konvulsive Muskelkrämpfe bei einem Grand-Mal-Anfall.

Von den 36 Prothesen waren 33 Hemiprothesen und drei Totalprothesen. Insgesamt wurden 21 (58 %) Prothesenschäfte zementiert.

12 Frakturen wurden primär endoprothetisch versorgt (vier Prothesen Typ Neer II und acht Typ Global). Davon wurden neun innerhalb einer Woche behandelt, die drei verbleibenden zwischen zwei und drei Wochen (16, 20 und 22 Tage). Das Durchschnittsalter der primär versorgten Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 69,8 (50-85) Jahre und zur Nachuntersuchung 74,7 (51-88) Jahre.

Bei den 24 sekundären Prothesen (fünf Typ Neer II, 19 Typ Global) wurden initial vier perkutane Kirschnerdrahtosteosynthesen und zwölf offene Repositionen mit Osteosynthese durchgeführt. Weiter wurde ein Nagel eingesetzt und in sieben Fällen konservativ vorgegangen. Das Durchschnittsalter bei der Erstversorgung war 63,7 Jahre (19-79), zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation 65,6 Jahre (20-82), sowie zur Nachuntersuchung 70,0 (23-86) Jahre.

Die Komplikationen, die zum sekundären Protheseneinbau führten, waren in sechs Fällen eine Humeruskopfnekrose, sieben Humeruskopfnekrosen mit Pseudarthrose, drei Pseudarthrosen, fünf Fragmentdislokationen, eine posttraumatische Omarthrose, ein Plattenausriss und eine mehrfach wegen Infekten voroperierte Schulter mit massivem Defekt der Rotatorenmanschette und eine daraus entstandene chronische Instabilität. Die Pseudarthrosen befanden sich einmal am Collum chirurgicum, und zweimal handelte es sich um Pseudarthrosen der Tubercula majores.

4.3 Nachuntersuchung

Alle Patienten wurden eingehend klinisch bei entkleidetem Oberkörper untersucht.

Dabei wurde der von der European Society for Surgery of the Shoulder and the Elbow (ESSE, SECEC) befürwortete Constant und Murley Score verwendet [Constant 1987]. Der Score enthält subjektive wie objektive Kriterien im Verhältnis 35:65. Maximal sind 100 Punkte erreichbar, davon entfallen 15 mögliche Punkte auf Schmerz, 40 auf Schulterbeweglichkeit in allen Ebenen, 25 auf Kraftentfaltung und 20 auf Aktivitäten des täglichen Lebens. Der endgültige Wert ist der Schulterfunktion direkt proportional (Tab. 1).

Schmerz	Keiner	15	Kraft	Maximum	25
	Gering	10			
	Deutlich	5			
	Stark	0			
Aktivitäten des täglichen Lebens (20 Punkte)					
Uneingeschränkt arbeitsfähig		4	Arbeitshöhe	Hüfthöhe	2
				Bis Xyphoid	4
				Nackenhöhe	6
				Stirnhöhe	8
Uneingeschränkt sportfähig		4		Überkopf	10
Uneingeschränkte Nachtruhe		2			
Bewegungsumfang (ROM) (40 Punkte)					
Anteversion (AV)	0-30°	0	Abduktion (AB)	0-30°	0
	31-60°	2		31-60°	2
	61-90°	4		61-90°	4
	91-120°	6		91-120°	6
	121-150°	8		121-150°	8
	151-180°	10		151-180°	10
Außenrotation (ARO)	Hand hinter dem Kopf, Ellenbogen nach vorne				2
	Hand hinter dem Kopf, Ellenbogen nach hinten				2
	Hand auf dem Kopf, Ellenbogen nach vorne				2
	Hand auf dem Kopf, Ellenbogen nach hinten				2
	Volle Elevation vom Kopf aus				2
Innenrotation (IRO)	Handrücken am Trochanter major				0
	Handrücken am Glutaeus				2
	Handrücken am Ileosakralgelenk				4
	Handrücken am lumbosacralen Übergang				6
	Handrücken auf Höhe Th12				8
	Handrücken zwischen Schulterblätter				10

Tab. 1: Punktebewertung nach Constant und Murley [Constant 1987].

Die Kraftmessung erfolgte anhand einer 12-kg(120-N)-Federwaage nach der von Moseley beschriebenen und von Constant übernommenen Methode [Moseley 1969, Constant 1987]. Dabei wird die Federwaage am Handgelenk angebracht. Die Schulterkraft wird bei 90° Abduktion bis zum Kraftmaximum oder beim ersten Auftreten von Schmerzen gemessen. Zusätzlich wurde die maximale aktive Abduktion, Anteversion und Außenrotation (mit am Körper anliegendem Ellenbogen) anhand eines Goniometers nach der Neutral-Null-Methode gemessen. Weiter wurde über Fragen zu Schmerzen, Funktion und Alltagsaktivität die subjektive Patientenzufriedenheit ermittelt. Die Funktion wurde anhand einer Analogskala von 1 bis 10 beschrieben, wobei 1 für eine sehr gute Funktion und 10 für eine sehr schlechte steht. Für die Schmerzen wurde die visuelle analoge Schmerzskala (VAS) verwendet (1 = keine Schmerzen, 10 = sehr starke Schmerzen)

Unter der Annahme, dass sich die Leistungsfähigkeit der Schulter mit dem Alter verändert, wurde für den Constant und Murley Score eine altersabhängige, nach Geschlechtern getrennte Abstufung der Normwerte vorgenommen [Casser 1997]. Dabei können durchaus Werte über 100 Punkte vorkommen. In unserer Studie wurden ebenfalls die Normwerte (CMS) alters- und geschlechtsabhängig modifiziert (CMSm) (Tab. 2).

Alter	Männer				Frauen			
	rechts	links	Durchschnitt	Standardabweichung	rechts	links	Durchschnitt	Standardabweichung
21-30	97	99	98	4,2	98	96	97	4,7
31-40	97	90	93	3,4	90	91	90	4,1
41-50	86	96	92	3,6	85	78	80	3,8
51-60	94	87	90	3,1	75	71	73	2,8
61-70	83	83	83	4,2	70	68	70	4,0
71-80	76	73	75	3,6	71	64	69	3,9
81-90	70	61	66	3,1	65	64	64	2,9
91-100	60	54	56	4,3	58	50	52	5,1

Tab. 2: Prozentuale Angabe der Schulterfunktionsverschlechterung einer Normalpopulation in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Seite [Casser 1997].

4.4 Gerätediagnostik

Von allen Schultern waren nativ Röntgenbilder in anteroposteriorer und Scapula-Outlet-Aufnahme erhältlich.

Die dynamische Schulterbeweglichkeit wurde unter Durchleuchtung beobachtet, und damit das Zusammenspiel von Kopf, Pfanne und Subakromialraum deutlich gemacht. Dabei wurden anteroposteriore Aufnahmen bei entspannter und bei angespannter Schultergürtelmuskulatur angefertigt.

Sonographisch wurden die Rotatorenmanschette, die Bursa und die lange Bizepssehne beurteilt. Aufgrund materialbedingter Überschattungen und uneinheitlicher Tuberkula-Konturen ließen sich diese nicht immer eindeutig abbilden, so dass keine studienrelevante Aussage dieser Untersuchung gemacht werden konnte. Es ließ sich jedoch feststellen, ob Teile der Rotatorenmanschette stark atrophiert oder ganz verschwunden waren.

5. Ergebnisse

5.1 Komplikationen

In zwei Fällen kam es zu intraoperativen Komplikationen. Es handelte sich um Schaftfrakturen, die mit Cerclagen behandelt worden waren. Auf den Kontrollröntgenbildern waren sie konsolidiert und hatten somit keine Auswirkungen auf das Endergebnis. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnten bei keiner Prothese radiologische Lockerungszeichen der Glenoid- oder der Schaftkomponente beobachtet werden.

14 von 36 Fällen (38,9 %) hatten postoperative Komplikationen, davon mussten neun (25,0 %) operativ revidiert werden. Beobachtete Komplikationen waren 12 Schulterinstabilitäten (33,3 %), ein Schulterinfekt (2,8 %) und eine Schultersteife (2,8 %).

5.1.1 Instabilität (n = 12)

Mit einem Drittel der Komplikationen war die Instabilität die häufigste. Fünf Fälle hatten eine anterosuperiore und fünf eine anteroinferiore Subluxation. Zwei weitere Patienten wiesen chronische anteroinferiore Luxationen auf.

Die Ursachen für die entstandenen Instabilitäten waren in zehn Fällen in Fehlstellung verheilte, dislozierte oder osteolytische Tuberkula, eine atrophierte Rotatorenmanschette und ein kompletter Riss der Subscapularissehne.

Bei drei Patienten wurde ein Prothesenwechsel durchgeführt. Bei den restlichen Patienten wurden die Rotatorenmanschette sowie die Tuberkula den Umständen entsprechend restauriert. In einigen Fällen wurden die Sehnen bei der Revisionsoperation direkt an die Prothesenflächen angenäht. Bei allen Rotatorenmanschetten, die mit dieser Technik fixiert wurden, entstand im weiteren Verlauf ein Massendefekt oder eine komplette Atrophie der Muskulatur.

Ein Worst-Case-Szenario in dieser Komplikationsgruppe stellte ein Patient dar, der nach einer primären osteosynthetischen Versorgung eine Infektion entwickelte. Daraus resultierte eine Pseudarthrose mit septischer Humeruskopfnekrose, so dass der Kopf entfernt werden musste. Bis zur vollständigen Infektsanierung waren sieben Revisionsoperationen notwendig. Dabei kam es zu einer kompletten Nekrose der Rotatorenmanschette und einiger Anteile des Deltamuskels. Im Anschluss wurde die sekundäre prothetische Versorgung durchgeführt. Aufgrund der massiven knöchernen und weichteiligen Defekte ist diese Prothese instabil geblieben und wurde mit einer inversen Prothese Typ Delta versorgt. Bei stark atrophierte Deltamuskulatur wies diese ebenfalls eine chronische Luxationstendenz auf und konnte durch einen Prothesenwechsel gleichen Modells mit größeren Komponenten nicht verbessert werden. Der Patient hatte einen Constant Score von 19 Punkten und klagte über persistierend starke Schmerzen.

5.1.2 Infektionen (n = 1)

Ein Patient wies eine postoperative Infektion auf. Der daraus entstandene Weichteildefekt führte zur Protheseninstabilität. Die Infektsanierung benötigte drei Operationen. Dadurch entstand ein kompletter Verlust der Rotatorenmanschette und eine massive Deltaatrophie, bei der vor allem die anterioren Anteile betroffen waren. Dementsprechend wies er eine schmerzhafte und instabile sowie kraftlose Schulter auf. Die Instabilität konnte durch einen Prothesenwechsel Typ Delta aufgrund des schwachen Deltamuskels nicht behoben werden, jedoch konnte vollständige Schmerzfreiheit erlangt werden. Der Patient hatte einen Constant Score von 47 Punkten.

5.1.3 Schultersteife (n = 1)

Bei einer Patientin wurden aufgrund von Weichteilverwachsungen zweimalig operative Adhäsiolysen durchgeführt, um eine adäquate Mobilität zu erlangen. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung hatte sie einen Constant Score von 60 Punkten.

5.1.4 Materiallockerung (n = 0)

Es konnten keine Schafflockerungen beobachtet werden. Die in der Literatur häufig beschriebene Lockerung der Glenoidkomponente [Wirth 1996] konnte in unserer Reihe ebenfalls nicht beobachtet werden. Es sei darauf hingewiesen, dass wir im Patientenkollektiv nur drei Totalendoprothesen hatten und diese im Schnitt nach 1,75 (1-3) Jahren nachuntersucht wurden. Wegen der geringen Zahl und der kurzen Nachuntersuchungszeit kann darüber keine definitive Aussage gemacht werden.

5.2 Ergebnisse nach primärer Prothese (n = 12)

Die primären Prothesen erlangten gemäß dem Constant Score (CMS) einen Durchschnittswert von 68,5 (40-86) Punkten (Tab. 3 und Abb. 14) und gemäß der alters- und geschlechtsspezifischen Modifikation (CMSm) einen Wert von 98,2 (52,6-125,0) Punkten (Tab. 3 und Abb. 15). Dies entspricht in acht (66,7 %) Fällen einem sehr guten Ergebnis (> 100 Punkte), in einem (8,3 %) Fall einem guten (80-100 Punkte), in einem (8,3 %) Fall einem mittelmäßigen (60-80 Punkte) und in zwei (16,7 %) weiteren Fällen einem schlechtem Ergebnis (< 60 Punkte) (Abb. 15).

Zehn Patienten erlangten vollständige Schmerzfreiheit, zwei gaben einmal leichte und einmal starke Schmerzen an (Tab. 3 und Abb. 16). Auf der VAS-Schmerzskala ergab dies einen Durchschnitt von 1,4 Zählern (Tab. 3).

Vier Patienten konnten mehr als 10 kg (100 N) heben, sieben konnten zwischen 5 und 10 kg (50-100 N) und nur einer weniger als 5 kg (< 50 N) heben. Die durchschnittliche Kraft der zwölf Patienten lag bei 8,8 kg (88 N) für die operierte Schulter (Tab. 3).

In sieben Fällen konnten Patienten volle Funktionsfähigkeit angeben, vier hatten leichte und einer schwere Einbußen. Auf der Skala zur subjektiven Funktionsbeurteilung ergab sich ein Durchschnittswert von 3,6 Zählern (Tab. 3). Dementsprechend war die subjektive Zufriedenheit: Sechs Patienten gaben an, sehr zufrieden zu sein, vier waren zufrieden und zwei waren enttäuscht (Tab. 3 und Abb. 17).

Die aktiven Bewegungsausmaße betragen durchschnittlich bei der Abduktion 79° (45,0°-160,0°), bei der Außenrotation 16° (-10,0°-50,0°) und bei der Anteversion 80° (0°-160,0°). Die Innenrotation ermöglichte bei drei Patienten das Platzieren des Handrückens zwischen die Schulterblätter, bei vier Patienten bis zur Rückenmitte, bei zweien auf die Höhe des dritten LWK und bei dreien bis zur Lumbosakralgegend (Tab. 3).

Der Bewegungsumfang vor der Operation war aufgrund starker Schmerzen nur auf Pendelbewegungen beschränkt.

5.3 Ergebnisse nach sekundärer Prothese (n = 24)

Die sekundären Prothesen erhielten laut CMS einen durchschnittlichen Wert von 54,1 (14-91) Punkten (Tab. 3 und Abb. 14) und laut CMSm von 75,1 (20-130,8) Punkten (Tab. 3 und Abb. 15).

Das entspricht einem sehr guten Ergebnis (> 100 Punkte) in sechs (25,0 %), einem guten (80-100 Punkte) in fünf (20,8 %), einem mittelmäßigen (60-80 Punkte) in fünf (20,8 %) und einem schlechten (< 60 P) in acht (33,4 %) Fällen (Abb. 15).

14 Patienten erlangten absolute Schmerzlosigkeit, drei Patienten hatten nur geringe, zwei starke und fünf sehr starke Schmerzen (Tab. 3 und Abb. 16). Auf der VAS-Skala ergab dies einen Durchschnittswert von 2,8 Zählern (Tab. 3).

Bei der Kraftmessung konnten fünf Patienten über 10 kg (100 N), zwölf Patienten zwischen 5 und 10 kg (50-100 N) und drei unter 5 kg (50 N) heben. Das im Durchschnitt gehobene Gewicht lag bei 8,1 kg (81 N). (Tab. 3).

Sieben Patienten gaben volle Funktionsfähigkeit an, acht nannten leichte bis schwere Einbußen und fünf klagten über einen sehr großen Funktionsverlust. Die Skala über die Angaben subjektiver Funktionseinbußen ergab einen Durchschnittswert von 5,1 Zählern (Tab. 3). Auch hier stimmten die Angaben zur Funktion mit der subjektiven Zufriedenheit überein: Sechs Patienten waren sehr zufrieden, neun waren zufrieden und fünf enttäuscht über die derzeitige Situation (Tab. 3 und Abb. 17).

Bei den sekundären Prothesen wurde die Beweglichkeit sowohl präoperativ als auch postoperativ gemessen. Die aktive Bewegung präoperativ lag bei 33° für die Abduktion, bei -3° für die Außenrotation und 29° bei der Anteversion.

Postoperativ erlangten die Patienten eine durchschnittliche Abduktion von 61° (0° - 180°), eine Außenrotation von 16° (0° - 80°) und eine Anteversion von 70° (0° - 180°). Die Innenrotation ermöglichte in einem Fall den Griff mit dem Handrücken zwischen die Schulterblätter, in zwei Fällen bis zum thorakolumbalen Übergang, in sechs auf Höhe des dritten LWK, in sechs in die Lumbosakralgegend, in drei auf das Gesäß und in weiteren drei nur auf den lateralen Oberschenkel (Tab. 3).

		Primäre Prothesen	Sekundäre Prothesen
Patientenzahl		12	24
Alter zur Nachuntersuchung		74,7 (51-88) Jahre	70,0 (23-86) Jahre
CMS		68,5 (40-86) Punkte	54,1 (14-91) Punkte
CMSm		98,2 (52-125) Punkte	75,1 (20-130.8) Punkte
Aktive Anteversion		79,6° (0°-160°)	70,4° (0°-180°)
Aktive Abduktion		78,8° (45°-160°)	61,0° (0-180°)
Aktive Aussenrotation		16,3° (-10°-50°)	16,3° (0°-80°)
Anzahl der Patienten mit Schmerzen	keine	10 (83,4%)	14 (58,4%)
	geringe	1 (8,3%)	3 (12,5%)
	deutliche	1 (8.3%)	2 (8.3%)
	starke	0	5 (20.8%)
VAS für Schmerz (1-10)		1,4	2,8
VAS für Funktion (1-10)		3,6	5,1
Patientenzufriedenheit	sehr	6 (50%)	6 (25%)
	zufrieden	4 (33,3%)	10 (41,7%)
	enttäuscht	2 (16,7%)	8 (33,3%)
Kraft		8,8 kg (88 N)	7,8 kg (78 N)

Tab.3 : Ermittelte Durchschnittswerte nach primärer und sekundärer Prothese.

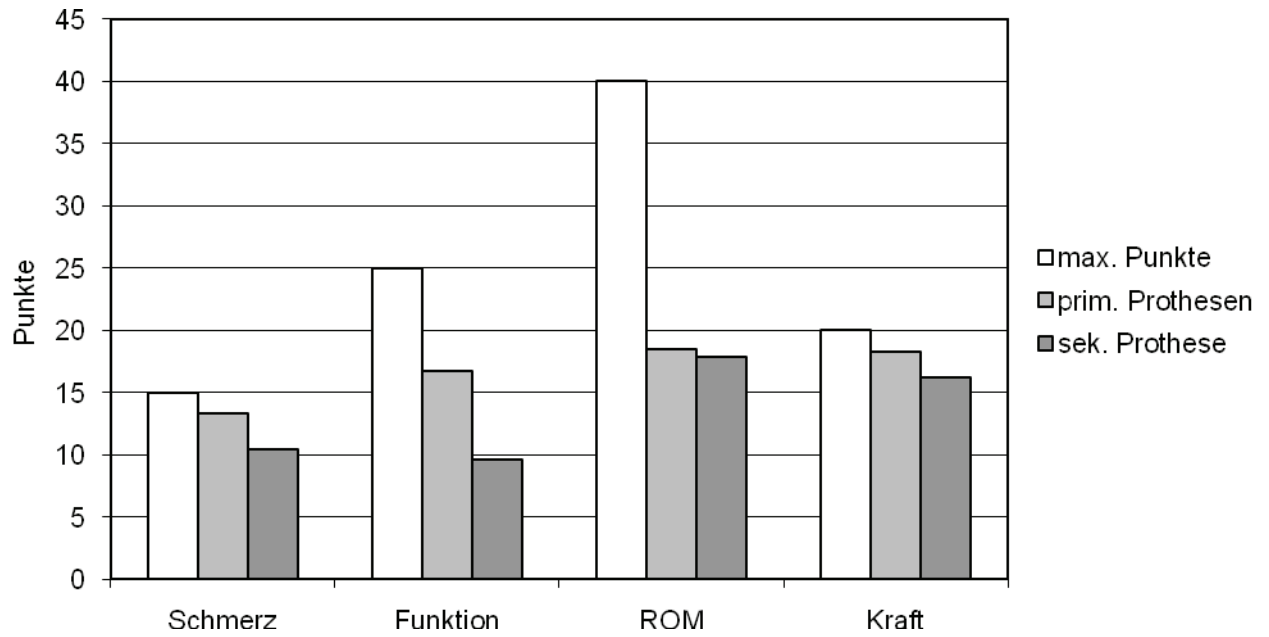


Abb. 14: Vergleich der Constant-Score Parameter nach Primär- bzw. Sekundärprothese.

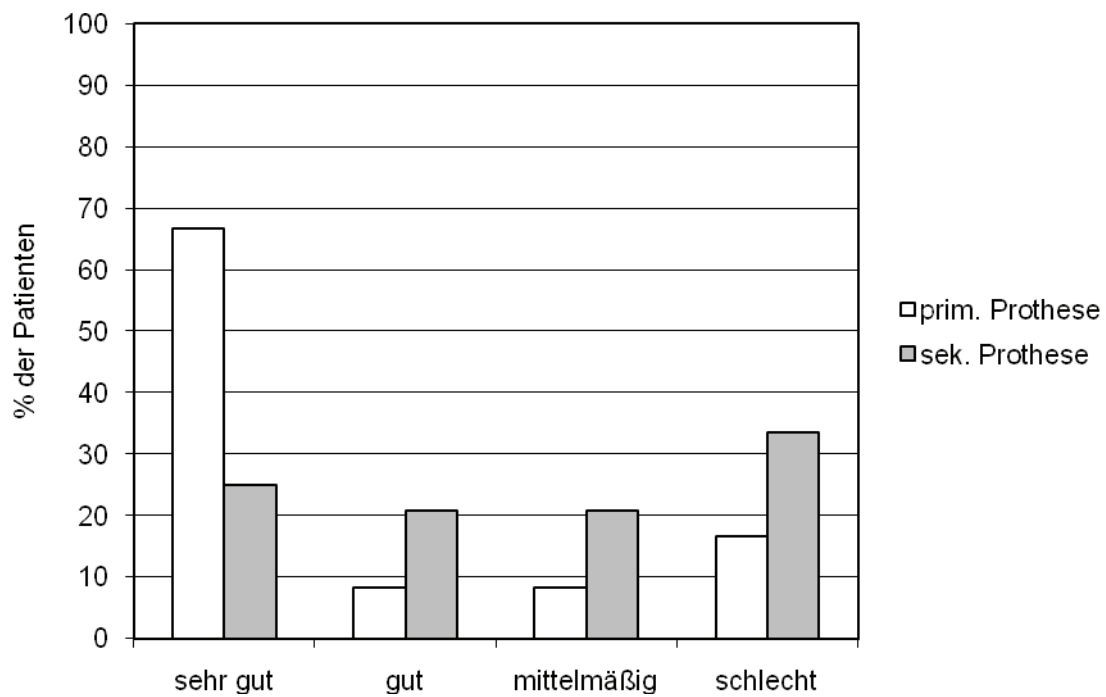


Abb.15: In Worte gefasste Ergebnisse nach dem alter- und geschlechtsabhängigen Constant und Murley Score (CMSm) nach Primär- bzw. Sekundärprothese.

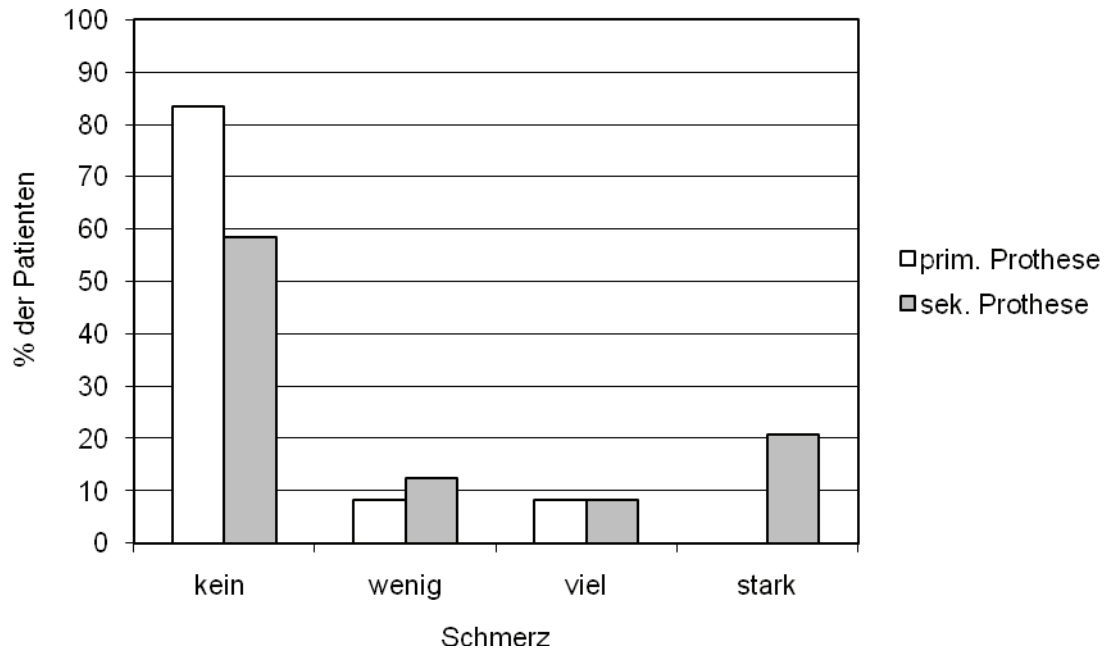


Abb.16: Schmerzangaben nach Primär- bzw. Sekundärprothese.

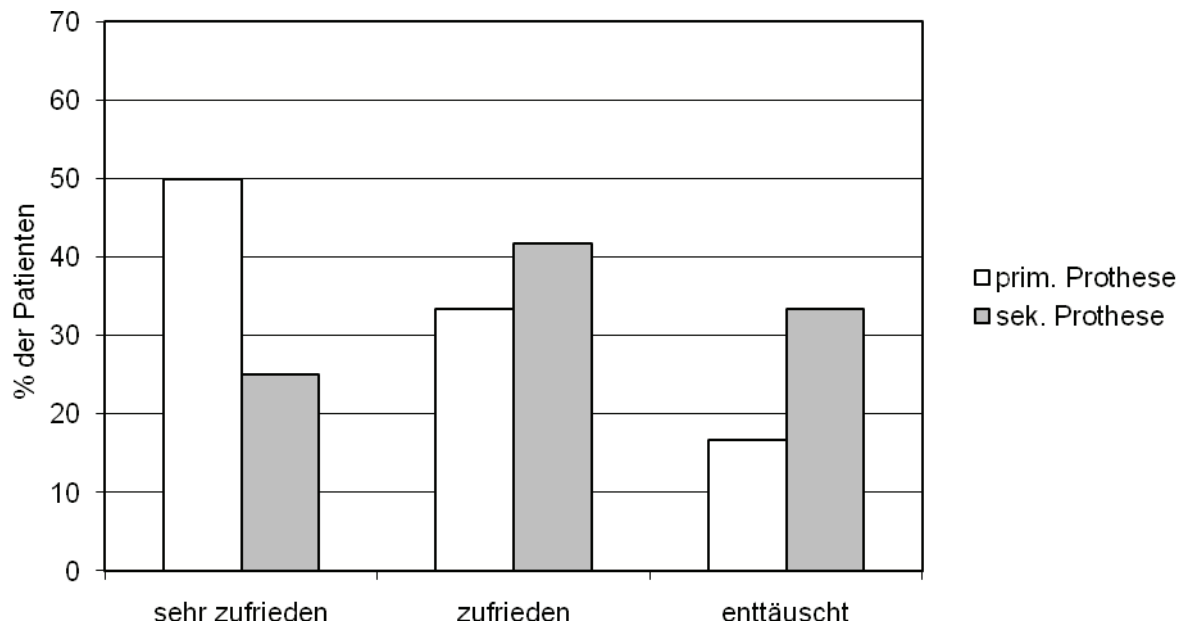


Abb.17 : Subjektive Patientenzufriedenheit nach Primär- bzw. Sekundärprothese.

5.4 Beurteilung unter Berücksichtigung der Morphologie der Tuberkula

Es fällt auf, dass die Ergebnisse einiger sekundär implantierter Prothesen denen der primären gleichkommen und teilweise übersteigen. Dabei hat die Versorgung von sechs posttraumatischen Kopfnekrosen ohne Pseudarthrose und intakter Tuberkula bzw. Rotatorenmanschette die besten Resultate erzielt (Tab. 4 und Abb. 18).

Patienten	CMS	CMSm	∅ AB	∅ ARO	∅ AV	Schmerz
1	91	119,7	180°	50°	180°	Kein
2	81	94,2	100°	10°	110°	Kein
3	86	103,6	90°	10°	120°	Kein
4	85	123,2	120°	30°	90°	Kein
5	60	85,7	50°	0°	80°	Kein
6	85	130,8	100°	10°	120°	Kein
∅	81,3	109,5	106,7°	18,3°	116,7°	Kein

Tab. 4: Durchschnittswerte bei sekundären Prothesen nach Kopfnekrose mit korrekt verheilten Tuberkula und dem Fehlen einer Pseudarthrose.

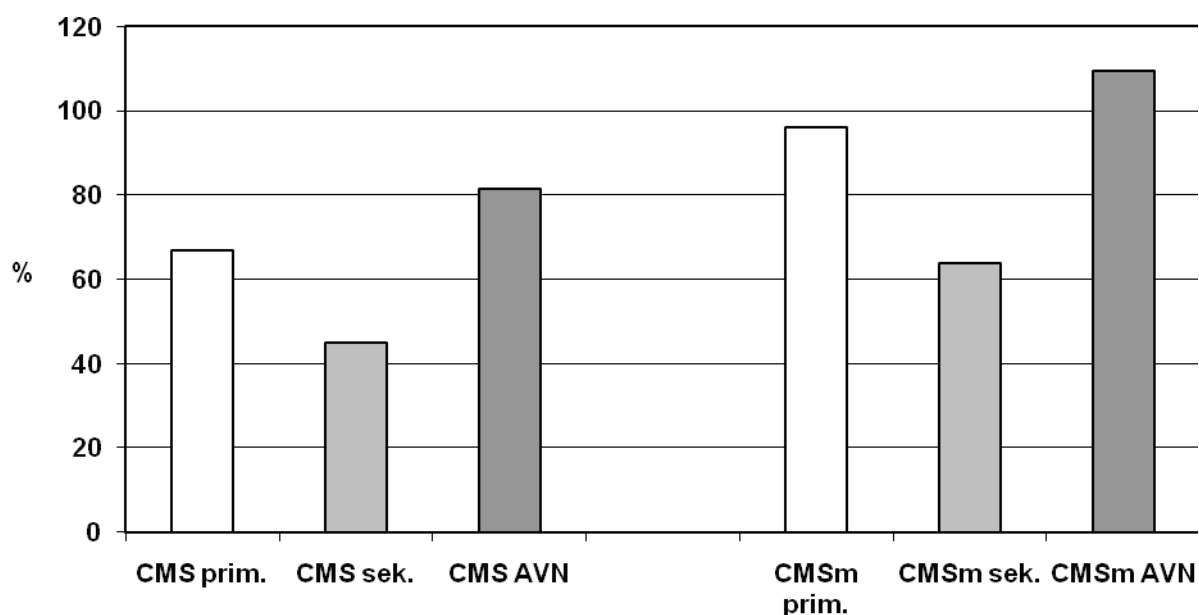


Abb. 18: Vergleich durchschnittlicher Constant Score (CMS) und modifizierter Constant Score (CMSm) bei primären (n = 12) und sekundären Prothesen (n = 18), sowie sekundäre Prothesen nach avaskulärer Nekrose (AVN) mit korrekt verheilten Tuberkula und dem Fehlen einer Pseudarthrose (n = 6).

Beide Darstellungen (Tab. 4 und Abb. 18) geben Anlass zu folgender Hypothese: Die korrekte anatomische Rekonstruktion der Tuberkula muss einen wesentlichen Einfluss auf das funktionelle Ergebnis haben. Es lassen sich also Faktoren erkennen, die über die Tatsache hinausgehen, ob primär oder sekundär endoprothetisch versorgt wurde.

Daraufhin unterteilten wir das Patientenkollektiv in vier Gruppen (Gruppe 1a, 1b und Gruppe 2a, 2b). Gruppe 1 repräsentiert die Primärprothesen, Gruppe 2 die Sekundärprothesen. Die Untergruppe a weist keine bedeutenden pathologischen Auffälligkeiten an den Tuberkula auf. In der Untergruppe b befinden sich die Schultern, bei denen radiologisch diagnostizierte Veränderungen an den Tuberkula auffielen (Abb. 19).

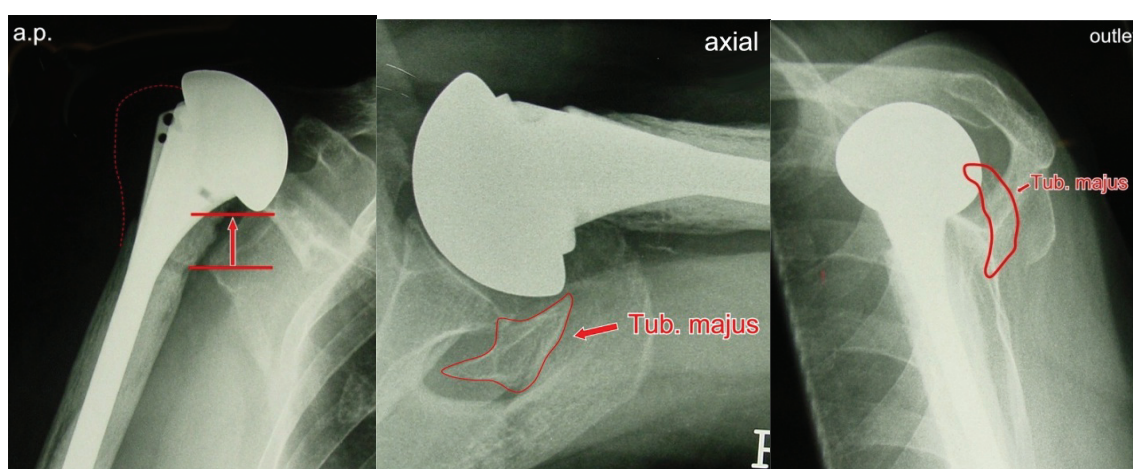


Abb. 19: Röntgenserie (anterior-posteriore, axiale und Outlet-Aufnahme) einer Prothese mit einem nach dorsal und medial verschobenen Tuberculum-majus-Fragment. Auf der a.p.-Aufnahme ist das Fragment nicht sichtbar. Indirekt für eine Dysfunktion der Rotatorenmanschette spricht die superiore Migration des Kopfes auf dem a.p.-Bild.

Einerseits waren die Tuberkula auf den Kontrollbildern nicht sichtbar, waren jedoch in Fehlstellung verheilt oder pseudarthrotisch. Andererseits waren die Tuberkula nicht mehr auffindbar, und zwar bedingt durch Knochenüberschattung eines stark dislozierten Fragments, durch Osteolyse oder durch operative Entfernung von weitgehend zertrümmerten Fragmenten. Dabei fanden sich 12 der 36 Patienten mit Auffälligkeiten der Tuberkula, davon drei in der Gruppe 1 und neun in der Gruppe 2.

Im Folgenden werden die Pathologien der Untergruppe b im Einzelnen beschrieben. In einem Operationsbericht wurde ein stark fragmentiertes Tuberkulum beschrieben, das nach Unterfütterung mit Eigenspongiosa an die Prothese befestigt wurde. In zwei anderen Fällen waren die Tuberkula stark disloziert und wurden nach Reposition untereinander und an die Prothesenfinnen fixiert, jedoch nicht zusätzlich am Schaft. Die gleiche Befestigungstechnik wurde bei weiteren zwei Fällen angewandt, bei denen sich nach primärer osteosynthetischer Versorgung eine Pseudarthrose im Collum chirurgicum gebildet hatte. In diesen Fällen ließen

sich die Tuberkula auf dem Kontrollröntgenbild nicht mehr feststellen. Sonographisch waren die Sehnen der Rotatorenmanschette retrahiert, die Muskulatur atrophisch.

Bei einem Patienten musste das Tuberculum majus intraoperativ entfernt werden, da dieses nicht mehr rekonstruierbar war. Die Sehnen der Rotatorenmanschette wurden an den Prothesenfinnen mittels Nähten befestigt. Bei diesem Patienten konnte bei der Nachuntersuchung eine massive Ruptur der Rotatorenmanschette festgestellt werden. Die Fotografien zeigen das klinische Ergebnis dieser Patientin (Abb. 20).



Abb.20 : Bewegungsmaß einer Patientin, bei der die Tuberkula nicht vorhanden sind (rechte Schulter).

Letztendlich kam es in sechs Fällen zur Dislokation des Tuberculum majus nach Protheseneinbau, bei denen sich drei Pseudarthrosen bildeten und zwei zu Fehlverheilungen führten. Alle Fälle waren mit Schmerzen, Funktionseinbußen und subjektiver Unzufriedenheit verbunden.

	Gruppe 1a (n = 9)	Gruppe 1b (n = 3)
Ø CMS	76,8	43,7
Ø CMSm	112,1	56,5
Ø AB	88,9°	48,3°
Ø ARO	19,4°	6,7°
Ø AV	98,9°	21,7°
Ø Schmerz (1-10)	1,2	2,0

Tab. 5: Ergebnisvergleich der Schultern ohne Tuberkulum-Pathologie (Gruppe 1a) und mit Tuberkulum-Pathologie (Gruppe 1b) nach primärem Gelenkersatz. Es lässt sich ein deutlicher Unterschied der Mobilität und Funktion erkennen, der Schmerz scheint nicht erheblich beeinflusst zu sein.

	Gruppe 2a (n = 15)	Gruppe 2b (n = 9)
∅ CMS	67,9	31,1
∅ CMSm	92,5	46,2
∅ AB	75,7°	36,7°
∅ ARO	14,0°	20,0°
∅ AV	90,7°	36,7°
∅ Schmerz (1-10)	1,3	5,4

Tab. 6: Ergebnisvergleich der Schultern ohne (Gruppe 2a) und mit Tuberkulum-Pathologie (Gruppe 2b) nach sekundärem Gelenkersatz. Wie bei den primären Prothesen lässt sich ein Unterschied bei der Funktion und Mobilität erkennen. Zusätzlich findet man eine deutliche Zunahme der Schmerzen in der Gruppe mit der Tuberkulum-Pathologie.

	Gruppe 1a (n = 9)	Gruppe 2a (n = 15)
∅ CMS	76,8	67,9
∅ CMSm	112,1	92,5
∅ AB	88,9°	75,7°
∅ ARO	19,4°	14,0°
∅ AV	98,9°	90,7°
∅ Schmerz (1-10)	1,2	1,3

Tab.7 : Ergebnisvergleich der Schultern ohne Tuberkulum-Pathologie nach primärer bzw. sekundärer Versorgung (Gruppen 1a und 2a). Für beide Gruppen kann man von einem zufriedenstellenden Resultat sprechen, wobei die primären Prothesen in allen Punkte leicht bessere Werte zeigen.

	Gruppe 1b (n = 3)	Gruppe 2b (n = 9)
∅ CMS	43,7	31,1
∅ CMSm	56,5	46,2
∅ AB	48,3°	36,7°
∅ ARO	6,7°	20,0°
∅ AV	21,7°	36,7°
∅ Schmerz (1-10)	2,0	5,4

Tab. 8: Ergebnisvergleich der Schultern mit Tuberkulum-Pathologie nach primärer bzw. sekundärer Versorgung (Gruppen 1b und 2b). Hier zeigt sich für beide Gruppen ein unzufriedenstellendes Ergebnis, wobei die Schmerzen nach sekundären Prothesen mit Tuberkulum-Pathologie deutlich höher sind.

	Gruppe 1b (n = 3)	Gruppe 2a (n = 15)
∅ CMS	43,7	67,9
∅ CMSm	56,5	92,5
∅ AB	48,3°	75,7°
∅ ARO	6,7°	14,0°
∅ AV	21,7°	90,7°
∅ Schmerz (1-10)	2,0	1,3

Tab. 9: Ergebnisvergleich zwischen primären Prothesen mit defekten Tuberkula und sekundären mit intakten Tuberkula (Gruppen 1b und 2a). In dieser Tabelle kann man erkennen, dass die Überlegenheit der primären Prothesen gegenüber den sekundären nur dann vorhanden ist, wenn die Tuberkula korrekt eingeheilt sind. In diesem Fall zeigt die Gruppe der sekundären Prothesen (2a) die besseren Resultate.

Aus diesen Tabellen geht hervor, dass bei primären ebenso wie bei sekundären Prothesen das Ergebnis deutlich schlechter ausfällt, wenn keine anatomische Rekonstruktion der Tuberkula erlangt werden konnte (Tab. 5 und 6, Abb. 22 und 23). Vergleicht man primäre und sekundäre Prothesen ohne pathologisch veränderte Tuberkula, so erzielen die primärversorgten ein besseres Ergebnis (Tab. 7, Abb. 22 und 23). Die Ausmaße des Bewegungsumfangs bei einer solchen Patientin kann man auf den Fotografien erkennen (Abb. 21)



Abb.21 : Bewegungsumfang einer Patientin, bei der die Tuberkula korrekt verheilt sind (linke Schulter).

Anders ist dies beim Vergleich der primären mit den sekundären Prothesen, wenn beide eine Tuberkulum-Pathologie vorweisen. Hier lässt sich kein bedeutender Unterschied zwischen den Werten beider Gruppen erkennen (Tab. 8, Abb. 22 und 23).

Vergleicht man nun sekundäre Prothesen mit anatomisch unauffälligen Tuberkula mit primären, bei denen die Tuberkula eine Pathologie aufweisen, so ergeben sich bei den sekundären Prothesen eindeutig bessere Ergebnisse (Tab. 9, Abb. 22 und 23).

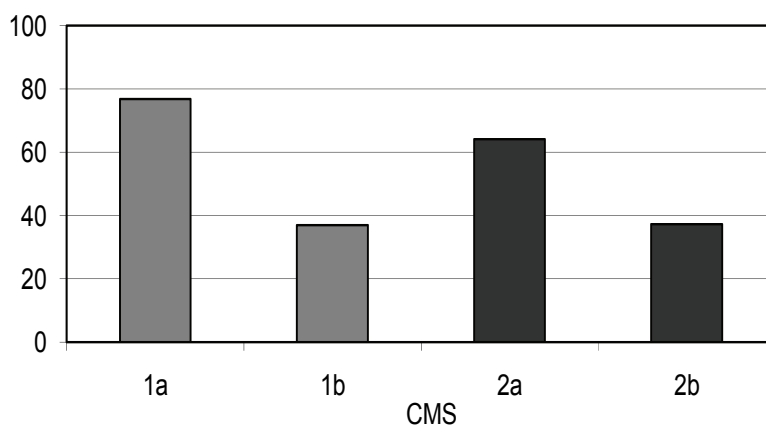


Abb. 22: Durchschnittliche Constant-Score-Werte der primären Prothesen ohne (Gruppe 1a) und mit (Gruppe 1b) Tuberkulum-Pathologie sowie der sekundären Prothesen ohne (Gruppe 2a) und mit (Gruppe 2b) Tuberkulum-Pathologie.

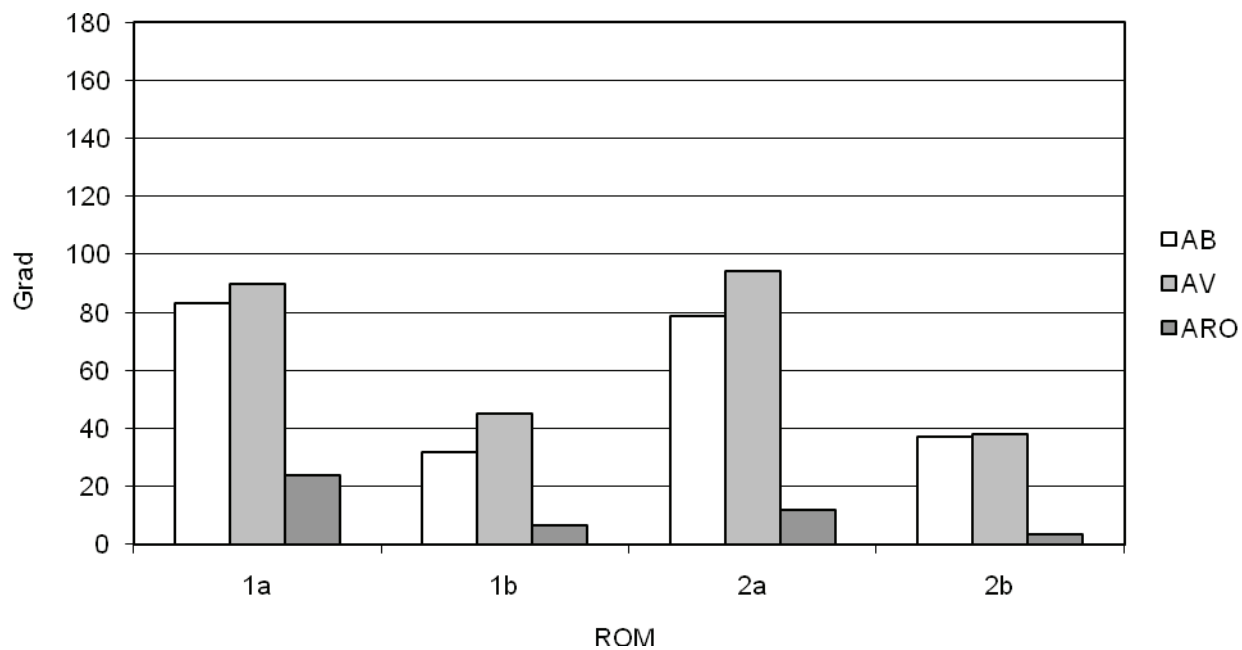


Abb. 23: Durchschnittliche Bewegungsumfänge der primären Prothesen ohne (Gruppe 1a) und mit (Gruppe 1b) Tuberkulum-Pathologie sowie der sekundären Prothesen ohne (Gruppe 2a) und mit (Gruppe 2b) Tuberkulum-Pathologie.

6. Diskussion

6.1 Primäre und sekundäre endoprothetische Versorgung der Humeruskopffrakturen: Ergebnisse und Einflussgrößen.

Die Behandlung komplizierter Humeruskopffrakturen ist seit jeher eine Herausforderung mit schwer vorhersehbaren Ergebnissen, die multifaktoriellen Einflüssen ausgesetzt sind. Mit der Entwicklung von Humeruskopfprothesen, die vor allem von Neer vorangetrieben wurde, wurde in den 70er und 80er Jahren die endoprothetische Primärversorgung dieser Brüche als akzeptable Lösung gesehen [Neer 1955, Neer 1963, Neer 1970, Duparc 1976, Engelbrecht 1980, Tanner 1983, Hutten 1986, Neer 1988, Neumann 1988]. Dabei wurden für die Indikationsstellung bestimmte Kriterien verwendet, vor allem die Frakturart und das posttraumatische Nekroserisiko.

Die von Neer publizierten sehr guten Ergebnisse mit einer bis zu 90%igen Patientenzufriedenheit [Neer 1970, Neer 1988] konnten durch weitere Studien annähernd bestätigt werden [Stableforth 1984, Frich 1991, Moeckel 1992, Simank 1993, Bosch 1996, Dimakopoulos 1997, Skutek 1998]. Dass diese hervorragenden und vielversprechenden Resultate über die Zeit nicht reproduzierbar und konstant sind, zeigen andere Studien [Kraulis 1976, Willems 1985, Graf 1987, Kay 1988, Hawkins 1993, Goldmann 1995, Wretenberg 1997, Movin 1998, Zyto 1998, Boileau 1999, Antuna 2008].

Resch und Robinson liegen mit einem aufgezeigten durchschnittlichen Constant Score von 64 Punkten nach einer Akutversorgung im Bereich der Ergebnisse unserer Studie [Resch 1999, Robinson 2003]. Ebenfalls im Bereich der eigenen Ergebnisse liegt Rickert, bei dem fast 50 % (n = 51) der Patienten sehr zufrieden waren und einen durchschnittlichen Constant Score von 68 Punkten erreichten [Rickert 1998]. Boss und Hintermann konnten in ihrem Kollektiv von 21 Patienten einen durchschnittlichen Constant Score von 48 Punkten feststellen. Trotz dieses geringen Wertes sehen sie die Traumaprothese als akzeptable Alternative [Boss 1997]. Zyto ist mit einem durchschnittlichen Constant Score von 51 bei Drei-Fragment-Frakturen und von 46 bei Vier-Fragment-Frakturen anderer Meinung. Die erreichte Punktzahl muss aufgrund der stark eingeschränkten Beweglichkeit und persistierenden Schmerzen bei rund einem Drittel der Patienten relativiert werden und ist laut Zyto enttäuschend [Zyto 1998]. Diese Studien verdeutlichen, dass trotz objektiver Testergebnisse die Beurteilungen derselben stark von der subjektiven Erwartungshaltung der Untersucher abhängen und bei gleichen Werten deutlich voneinander abweichen können.

Meistens wird nach primärer Prothese über eine komplette Schmerzfreiheit bzw. nur leichten Schmerz bei 90 und 95 % der Patienten berichtet, chronische Schmerzzustände sind eher selten [Tanner 1983, Neer 1988, Moeckel 1992, Goldmann 1995, Boss 1997, Green 1998].

Auch bei unserer Studie waren rund 90 % der Patienten nach primärer Prothese schmerzfrei bzw. schmerzarm. Aufgrund der besseren Score-Resultate, der konstanten Schmerzreduktion und der verbesserten Mobilität gilt die allgemeine Meinung, dass die akut eingesetzte Prothese der sekundären überlegen ist [Tanner 1983, Hutten 1986, Frich 1991, Habermeyer 1992, Dines 1993, Norris 1995, Bosch 1996, Beredjiklian 1998, Boileau 2001, Antuna 2002, Mansat 2004]. Als Grund für diese Ansicht wird bei den sekundären Prothesen eine schlechtere Ausgangssituation genannt, als bei der bereits komplizierten initialen Verletzung [Wirth 1996, Boileau 2001]. Es kommt auch vor, dass die Durchschnittswerte bei primären wie sekundären Prothesen annähernd gleich ausfallen, wie bei Movin und Mitarbeitern, die für beide Gruppen einen Constant Score von 37 bzw. 38 errechneten. Dieses Resultat spricht in keinem der Fälle für eine endoprothetische Versorgung [Movin 1998].

In unserer Studie konnten wir bei einem direkten Vergleich zwischen primären und sekundären Prothesen ebenfalls eine Unterlegenheit der sekundären Prothesen feststellen. Der Constant Score bei sekundären Prothesen (54 Punkte) fällt schlechter aus als der bei primären Prothesen (68 Punkte). Diese Ergebnisse sind mit den Studien von Bosch und Brunner vergleichbar [Bosch 1996, Brunner 1998]. Nimmt man die Studien, die über isoliert sekundäre Prothesenimplantationen berichten, findet man eine subjektive Zufriedenheit von 15-72 %, eine durchschnittliche Anteversion von 110° und Außenrotation von 20° und eine Schmerzreduktion bei 85 % der Patienten [Tanner 1983, Hutten 1986, Frich 1991, Habermeyer 1992, Dines 1993, Norris 1995, Bosch 1996, Beredjiklian 1998, Boileau 2001, Mansat 2004]. In unserer Studie waren 67 % der Patienten zufrieden bzw. sehr zufrieden, ein Ergebnis, das sich den Studien von Beredjiklian und Norris annähert [Norris 1995, Beredjiklian 1998]. Dies spiegelt sich nicht in den objektiven Resultaten wider. 71 % unserer Patienten gaben zwar wenig oder gar keinen Schmerz an, aber fünf (21 %) beklagten sich über starke Schmerzen. Diese unvorhersehbare Schmerzsituation kann auch in der Studie von Frich gefunden werden [Frich 1991]. Die relativ konstante Schmerzreduktion durch die Versorgung mit einer primären Prothese, die bei uns 90 % betrug, lässt sich also nach einer sekundären Prothese nicht wiederfinden. Die Mobilität der betroffenen Schultern zeigt Ähnlichkeiten mit der Literatur, wenn man die aktive Außenrotation betrachtet, die in unserer Studie durchschnittlich 16° betrug und als nicht ausreichend betrachtet werden soll. Bei der Anteversion liegen wir mit 70° unter dem Durchschnitt.

Bei der Beweglichkeit konnten wir keinen bedeutenden Unterschied zwischen Primär- und Sekundärversorgung erkennen. In beiden Gruppen sind die Bewegungsumfänge enttäuschend, da selten eine Überkopfarbeit geleistet werden kann. Im Allgemeinen ist die Beweglichkeit nach Prothesenimplantation äußerst variabel. Es werden sehr zufriedenstellende oder sehr schlechte Bewegungsumfänge beschrieben. Dies wird jedoch oft toleriert und angesichts des Alters und der Erwartungshaltung der Patienten als zweitrangig eingestuft

[Engelbrecht 1980, Neumann 1988, Bosch 1996, Boss 1997, Green 1998]. Bei annähernd einem Drittel unserer Patienten konnte keine aktive Abduktion oder Anteversion über die 90° erreicht werden. Auch der Schürzengriff ist vielfach eingeschränkt. Der Handrücken erreicht dabei selten die Höhe der Thorakalwirbel. Ähnlich schwache Werte bei der Abduktion und Anteversion wurden von Becker et al. gemessen, die die Bewegungsumfänge über eine dreidimensionale Bewegungsanalyse erfasst haben. Dabei zeigte sich auf den operierten Seiten eine erhöhte Aktivität des Schulterblattes, was als Reaktion auf eine glenohumerale Rigidität interpretiert wurde [Becker 2002]. In einer Übersichtsstudie von Kontakis wird eine durchschnittliche Anteversion von 105° und Abduktion von 92° nach der Akutversorgung festgestellt [Kontakis 2008]. Diese Bewegungsumfänge differieren nicht erheblich von den Primärversorgungen.

Die größten Einschränkungen im Bewegungsumfang sind in unserer Studie bei der Außenrotation zu finden. Diese liegen bei 16° für primäre und sekundäre Prothesen. Hierfür wird unter anderem eine kontrakte und dadurch verkürzte Subskapularissehne verantwortlich gemacht, die somit ein mechanisches Hindernis darstellt. Auch andere Autoren erkennen den kontrakten Zustand von Rotatorenmanschettenanteilen, vor allem des Subskapularis, als limitierender Faktor [Neumann 1988, Norris 1995, Wagner 1997, Göbel 1999]. Andererseits kam es zu einer fehlerhaften Positionierung und Refixation des Tuberculum minus an die Prothesenfinne. Eine biomechanische Studie von Frankle konnte den Zusammenhang von einem fehlerhaft positioniertem Tuberculum minus mit einer verminderten Außenrotation herstellen [Frankle 2001]. Bei einer Fehlposition des Tuberculum majus, der sich meistens posterosuperior befindet, kommt es zum posterioren Impingement zwischen fehlerverheiltem Fragment und superiorer Glenoidkante oder dem Akromiondach, was sich ebenfalls einschränkend auf die Außenrotation und Abduktion auswirkt. Ein intraartikulärer Bluterguss mit resultierender Fibrose und extraartikulärer massiver Verklebungen der Gleitschichten sowie entzündliche Reaktionen der Gelenkkapsel führen ebenfalls zu Bewegungseinschränkungen [Compito 1994, Norris 1995, Boileau 2001, 2002].

Eine durchschnittliche Kraftentwicklung von 8,8 kg (88 N) bei primären und 7,8 kg (78 N) bei sekundären Prothesen entspricht angesichts des Alters der Patienten durchaus den Erwartungen. Die hauptsächliche Kraftentwicklung wird durch den Musculus deltoideus entfaltet. Dieser wurde in unserer Reihe durch einen atraumatischen Zugang und durch Schonung des Nervus axillaris kaum traumatisiert. Ein weiterer Punkt ist die richtige Höhe der Prothese im Schaft. Eine Verkürzung des Humerus führt zu Verkürzungen des Deltamuskels und seines Hebelarmes. Daraus folgt eine eingeschränkte Kraftentwicklung bei aktiver Abduktion bzw. Anteversion sowie anteriore Luxationsneigung. Der Verlust der Humeruslänge wird durch eine daraus resultierende Atrophie des M. deltoideus und der

Rotatorenmanschette schwer korrigierbar [Neumann 1992, Compito 1994, Hutten 1995, Boileau 1999, Wirth 1995].

In unserer Studie hat die Morphologie, Position und Situation der Tuberkula offensichtlich einen großen Einfluss auf das postoperative Ergebnis (Tab. 4-9, Abb. 18). Betroffen sind vor allem die Beweglichkeit und der Schmerzzustand. Sind die Tuberkula pathologisch verändert, so ist die Funktion erheblich eingeschränkt; dies wird oft von einer Subluxationstendenz bis hin zur Instabilität begleitet. Mit einem Drittel (12 von 36) dislozierten, fehlverheilten oder resorbierten Tuberkula haben wir eine mit anderen Studien vergleichbare Anzahl. Tanner und Löhr sehen einen Zusammenhang zwischen leichter bis starker Subluxation und Rotatorenmanschetten- bzw. Tuberkulum-Anomalien [Tanner 1983, Löhr 1998].

Resch präsentierte auf dem 8. Jahreskongress der Deutschen Vereinigung für Schulter- und Ellenbogenchirurgie 2001 einige Beurteilungskriterien, die für das weitere Prozedere einer Frakturbehandlung in Abhängigkeit von den Tuberkula von Bedeutung sind [Resch 2001]. Dabei kommt es auf die Reponierbarkeit, die Retinierbarkeit und die Überlebensfähigkeit der Tuberkula an. Bei der Retinierbarkeit ist vor allem die Knochenqualität ausschlaggebend. Wichtig ist, wie gut der Knochen am Prothesenkörper hält. Bei beispielsweise starker Osteoporose liegt das Risiko einer Materialdislokation sehr hoch. Die Überlebensfähigkeit der Fragmente hängt vor allem mit der Blutversorgung zusammen. Da funktionelle Ergebnisse nach Kopfnekrose sehr gut sind, ist es wichtiger, die Überlebenschancen der Tuberkula zu analysieren. Die Vaskularisation der Tuberkula erfolgt über die Aa. circumflexae anterior et posterior und die Gefäße entlang der Sehnen der Rotatorenmanschette, wobei das Periost eine sehr wichtige Rolle spielt [Gerber 1990, Compito 1994, Resch 1999]. Reißt die periostale Verbindung zu den Fragmenten ab, ist mit einer schlechten Prognose zu rechnen. Resch geht davon aus, dass ein Großteil der Periostbrücken anhand der Röntgen-Traumaserie beurteilt werden kann. Sind die Fragmente um weniger als 6 mm verschoben, besteht meistens noch eine Verbindung.

Die Dislokation oder Resorption der Tuberkula wird als häufigste postoperative Komplikation der Frakturprothese angegeben [Tanner 1983, Bigliani 1991, Moeckel 1992, Hawkins 1993, Green 1993, Norris 1995, Hutten 1995, Hartsock 1998, Misra 2001, Frankle 2001, Boileau 2002, Mighell 2003, Kralinger 2004, Reuther 2007, Antuna 2008, Fialka 2008, Huffman 2008]. In einer Analyse von Compito et al. war in einem Kollektiv von 30 fehlgeschlagenen Eingriffen der häufigste Grund die Ablösung der Tubercula majores [Compito 1994]. Hutten beschreibt bei 26 % seiner Patientengruppe (n = 188) eine Migration und ein Anwachsen des Tuberculum majus nach cranial über den Prothesenkopf hinaus. Bei 22 % konnte das Tuberkulum radiologisch nicht mehr nachgewiesen werden. In acht Fällen kam es zu Pseudarthrosen [Hutten 1995].

In einer Multicenterstudie, geleitet von Walch, Boileau und Molé mit 300 Patienten und einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von vier Jahren, konnten folgende Ergebnisse festgestellt werden: 49 % der Tuberkula-Reduktionen waren während der Operation unzufriedenstellend. Insgesamt lag in 53 % der Fälle eine postoperative Tuberkulum-Dislokation vor. Dabei kommt es hauptsächlich beim Tuberculum majus zur Fehlstellung. Der durchschnittliche Constant Score lag bei 53,7 und der alters- und geschlechtsabhängige Constant Score bei 73,5 Punkten. Von den 300 Patienten waren 39 % zufrieden bis sehr zufrieden, 26 % unzufrieden und 35 % enttäuscht. Dabei hat die Stabilität der Tuberkula den größten Einfluss auf dieses Ergebnis, wie diese Multicenterstudie belegen kann [Boileau 2001].

Wir kommen zu einem sehr ähnlichen Ergebnis, auch wenn die Fallzahl unserer Studie weit- aus geringer ist und deshalb keine statistisch signifikante Aussage zulässt. Daraus wird ersichtlich, dass Prothesenschultern mit morphologischen Auffälligkeiten der Tuberkula im Vergleich zu den unauffälligen nur annähernd die Hälfte der Punkte im Constant Score erreichen. Eine durchschnittliche Abduktion und Anteversion um die 35° und eine Außenrotation von ca. 5° in den Gruppen 1b und 2b führen unweigerlich zu schlechten Ergebnissen und subjektiver Unzufriedenheit (Tab. 8, Abb. 22 und 23).

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt Speck. Bei 44 % seiner Patienten fehlt das Tuberculum majus im Kontrollröntgenbild. Folge sind eine deutliche Bewegungseinschränkung mit einem durchschnittlichen Constant Score von 26 Punkten. Die Patienten ohne Resorption erlangten einen durchschnittlichen Constant Score von 52 Punkten [Speck 2008].

Brunner und Mitarbeiter nennen das korrekte Einheilen der Tuberkula, unabhängig von einer akuten oder sekundären Prothese, als wichtigstes prognostisches Kriterium. Zusätzliche nichtanatomische Faktoren verschlechtern diese Prognose. In ihrem Patientenkollektiv kam es in 77,8 % der Primärprothesen und 38,7 % der Sekundärprothesen zu Dislokationen oder zu Resorptionen der Tuberculum-majus-Fragmente. Spongiosaplastiken wurden, wie in unserem schon beschriebenen Fall, resorbiert. Folgende relevante radiologisch-prognostische Kriterien für die Einheilung der Tuberkula werden genannt: Fragmentgröße, Lysen, Dislokation, falsche Prothesenrotation und Schaftlänge [Brunner 1998].

Die Patienten, die eine Humeruskopfnekrose nach primär konservativer oder gelenkerhalten- der operativer Therapie entwickelten und denen deshalb nachträglich eine Prothese implan- tiert wurde, erlangten die beste Funktionalität unter den sekundären Prothesen. Voraus- setzung ist, dass die Knochenfragmente anatomisch korrekt verheilt waren und keine Osteotomie benötigten. Die Ergebnisse überragten sogar die Ergebnisse, die nach primärer Prothese erreicht wurden (Tab. 4). Gleiche Beobachtungen machten andere Autoren [Tanner 1983, Kay 1988, Boileau 1999, Boileau 2001, Habermeyer 1993, Tauber 2007]. Die Paralle-

len zu diesen Studien zeigen, dass unsere Studie mit geringer Fallzahl eine komparative Aussagekraft hat.

In unserer Studie konnten wir folgende Faktoren feststellen, die sich negativ auf die Tuberkulum-Beschaffenheit ausgewirkt haben: stark fragmentierter Knochen, erhebliche Dislokation der Fragmente, fehlende zusätzliche Fixation der Tuberkula am Humerusschaft, Fragment-Extirpation und vorausgehende Pseudarthrosen der Tuberkula oder im Collum chirurgicum. Diese Patienten wiesen bei der Nachuntersuchung Komplikationen wie Instabilität, Bewegungseinschränkung und chronische Schmerzen auf.

Nach Meinung einiger Autoren sind vor allem technische Fehler bei der Implantation ursächlich für eine fehlerhafte Fixation der Tuberkula [Neer 1988, Compito 1994, Muldoon 1997]. In unserer Studie konnte z. B. eine fehlerhafte Befestigung des Tuberculum minus in einigen Fällen für die eingeschränkte Außenrotation verantwortlich gemacht werden. Dabei kam es durch eine Distalisierung des Tuberculum minus bei der Fixierung an der Finne zu einer verstärkten Spannung der Subskapularissehne, welche so als limitierender Faktor wirkte.

Häufig wird die Prothese in vermehrter Retroversion eingebaut, um eine iatrogen provozierte Instabilität zu vermeiden. Dabei wird der Arm zur Tuberkulum-Rekonstruktion in Außenrotation gehalten. Bei der anschließenden Ruhigstellung in Innenrotation ergibt diese Position einen erhöhten Zug der posterioren Anteile der Rotatorenmanschette und ein Nachlassen der Nähte. Dadurch steigt das Risiko einer postoperativen Tuberkulum-Dislokation und somit einer Pseudarthrose oder einer Fehlstellung [Bosch 1996, Boileau 1999, Frankle 2001]. Idealfall ist eine intakte Periostbrücke zwischen Schaft und Fragment, denn so bleibt die Blutversorgung der Tuberkula erhalten und macht somit eine Resorption unwahrscheinlich [Resch 1999]. Wird die Prothese zu hoch eingebaut und somit eine Verlängerung des Humerus verursacht, kann es zum Abriss der vernähten Fragmente kommen [Moeckel 1992, Yamaguchi 2000].

Neben der korrekten Positionierung der Prothese ist es sehr wichtig, die Tuberkula untereinander und am Schaft stabil zu fixieren. Wir konnten feststellen, dass alle Tuberkula, die eine insuffiziente Verbindung zum Schaft aufwiesen, dislozierten oder radiologisch nicht mehr nachweisbar waren. Gegebenheiten wie starke Fragmentierung oder vorher bestehende Pseudarthrosen erschweren eine fachgerechte Fixation der Tuberkula am Schaft oder machen diese teilweise unmöglich [Dines 1993, Boileau 2001, Antuna 2008]. Um eine sichere Befestigung der Knochenfragmente zu erzielen, empfiehlt Boileau, diese dreifach zu vernähen: einerseits die Befestigung der Tuberkula vertikal am Knochenschaft und horizontal untereinander zusammen mit der Prothesenfinne, andererseits erhält er zusätzliche Stabilität durch die Vernähung der Tuberkula-Fragmente mittels Führung der Fäden um den

Prothesenhals [Boileau 2002]. Bei Volumenverlust durch die Kompression des Humeruskopfes auf die Spongiosa kann dieser mithilfe einer Spongiosaplastik aus dem Kopffragment aufgefüllt werden [Boileau 2002, Krause 2007].

Eine biomechanische Studie von Frankle et al. hat fünf verschiedene Fixationstechniken auf Stabilität geprüft. Dabei ergab sich, dass eine zusätzliche zirkumferenzielle Cerclage mit einer Befestigung am medialen Prothesenhals die höchste Stabilität gewährleistet [Frankle 2002]. Wretenberg et al. beschreiben in ihrem Patientenkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 82 Jahren ein hohes Vorkommen an stark osteoporotischen Knochen als limitierenden Faktor zur adäquaten Tuberkulum-Fixation. Die stark fragmentierten Tuberkula lassen sich deshalb nur schwer oder gar nicht rekonstruieren [Wretenberg 1997].

Die Höhe der fixierten Tuberkula ist ein weiterer wichtiger Faktor, der Fehlerquellen birgt. Um einen Unterbruch zwischen dem Tuberculum majus und den Schaft zu vermeiden, kann das Tuberkulum-Fragment distalisiert werden, so dass sich diese etwas überlappen. Resch empfiehlt, dass die Überlappung nicht mehr als drei Millimeter betragen soll [Resch 1999]. Ansonsten kann es zu deutlichen Einbußen in der Elevation des Schultergelenkes kommen [Huffman 2008, Pijls 2010]. In einer gesunden Schulter liegt die durchschnittliche Höhe zwischen dem Plateau des Tuberculum majus und dem Humeruskopf bei acht Millimetern (Standardabweichung drei Millimeter); diese Höhe sollte bei der Rekonstruktion des Tuberkulum-Fragments an die Prothese bewahrt werden [Iannotti 2002].

Das Endergebnis der Implantation sekundärer Prothesen hängt in hohem Maße von der Beschaffenheit der Tuberkula in der Ausgangssituation ab. Liegen Pseudarthrosen oder stark verschobene Fehlverheilungen vor, kann mit großer Wahrscheinlichkeit mit schlechten Ergebnissen gerechnet werden. Eine Osteotomie der Tuberkula, die anschließend wieder an die Prothese befestigt werden, und eine vorbestehende Pseudarthrose sind Hauptkriterien, die zu unzufriedenstellenden Resultaten führen [Tanner 1983, Dines 1993, Norris 1997, Boileau 2001, Antuna 2002, Tauber 2007].

6.2 Einflussgrößen auf die Tuberkulum-Stabilität bei endoprothetischer Versorgung

Nach einem Unfall mit resultierender Humeruskopffraktur begegnet der Arzt bestimmten Faktoren, die sich ungünstig auf die Prognose für eine korrekte Einheilung der Tuberkula auswirken können. Einige davon lassen sich nicht mehr beeinflussen, andere nur bedingt. Wichtig ist das Erkennen der beeinflussbaren Faktoren, um diese vor, während und nach der Operation mit entsprechenden Maßnahmen korrekt anzugehen.

6.2.1 Präoperativ ungünstige Voraussetzungen

Diese Faktoren sind gegeben und lassen sich nicht mehr beeinflussen. Je mehr dieser Faktoren vorhanden sind, desto schlechter fällt die Prognose für das Endergebnis aus. Eine solche Ausgangssituation sollte eingehend mit dem Patienten besprochen werden. Bevor dieser einer endoprothetischen Versorgung zustimmt, sollten ihm die möglichen Folgen bewusst sein.

- Akutsituation
 - Schlechte Knochenqualität, Osteoporose
 - Muskel- und Sehnenläsionen
 - Stark fragmentierte Tuberkula
 - Erhebliche Dislokation der Fragmente und somit Ruptur des periostalen Schlauchs
 - Ausgedehnte subkapitale Trümmerzone
- Chronische Situation
 - Schlechte Knochenqualität, Osteoporose
 - Muskel- und Sehnenläsionen
 - Voroperationen
 - Anwachsen der Tuberkula in Fehlstellung
 - Pseudarthrosen der Tuberkula oder im Collum chirurgicum
 - Tuberkulum-Osteolysen und Resorption

6.2.2 Operationstechnik

Während der Operation hat der Chirurg weitgehend Einfluss auf die Positionierung und Fixierung der Prothese und der Tuberkula. Folgende Fehlerquellen können das Endergebnis negativ beeinflussen.

- Prothesenkopf zu hoch/niedrig
- Prothese in Valgusstellung
- Prothese in extremer Retroversion
- Tuberculum majus im Vergleich zum Prothesenkopf zu hoch/niedrig
- Tuberculum minus wird lateralisiert
- Entfernen eines oder beider Tuberkula
- Ungenügende Fixationstechnik der Tuberkula
 - untereinander
 - am knöchernen Schaft
 - am Prothesenhals

6.2.3 Postoperative Rehabilitationsphase

Der richtige Zeitpunkt und die Intensität der postoperativen Mobilisation konnte bisher nicht klar definiert werden. Wie bereits besprochen sollte die Entscheidung hierzu entsprechend der prä- und intraoperativen Situation gefällt werden. Hilfreich ist ein Standardprogramm, das individuell adaptierbar ist. Ziel ist es, eine Dislokation der Fragmente zu verhindern, um daraus resultierende Fehlverheilungen, Pseudarthrosen und Lysen zu vermeiden. Dennoch lassen sich drei Punkte definieren die ein gutes Ergebnis gefährden können, aber nicht immer kontrollieren und vermeiden lassen.

- aggressive Frühmobilisation
- Durchführung falscher Bewegungen des Patienten
- Schlechte Patientencompliance

7. Zusammenfassung

Das Ziel der Therapie einer Humeruskopffraktur ist eine rasche Schmerzfreiheit und die Wiederherstellung der Funktion, soweit dies möglich ist. Das gilt für die konservative, gelenkerhaltend operative oder endoprothetische Versorgung. Die Schulterendoprothese als Akutversorgung der mehrfragmentären Frakturen wurde vor allem in den 80er Jahren bevorzugt und schien eine gute Alternative für die häufig mit Komplikationen behaftete Osteosynthese zu bieten. Die Ergebnisse der akuten Prothesen schienen denen, die aus Revisionsgründen zu einem späteren Zeitpunkt eingebaut wurden, überlegen zu sein. Dennoch häuften sich Berichte über unzufriedenstellende Resultate, und die Ergebnisanalysen ließen einen Zusammenhang zwischen der Morphologie der Tuberkula und dem postoperativen Ergebnis erkennen. Dislokationen, Osteolysen, Fehlstellungen oder Pseudarthrosen sind häufig genannte Komplikationen. Prothesen mit diesen Pathomorphologien der Tuberkula wiesen, unabhängig davon, ob sie primär oder sekundär implantiert wurden, die schlechtesten Resultate auf, mit Funktionseinschränkungen, chronischen Schmerzzuständen und Schulterinstabilitäten.

Diesen Beobachtungen zufolge spielt die Primärheilung der frakturierten Tuberkula bei der Therapieentscheidung eine große Rolle. Dabei rückt die Wahrscheinlichkeit einer Humeruskopfnekrose als Hauptindikation zur Akutversorgung mit einer Prothese in den Hintergrund, da Revisionsprothesen nach Kopfnekrosen mit korrekt verheilten Tuberkula sehr gute Ergebnisse zeigen. Die Möglichkeit einer gelenkerhaltenden operativen Therapie sollte deshalb auch bei komplizierten, mehrfragmentären Brüchen bedacht werden. Ist eine primäre Prothese indiziert, ist besonders auf ein atraumatisches Vorgehen, eine anatomisch korrekte Prothesenstellung und vor allem auf eine stabile Fixationstechnik der Tuberkula zur Meta- bzw. Diaphyse zu achten. Die postoperative Rehabilitation orientiert sich hauptsächlich an der Stabilität der Tuberkula. Aus diesen Gründen geben wir den Tubercula majores et minores einen großen Stellenwert in der präoperativen Planung, im intraoperativen Vorgehen und während der postoperativen physiotherapeutischen Nachbehandlung. Es werden weitere Faktoren aufgezählt, die die Ergebnisse negativ beeinflussen, wie das Patientenalter, die oft damit verbundene schlechte Knochenqualität, die Patientencompliance (Demenz, Alkohol, Nikotin etc.), die Frakturmorphologie und die Überlebenschance der Fragmente. Dies sind Faktoren, die nicht beeinflusst werden können und die ausschließlich bei der Prognose eine Rolle spielen. Eine aktive Rolle spielt der behandelnde Arzt bei der Indikationsstellung, der Auswahl und Entwicklung der Implantate, der Durchführung der Operation und der Erstellung des Rehabilitationsprogramms. Gerade wenn die nicht beeinflussbaren Elemente überwiegen, sollte an eine primär konservative Behandlung gedacht werden.

8. Literaturverzeichnis

1. Agorastides I, Sinopidis C, El Meligy M, Yin Q, Brownson P, Frostick SP. Early versus late mobilization after hemiarthroplasty for proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 16: 33S-38S, 2007.
2. Agudelo J, Schürmann M, Stahel P, Helwig P, Morgan SJ, Zechel W, Bahrs C, Parekh A, Ziran B, Williams A, Smith W. Analysis of efficacy and failure in proximal humerus fractures treated with locking plates. *J Orthop Trauma*, 21: 676-81, 2007.
3. Antuna SA, Sperling JW, Sanchez-Sotelo J, Cofield RH. Shoulder arthroplasty for proximal humeral malunions: Long term results. *J Shoulder Elbow Surg*, 11:122-29, 2002.
4. Antuna SA, Sperling JW, Sanchez-Sotelo J, Cofield RH. Shoulder arthroplasty for proximal humeral nonunions. *J Shoulder Elbow Surg*, 11: 114-21, 2002.
5. Antuna SA, Sperling JW, Cofield RH. Shoulder hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus: A minimum five-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*, 17: 202-9, 2008.
6. Athwal GS, Sperling JW, Rispoli D, Cofield RH. Acute deep infection after surgical fixation of proximal humeral fracture. *J Shoulder Joint Surg*, 16: 408-12, 2007
7. Babst R, Brunner F. Plating in proximal humeral fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 4: 345-56, 2007.
8. Bastian JD, Hertel R. Initial post-fracture humeral head ischemia does not predict development of necrosis. *J Shoulder Elbow Surg*, 17: 2-8, 2008.
9. Bastian JD, Hertel R. Osteosynthesis and Hemiarthroplasty of fractures of the proximal humerus: Outcomes in a consecutive case series. *J Shoulder Elbow Surg*, 18: 216-9, 2009.
10. Bähris H, Tingart M, Bouillon B, Tiling T. Surgical treatment of proximal humeral fractures. Is the T-plate still adequate osteosynthesis procedure? *Zentralbl Chir*, 126: 211-6, 2001.
11. Bauer G, Hoellen I, Holbein O. Der primäre prothetische Humeruskopfersatz bei der dislozierten Humeruskopfmehrfragmentfraktur bei über 60 jährigen. *Hefte Unfallchirurg*, 272: 169-70, 1998.
12. Baulot E, Garron E, Grammont P. Resultats de la prothese inversee de grammont pour des omarthroses associees a de grandes destructyions de la coiffe a propos de 16 cas. *Acta Orthop Belg*, 61: 112-19, 1995.
13. Becker R, Pap G, Machner A, Neumann WH. Strength and motion after hemiarthroplasty in displaced four-fragment fracture of the proximal humerus: 27 patients followed for 1-6 years. *Acta Orthop Scand*, 73: 44-9, 2002.
14. Benegas E, Zoppi Filho A, Ferreira Filho AA, Ferreira Neto AA, Negri JH, Prada FS, Zumiotti AV. Surgical treatment of varus malunion of the proximal humerus with valgus osteotomy. *J Shoulder Elbow Surg*, 16: 55-9, 2007.

15. Bengner U, Johnell O, Redlund-Johnell I. Changes in the incidence of fracture of the upper end of the humerus during a 30-year period. A study of 2125 fractures. *Clin Orthop*, 231: 179-82, 1988.
16. Beredjikian PK, Iannotti JP, Norris TR, Williams GR. Operative treatment of malunion of a fracture of the proximal aspect of the Humerus. *J Bone Joint Surg*, 80-A: 1484-97, 1998.
17. Bernstein J, Adler LM, Blank JE, Dalsey RM, Williams GR, Iannotti JP. Evaluation of the Neer system of classification of proximal humeral fractures with computerized tomographic scans and plain radiographs. *J Bone Joint Surg*, 78-A: 1371-75, 1996.
18. Bigliani LU, Flatow EL, McCluskey GM, Fisher RA. Failed prosthetic replacement for displaced proximal humerus fractures. *Orthop Trans*, 15: 747-48, 1991.
19. Bigliani LU, Kelkar S, Flatow EL, Pollock RG, Van Mow C. Glenohumeral stability: Biomechanical properties of passive and active stabilizers. *Clin Orthop*, 330: 13-30, 1996.
20. Bjorkenheim JM, Pajarinen J, Savolainen V. Internal fixation of proximal humeral fractures with locking compression plate: A retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. *Acta Orthop Scand*, 75: 741-5, 2004.
21. Boileau P, Walch G. Tri-dimensional geometry of the proximal humerus. Implication for surgical technique and prosthetic design. *J Bone Joint Surg*, 79-B: 857-65, 1997.
22. Boileau P, Caligaris-Cordero B, Payeur F, Tinsi L, Argenson C. Facteurs pronostiques au cours de la rééducation après prothèse d'épaule pour fracture. *Rev Chir Orthop*, 85: 106-16, 1999.
23. Boileau P, Coste JS, Ahrens PM. Prosthetic shoulder replacement for fracture: Results of the multicenter study. 2000 prothèses d'épaule...recul de 2 à 10 ans. Sauramps medical, Montpellier: 561-78, 2001.
24. Boileau P, Trojani C, Walch G, Krishnan SG, Roemo A, Sinnerton R. Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 10: 299-308, 2001.
25. Boileau P, Krishnan SG, Tinsi L, Walch G, Coste JS, Molé D. Tuberosity malposition and migration: Reasons for poor outcomes after hemiarthroplasty for displaced fractures of the proximal Humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 11: 401-12, 2002.
26. Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I. The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 15: 527-40, 2006.
27. Bosch U, Fremerey RW, Skutek M, Lobenhoffer P, Tscherner H. Die Hemiarthroplastik-Primär- oder Sekundärmaßnahme für 3- und 4- Fragment-Frakturen des proximalen Humerus beim älteren Menschen. *Unfallchirurg*, 99: 656-64, 1996.
28. Boss A, Hintermann B. Primäre Versorgung der Humeruskopftrümmerfraktur beim älteren Patienten mit einer Kopfprothese. *Unfallchirurg*, 100: 867-73, 1997.

29. Brien H, Noftall F, McMaster S, Cummings T, Landells C, Rockwood P. Neer's classification system: A critical appraisal. *J Trauma*, 38: 257-60, 1995.
30. Brooks CH, Revell Wj, Heatley FW. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. An anatomical cadaveric study. *J Bone Joint Surg*, 75-B : 132-36, 1993.
31. Brunner U, Wiedemann E, Hauptmann S, Habermayer P, Schweiberer L. Gelenkersatz bei Humeruskopfmehrfragmentfraktur: 3 Jahresergebnisse bei primärer und sekundärer Prothetik. *Hefte Unfallchirurg*, 272: 167-68, 1998.
32. 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. A prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. *J Bone Joint Surg*, 89-B: 516-20, 2007.
33. Burgess DL, McGarth MS, Bonutti PM, Marker DR, Delanois RE, Mont MA. Shoulder Resurfacing. *J Bone Joint Surg*, 91-A: 1228-38, 2009.
34. Burstein AH. Fracture classification systems: do they work and are they useful? *J Bone Joint Surg*, 76-A: 792-3, 1994.
35. Casser HR, Paus R. Problematik der Schulter scores. *Orthop Praxis*, 33: 86-90, 1997.
36. Castagno AA, Shuman WP, Kilcoyne RF, Haynor DR, Morris ME, Matsen FA. Complex fractures of the proximal humerus. Role of CT in treatment. *Radiology*, 165: 759-62, 1987.
37. Cazeneuve JF, Cristofari DJ. Grammont reversed prosthesis for acute complex fractures of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 92: 543-8, 2006.
38. Chammas, Meyer zu Reckendorf G, Allieu Y. L'arthrodèse d'épaule pour paralysie post-traumatique du plexus brachial. Analyse d'une série de 18 cas. *Rev Chir Orthop*, 82: 386-95, 1996.
39. Chudik SC, Weinhold P, Dahners LE. Fixed-angle plate fixation in simulated fractures of the proximal humerus: A biomechanical study of a new device. *J Shoulder Elbow Surg*, 12: 578-88, 2003.
40. Codman E.A. *The Shoulder : Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other Lesions in or About the Subacromial Bursa*. Thomas Todd, Boston: 262-93, 1934.
41. Cofield RH. Unconstrained total shoulder prostheses. *Clin Orthop*, 173: 97-108, 1978.
42. Cofield RH. Comminuted fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop*, 230: 49-57, 1988.
43. Compito CA, Edward BS, Bigliani LU. Arthroplasty and acute shoulder trauma. Reasons for success and failure. *Clin Orthop*, 307: 27-36, 1994.
44. Constant CR, Murley AMG. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop*, 214: 160-64, 1987.

45. Copeland S. The continuing development of the shoulder replacement: "reaching the surface". *J Bone Joint Surg*, 88-A: 900-5, 2006.
46. Coste JS, Boileau P, Trojani C, Staccini P, Walch G, Dyez J, Krishnan SG. La prothèse Aequalis-ajournée et la prothèse Aequalis-fracture: Résultats préliminaires d'une étude multicentrique. 2000 prothèses d'épaule... recul de 2 à 10 ans. Sauramps medical, Montpellier: 545-52, 2001.
47. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humerus fractures. *Acta Orthop Scand*, 72: 365-71, 2001.
48. Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The translated two-part fracture of the proximal humerus. Epidemiology and outcome in the older patient. *J Bone joint Surg*, 83-B: 799-804, 2001.
49. Court-Brown CM, Cattermole H, McQueen MM. Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus. The results of non-operative treatment. *J Bone Joint Surg*, 84-B: 504-8, 2002.
50. Court-Brown CM, McQueen MM. The impacted varus (A2.2) proximal humerus fracture: prediction of outcome and results of non-operative treatment in 99 patients. *Acta Orthop Scand*, 75: 736-40, 2004.
51. Cruess RL. Corticosteroid-induced osteonecrosis of the humeral head. *Orthop Clin North Am*, 16: 789-96, 1985.
52. Damanakis K, Schaal O, Mann J, Müller KH. Ein Modifiziertes Behandlungskonzept bei Humeruskopffrakturen beim älteren Menschen. *Unfallchirurg*, 99: 561-68, 1996.
53. Darder A, Darder A Jr, Sanchis V, Gastaldi E, Gomar F. Four-part displaced proximal humeral fractures: Operative treatment using Kirschner wires and a tension band. *J Orthop Trauma*, 7: 497-505, 1993.
54. De Franco MJ, Brems JJ, Williams GR, Iannotti JP. Evaluation and management of valgus impacted four-part proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 442: 109-14, 2006.
55. de Laet EA, Visser CP, Coene LN, Pahlplatz PV, Tavy DL. Nerve lesions in primary shoulder dislocation and humeral neck fractures. A prospective clinical and EMG study. *J Bone Joint Surg*, 76-B, 381-3.
56. Demirhan M, Kilicoglu O, Altinel L, Eralp L, Akalin Y. Prognostic factors in prosthetic replacement for acute proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*, 17: 188-9, 2003.
57. Dietrich M, Meier C, Lattmann T, Zingg U, Grüninger P, Plate A. Complex fracture of the proximal humerus in the elderly. Locking plate vs. hemiarthroplasty. *Chirurg*, 79: 231-40, 2008.
58. Dimakopoulos P, Potamitis N, Lambiris E. Hemiarthroplasty in the treatment of comminuted intraarticular fractures of the proximal Humerus. *Clin Orthop*, 341: 7-11, 1997.

59. Dines DM, Warren RF, Altchek SW, Moeckel B. Posttraumatic changes of the proximal humerus: malunion, nonunion, and osteonecrosis: treatment with modular hemiarthroplasty or total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 2: 11-21, 1993.
60. Dines DM, Warren RF. Modular shoulder hemiarthroplasty for acute fractures. Surgical considerations. *Clin Orthop*, 307: 18-26, 1994.
61. Dines DM, Bisson LJ. Modular total shoulder arthroplasty indications, surgical considerations and results. *Semin Arthroplasty*, 8: 292-303, 1997.
62. Duparc J, Largier A. fracture dislocations of the upper end of the humerus. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 62: 91-110, 1976.
63. Duralde XA, Flatow EL, Pollock RG, Nicholson GP, Self EB, Bigliani LU. Operative treatment of nonunions of the surgical neck of the Humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 5: 169-80, 1996.
64. Edelson G, Kelly I, Vigder F, Reis ND. A three-dimensional classification for fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg*, 86-B: 413-25, 2004.
65. Edelson G, Safuri H, Salami J, Vigder F, Militianu D. Natural history of complex fractures of the proximal humerus using a three-dimensional classification system. *J Shoulder Elbow Surg*, 17:399-409, 2008.
66. Egol KA, Kubiak EN, Fulkerson E, Kummer FJ, Koval KJ. Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma*, 18: 488-93, 2004.
67. Egol KA, Ong CC, Walsh M, Jazrawi LM, Tejwani NC, Zuckerman JD. Early complications in proximal humerus fractures (OTA types 11) treated with locked plates. *J Orthop Trauma*, 22: 159-64, 2008.
68. Engelbrecht E; Siegel A, Röttger J, Heinert K. Erfahrungen mit der Anwendung von Schultergelenksendoprothesen. *Der Chirurg*, 51: 794-800, 1980.
69. Esser RD. Open reduction and internal fixation of three – and four – part – fractures of the proximal Humerus. *Clin Orthop*, 229: 244-51, 1994.
70. Fankhauser F, Boldin C, Schippinger G, Haunschmid C, Szyszkovitz R. A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res*, 430: 176-81, 2005.
71. Feeley BT, Fealy S, Dines DM, Warren RF, Craig EV. Hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty for avascular necrosis of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg*, 17: 689-94, 2008.
72. Fialka C, Stampfl P, Arbes S, Reuter P, Oberleitner G, Vecsei V. Primary hemiarthroplasty in four-part fractures of the proximal humerus: Randomized trial off wo different implant systems. *J Shoulder Elbow Surg*, 17: 210-15, 2008.
73. Ficat RP. Idiopathic bone necrosis of the femoral head: early diagnosis and treatment. *J Bone Joint Surg*, 67-B: 3-9, 1985.

74. Frankle MA, Greenwald DP, Markee BA, Ondrovic LE, Lee WE. Biomechanical effects of malposition of tuberosity fragments on the humeral prosthetic reconstruction for four-part proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 10: 321-26, 2001.
75. Frankle MA, Ondrovic LE, Markee BA, Harris L, Lee WE. Stability of tuberosity reattachment in proximal humeral hemiarthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 11: 413-20, 2002.
76. Frich LH, Sojberg JO, Sneppen O. Shoulder arthroplasty in complex acute and chronic proximal humeral fractures. *Orthopedics*, 14: 949-54, 1991.
77. Gaebler C, McQueen MM, Court-Brown CM. Minimally displaced proximal humerus fractures. *Acta Orthop Scand*, 74: 580-5, 2003.
78. Galatz LM, Iannotti JP. Management of surgical neck nonunions. *Orthop Clin North Am*, 31: 51-61, 2000.
79. Gardner M, Weil Y, Barker J, Kelly B, Helfet D, Lorich D. The importance of medial support in locked plating of proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*, 21: 185-91, 2007.
80. Gerber C. Rekonstruktive Chirurgie nach fehlerheilten Frakturen des proximalen Humerus bei Erwachsenen. *Orthopäde*, 19: 316-23, 1990.
81. Gerber C, Schneeberger AG, Vinh TS. The arterial vascularization of the humeral head. An anatomic study. *J Bone Joint Surg*, 72-A: 1486-94, 1990.
82. Gerber C, Werner CM, Vienne P. Internal fixation of complex fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg*, 86-B: 848-55, 2004.
83. Gerber C, Hersche O, Berberat C. The clinical relevance of posttraumatic avascular necrosis of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg*, 7: 586-90, 1998.
84. Gill TJ, Waters P. Valgus osteotomy of the humeral neck: a technique for the treatment of humerus varus. *J Shoulder Elbow Surg*, 6: 306-10, 1997.
85. Göbel F, Wuthe T, Reichel H. Ergebnisse der Humeruskopfprothese bei akuten und veralteten Frakturen des proximalen Humerus. *Z Orthop*, 137: 25-30, 1999.
86. Goldman RT, Koval KJ, Cuomo F, Gallagher MA, Zuckerman JD. Functional outcome after humeral head replacement for acute three- and four-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 4: 81-86, 1995.
87. Graf R, Scholl R, Morscher E. Humeruskopfersatz als Rettungsoperation nach Luxationstrümmerfrakturen des Schultergelenks. *Orthopäde*, 16: 336-39, 1987.
88. Grammont PM, Baulot E. Delta shoulder Prosthesis for rotator cuff ruptures. *Orthopedics*, 16: 65-8, 1993.
89. Green A, Barnard WL, Limbird WS. Humeral head replacement for acute, four-part proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 2: 249-54, 1993.
90. Green A. American Shoulder and Elbow Surgeons, fourteenth open meeting New Orleans/Louisiana, March 22th, Paper No. 30: p. 40, 1998.

91. Greiner S, Kääh MJ, Haas NP, Bail HJ. Humeral head necrosis rate at a mid-term follow-up after open reduction and angular stable plate fixation for proximal humeral fractures. *Injury*, 40: 186-91, 2009.
92. Habermeyer P, Schweiberer L. Frakturen des proximalen Humerus. *Orthopäde*, 18: 200-07, 1989.
93. Habermeyer P, Schweiberer L. Korrekturingriffe infolge von Humeruskopffrakturen. *Orthopäde*, 21: 148-57, 1992.
94. Habermeyer P, Athanasiou A, Brunner U, Weidemann E. Ergebnisse der Schulterendoprothetik in der Unfallchirurgie bei alten Menschen. *Hefte Unfallchirurg*, 232: 209-10, 1993.
95. Habermeyer P, Schweiberer L. Humeruskopffraktur. *Schulterchirurgie*. Urban und Schwarzenberg München: 239-59, 1996.
96. Handoll HH, Gibson JNA, Madhok R. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, CD000434, 2003.
97. Handschin AE, Cardell M, Contaldo C, Trentz O, Wanner GA. Functional results of angular-stable plate fixation in displaced proximal humeral fractures. *Injury*, 39: 306-13, 2008.
98. Hanson B, Neidenbach P, de Boer P, Stengel D. Functional outcome after nonoperative management of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 18:612-21, 2009.
99. Hartsock LA, Estes WJ, Murray CA, Friedman RJ. Shoulder hemiarthroplasty for proximal humeral fractures. *Orthop Clin North Am*, 29: 467-75, 1998.
100. Hattrup SJ. Indications, technique, and results of shoulder arthroplasty in osteonecrosis. *Orthop Clin North Am*, 29: 445-51, 1998.
101. Hawkins RJ, Bell RH, Jallay B. Acute prosthetic replacement for severe fractures of the proximal Humerus. *Clin Orthop*, 289: 156-60, 1993.
102. Healy WL, Jupiter JP, Kristiansen TK, White RR. Nonunion of the proximal humerus. A review of 25 cases. *J Orthop Trauma*, 4:424-31, 1990.
103. Helmy N, Hintermann B. New trends in the treatment of proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 442: 100-8, 2006.
104. Hente R, Kampshoff J, Kinner B, Füchtmeier B, Nerlich M. Treatment of displaced 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with fixator plate comprising angular stability. *Unfallchirurg*, 107: 769-82, 2004.
105. Heppenstall RB. Fractures of the proximal Humerus. *Orthop Clin North Am*, 6: 467-75, 1975.
106. Hertel R, Hempfling A, Stiehler M, Leunig M. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 13: 427-33, 2004.

107. Hertel R. Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int*, 16: S65-S72, 2005.
108. Hoellen IP, Bauer G, Holbein O. Prosthetic humeral head replacement in dislocated humerus multi-fragment fracture in the elderly. An alternative to minimal osteosynthesis. *Zentralbl Chir*, 122: 994-1001, 1997.
109. Horak J, Nilsson BE. Epidemiology of the upper end of the Humerus. *Clin Orthop*, 112: 250–53, 1975.
110. Huffman GR, Itamura JM, McGarry MH, Duong L, Gilliland J, Tibone JE, Lee TQ. Biomechanical assessment of inferior tuberosity placement during hemiarthroplasty for four-part proximal humeral fractures. *J Shoulder Joint Surg*, 17: 189-96, 2008.
111. Hughes M, Neer CS II. Glenohumeral joint replacement and postoperative rehabilitation. *Phys Ther*, 55: 850-58, 1975.
112. Hutten D, Duparc J. L'arthroplastie prothétique dans les traumatismes complexes récents et anciens de l'épaule. *Rev Chir Orthop*, 72: 517-29, 1986.
113. Hutten D, Candelier D, Fleure P. La prothèse de Neer dans les fractures récentes complexes de l'extrémité supérieure de l'humérus. *Rev Chir Orthop*, 81 (Suppl II): 75-88, 1995.
114. Iannotti JP, Gabriel JP, Schneck SL, Evans BG, Misra S. The normal glenohumeral relationships. An anatomical study of one hundred and forty shoulders. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 491-500, 2002.
115. Ilchmann T, Ochsner PE, Wingstrand H, Jonsson K. Non-operative treatment versus tension-band osteosynthesis in three- and four-part proximal humeral fractures. A retrospective study of 34 fractures from two different trauma centers. *Int Orthop*, 22: 316-20, 1998.
116. Jaberg H, Warner JJ, Jakob RP. Percutaneous stabilization of unstable fractures of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 508-15, 1992.
117. Jäger M, Wirth CJ. Luxationstrümmerfrakturen des Humeruskopfes – Resektion oder Refixation der Kopffragmente. *Unfallheilkunde*, 84: 26-32, 1981.
118. Jakob RP, Miniaci A, Anson PS, Jaberg H, Osterwalder A, Ganz R. Four-part valgus impacted fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg*, 73-B: 295–98, 1991.
119. Jensen GF, Christiansen C, Boesen J, Hegedus V, Transbol I. Relationship between bone mineral content and frequency of postmenopausal fractures. *Acta Med Scand*, 213: 61-63, 1983.
120. Jensen KL, Rockwood CA Jr. X-Ray evaluation of shoulder problems. *The Shoulder*, WB Saunders, Philadelphia: 187-222, 2004.
121. Jost B, Zumstein M, Pfirrmann CW, Gerber C. Long-term outcome after structural failure of rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg*, 88-A: 472-9, 2006.
122. Jupiter JB, Mullaji AB. Blade plate fixation of the proximal humeral non-unions. *Injury*, 25: 301-3, 1994.

123. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Jarvinen M, Vuori I. Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium. *Acta Orthop Scand*, 71: 465-70, 2000.
124. Kasperczyk WJ, Engel M, Tscherne H. Die 4-Fragment-Fraktur des proximalen Oberarms. *Unfallchirurg*, 96: 422-26, 1993.
125. Kay SP, Amstutz HC. Shoulder replacement at UCLA. *Clin Orthop*, 228: 42-48, 1988.
126. Keener JD, Parsons BO, Flatow EL, Rogers K, Williams GR, Galatz LM. Outcomes after percutaneous reduction and fixation of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 16: 330-38, 2007.
127. Kettler M, Biberthaler P, Braunstein V, Zeiler C, Kroetz M, Mutschler W. Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate: presentation of 225 cases of dislocated fractures. *Unfallchirurg*, 109: 1032-40, 2006.
128. Ko JY, Yamamoto R. Surgical treatment of complex fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop*, 327: 225-37, 1996.
129. Kocher T. Beiträge zur Kenntnis einiger praktisch wichtiger Frakturenformen. Carl Sallmann, Basel, 1896.
130. König F. Über die Implantation von Elfenbein zum Ersatz von Knochen und Gelenke. *Bruns Beitr Klin Chir*, 85: 613-18, 1914.
131. Kontakis GM, Koutras C, Tosounidis TI, Giannoudis P. Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty. A systematic review. *J Bone Joint Surg*, 90-B: 1407-13, 2008.
132. Kontakis GM, Tosounidis TI, Christoforakis Z, Hadjipavlou AG. Early management of complex proximal humeral fractures using the Aequalis fracture prosthesis. A two- to five year-follow-up report. *J Bone Joint Surg*, 91-B: 1335-40, 2009.
133. Koukakis A, Apostolou CD, Taneja T, Korres DS, Amini A. Fixation of proximal humerus fractures using the PHILOS plate : Early experience. *Clin Orthop Relat Res*, 442: 115-20, 2006.
134. Koval KJ, Gallagher MA, Marsicano JG, Cuomo F, Mc Shinawy A, Zuckerman JD. Functional outcome after minimally displaced fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 97-A: 203-7, 1997.
135. Kralinger F, Schwaiger R, Wambacher M, Farrell E, Menth-Chiari W, Lajtai G, Hübner C, Resch H. Outcome after primary hemiarthroplasty for acute fracture of the head of the humerus . A retrospective multicenter study of 167 patients. *J Bone Joint Surg*, 86-B: 217-9, 2004.
136. Kraulis J, Hunter G. The result of prosthetic replacement in fracture – dislocations of the upper end of the humerus. *Injury*, 8: 129-31, 1976.
137. Krause FG, Huebschle L, Hertel R. Reattachment of the tuberosities with cable wires and bone graft in hemiarthroplasties done for proximal humeral fractures with cable wire and bone graft: 58 patients with a 22-month minimum follow-up. *J Orthop Trauma*, 21: 682-86, 2007.

138. Kristiansen B, Christensen SW. Plate fixation of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*, 57: 320-23, 1986.
139. Kristiansen B, Christensen SW. Proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*, 58: 124-7, 1987.
140. Kristiansen B, Christensen SW. Proximal humeral fractures. Late results in relation to classification and treatment. *Acta Orthop Scand*, 58: 124-27, 1987.
141. Kristiansen B, Kofoed H. Transcutaneous reduction and external fixation of displaced fractures of the proximal humerus. A controlled clinical trial. *J Bone Joint Surg*, 70-B: 821-4, 1988.
142. Kuner EH, Siebler G. Luxationsfrakturen des proximalen Humerus – Ergebnisse nach operativer Behandlung. *Unfallchirurgie*, 13: 64-71, 1987.
143. Kuner EH. Die Frakturen des proximalen Humerus. Einteilung und Behandlungsprinzipien. *Z Unfallchir Versicherungsmed*, 85: 156–62, 1992.
144. Kunz C, Hagena FW. *Endoprothesenatlas Schulter und Ellenbogen*. Thieme Verlag, Stuttgart, 2002
145. Lanting B, McDermid J, Drosdowech D, Faber KJ. Proximal humeral fractures: a systematic review of treatment modalities. *J Shoulder Elbow Surg*, 17: 42-54, 2008.
146. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Minimal invasive plate osteosynthesis in the treatment of proximal humeral fracture. *Int Orthop*, 31: 657-64, 2007.
147. Lauritzen JB, Schwarz P, Lund B, McNair P, Transbol I. Changing incidence and residual lifetime risk of common osteoporosis-related fractures. *Osteoporos Int*, 3: 127-32, 1993.
148. Le Bellec Y, Masmajeun E, Cottias P, Alnot JY, Hutten D. Internal fixation of proximal humerus fracture by « palm tree » pinning. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 88: 342-8, 2002.
149. Leger O, Trojani C, Boileau P. Results of shoulder arthroplasty in nonunion of the surgical neck (Type 3 fracture sequelae). 2000 prothèses d'épaule...recul de 2 à 10 ans. *Sauramps medical, Montpellier*: 301-06, 2001.
150. Levine WN, Connor PM, Yamaguchi K, Self EB. Humeral head replacement for proximal humeral fractures. *Orthopedics*, 21: 68-73, 1998.
151. Levy J, Frankle M, Mighell M, Pupello D. The use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty for proximal humeral fracture. *J Bone Joint Surg*, 89-A: 292-300, 2007.
152. Levy O, Copeland SA. Cementless surface replacement of the shoulder. 5- to 10-year results with the Copeland Mark-2 prosthesis. *J Bone Joint Surg*, 83-B: 213-21, 2001.
153. Lill H, Lange K, Prasse-Badde J, Schmidt A, Verheyden P, Echtermeyer V. Die T-Platten Osteosynthese bei dislozierten proximalen Humeruskopffrakturen. *Unfallchirurg*, 23: 183-90, 1997.

154. Löhner JF, Floren M, Schwyzer HK, Simmen BR, Gschwend N. Shoulder joint instability after primary arthroplasty. *Orthopäde*, 27: 571-75, 1998.
155. Lugli T. Artificial shoulder joint by Péan (1893). *Clin Orthop*, 133: 215-18, 1978.
156. Lungershausen W, Bach O, Lorenz CO. Locking plate osteosynthesis for fractures of the proximal humerus. *Zentralbl Chir*, 128: 28-33, 2003.
157. Mansat P, Guity MR, Bellumore Y, Mansat M. Shoulder arthroplasty for late sequelae of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 13: 305-12, 2004.
158. Mansat P, Huser L, Mansat M, Bellumore Y, Rongières M, Bonneville P. Shoulder arthroplasty for atraumatic avascular necrosis of the humeral head: Nineteen shoulders followed up for a mean of seven years. *J Shoulder Elbow Surg*, 14: 114-20, 2005.
159. Matsen FA, Lippitt SB, Sidles JA, Harryman DT. Practical evaluation and management of the shoulder. WB Saunders, Philadelphia, 1-242, 1994.
160. Matsen FA, Rockwood CA, Wirth MA, Lippitt SB. Glenohumeral arthritis and its management. *The Shoulder*, WB Saunders, Philadelphia: 840-964, 1998.
161. Menck J, Döbler A, Döhler. Vaskularisation des Humerus. *Langenbecks Arch Chir*, 382: 123-27, 1997.
162. Mighell MA, Kolm GP, Collinge CA, Frankle MA. Outcomes of hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 12: 569-77, 2003.
163. Mills HJ, Horne G. Fractures of the proximal humerus in adults. *J Trauma*, 25: 801-5, 1985.
164. Misra A, Kapur R, Maffulli N. Complex proximal humeral fractures in adults—a systematic review of management. *Injury*, 32: 363-72, 2001.
165. Mittlmeier TW, Stedtfeld HW, Ewert A, Beck M, Frosch B, Gradl G. Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (Targon PH). *J Bone Joint Surg*, 85-A: 136-46, 2003.
166. Moda SK, Chadha NS, Sangwan SS, Khurana DK, Dahiya AS, Siwach RC. Open reduction and fixation of proximal humeral fractures and fracture-dislocations. *J Bone Joint Surg*, 72-B: 1050-52, 1990.
167. Moeckel BH, Dines DM, Warren RF, Altchek DW. Modular hemiarthroplasty for fractures of the proximal part of the Humerus. *J Bone Joint Surg*, 74-A: 884-89, 1992.
168. Moonot P, Ashwood N, Hamlet M. Early results for treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. *J Bone Joint Surg*, 89-B: 1206-9, 2007.
169. Moseley HF. *Shoulder Lesions*. Livingstone, Edinburgh: 22-30, 1969.
170. Movin T, Sjöden GOJ, Ahrengart L. Poor function after shoulder replacement in fracture patients. A retrospective evaluation of 29 patients followed for 2-12 years. *Acta Orthop Scand*, 69: 392-96, 1998.

171. Mückter H, Herzog L, Becker M, Vogel W, Meeder PJ, Buchholz J. Angle- and rotation-stable internal fixation of proximal humerus fractures with the humerus fixator plate. Early clinical experience with a newly developed implant. *Chirurg*, 72: 1327-35, 2001.
172. Müller ME, Nazarian S, Koch P. Classification AO des fractures: les longs os. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1987
173. Muldoon MP, Cofield RH. Complications of humeral head replacement for proximal humeral fractures. *Instr Course Lect*, 46: 15-24, 1997.
174. Nayak NK, Schickendantz MS, Regan WD, Hawkins RJ. Operative treatment of nonunion of surgical neck fractures of the humerus. *Clin Orthop*, 313: 200-5, 1995.
175. Neer CS II. Articular replacement for the humeral head. *J Bone Joint Surg*, 37-A: 215-28, 1955.
176. Neer CS II. Prosthetic replacement of the humeral head: indications and operative technique. *Surg Clin North Am*, 43: 1581-97, 1963.
177. Neer CS II. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg*, 52-A: 1077-89, 1970.
178. Neer CS II. Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three-part and four-part displacement. *J Bone Joint Surg*, 52-A: 1090-103, 1970.
179. Neer CS II. Nonunion of the surgical neck of the humerus. *Orthop Trans*, 7: 389, 1983.
180. Neer CS II. Remplacement de la tête humérale avec reconstruction des tubérosités et de la coiffe dans les fractures déplacées a quatre fragments. *Rev Chir Orthop*, 74 (Suppl II): 31-40, 1988.
181. Neer CS II. Fractures of the upper Humerus. *Shoulder reconstruction*, WB Saunders, Philadelphia: 364-98, 1990.
182. Neer CS II. Four-segment classification of proximal humeral fractures: purpose and reliable use. *J Shoulder Elbow Surg*, 11: 389-400, 2002.
183. Nérot C, Thoreux P, Hannouche D. Classification et étude inter-observateurs. *Rev Chir Orthop*, 84 (Suppl I) : 129-35, 1997.
184. Neumann K, Muhr G, Breitfuß H. Primärer Kopfersatz der dislozierten Oberarmkopffraktur. *Unfallchirurg*, 91: 451 – 58, 1988.
185. Neumann K, Muhr G, Breitfuß H. Primärer Kopfersatz der dislozierten Oberarmkopffraktur. *Orthopäde*, 21: 140-47, 1992.
186. Norris TR, Turner JA, Bovill D. Nonunion of the upper humerus: an analysis of the etiology and treatment of 28 cases. *Surgery of the shoulder*. Post M, Morrey BF, Hawkins RJ, St. Louis: Mosby, 63-7, 1990.
187. Norris TR, Green A, McGuigan FX. Late prosthetic shoulder arthroplasty for displaced proximal fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 4: 271-80, 1995.
188. Norris TR. Prosthetic arthroplasty in nonunion and malunion of the proximal Humerus. *Semin Arthroplasty*, 8: 304-20, 1997.

189. Obrist J, Neureiter H, Lassacher H, Zirknitzer J. Operative Behandlungstaktik beim Oberarmverrenkungsbruch. *Hefte Unfallchirurg*, 230: 30-32, 1993.
190. Olsson C, Nordquist A, Petersson CJ. Long-term outcome of a proximal humerus fracture predicted after 1 year. *Acta Orthopaedica*, 76: 397-402, 2005.
191. Orfaly RM, Rockwood CA, Esenyel CZ, Wirth MA. Shoulder arthroplasty in cases with avascular necrosis of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg*, 16: 27S-32S, 2007.
192. Owsley KC, Gorczyca JT. Fracture displacement and screw cutout after open reduction and locked plate fixation of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg*, 90-A: 233-40, 2008.
193. Paavolainen P, Bjorkenheim JM, Slati P, Paukku P. Operative treatment of severe proximal humerus fractures. *Acta Orthop Scand*, 54: 374-9, 1983.
194. Palvanen M, Kannus P, Niemi S, Parkkari J. Update in the epidemiology of proximal humerus fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 442: 87-92, 2006.
195. Park MC, Murthi AM, Roth NS, Blaine TA, Levine WN, Bigliani LU. Two-part and three-part fractures of the proximal humerus treated with suture fixation. *J Orthop Trauma*, 17:319-25, 2003.
196. Péan JE. On prosthetic methods intended to repair bone fragments. *Clin Orthop*, 94: 4-7, 1973
197. Pijls BGCW, Werner PH, Eggen PJMG. Alternative humeral tubercle fixation in shoulder hemiarthroplasty for fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 19: 282-89, 2010.
198. Rader CP, Keller HW, Rehm KE. Die operative Behandlung dislozierter 3- und 4-Segment Frakturen des proximalen Humerus. *Unfallchirurg*, 95: 613-17, 1992.
199. Rasmussen S, Hvass I, Dalsgaard J, Christensen BS, Holstad E. Displaced proximal humerus fractures: results of conservative treatment. *Injury*, 23: 41-3, 1992.
200. Rees J, Hicks J, Ribbans W. Assessment and management of three- and four-part proximal humeral fractures. *Clin Orthop*, 353: 18-29, 1998.
201. Resch H, Thöni H. Luxationsfrakturen der Schulter. Sonderstellung und Therapiekonzepte. *Orthopäde*, 21: 131-39, 1991.
202. Resch H, Beck E, Bayley I. Reconstruction of the valgus-impacted humeral head fracture. *J Shoulder Elbow Surg*, 4: 73-80, 1995.
203. Resch H, Povacz P, Frohlich R, Wambacher M. Percutaneous fixation of three- and four-part fractures of the proximal Humerus. *J Bone Joint Surg*, 79-B : 295-300, 1997.
204. Resch H, Podlaha A, Povacz P. Arthroplasty in fractures of the proximal Humerus. *J Bone Joint Surg*, 81-B (Suppl II): 143, 1999.
205. Resch H, Huebner C, Schwaiger R. Minimally invasive reduction and osteosynthesis of articular fractures of the humeral head. *Injury*, 32: SA25-32, 2001.

206. Reuther F, Müller S, Wahl D. Management of humeral head fractures with a trauma shoulder prosthesis: correlation between joint function and healing of the tuberosities. *Acta Orthop Belg*, 73: 179-87, 2007.
207. Richter J, Hahn MP, Ekkernkamp A, Muhr G. Endoprothese versus Minimalosteosynthese in der Behandlung von dislozierten 4-Fragment-Brüchen des Humeruskopfes. *Hefte Unfallchirurg*, 272: 166-67, 1998.
208. Rickert M, Lehmann M, Habermayer P. Der Stellenwert der Schulterendoprothetik in der Behandlung der Veralteten, fehlverheilten Humeruskopffraktur. *Hefte Unfallchirurg*, 268: 51-52, 1998.
209. Rietveld AB, Daanen HA, Rozing PM, Obermann WR. The lever arm in glenohumeral abduction after hemiarthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 70-A: 561-65, 1988.
210. Ring D. Current concepts in plate and screw fixation of osteoporotic proximal humeral fractures. *Injury*, 38(Suppl. 3): 559-68, 2007.
211. Robinson CM, Page RS, Hill RMF, Sanders DL, Court-Brown CM, Wakefield AE. Primary hemiarthroplasty for treatment of proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg*, 85-A: 1215-23, 2003.
212. Rockwood CA Jr, Matsen FA III. Fractures of the proximal humerus. *The Shoulder*, WB Saunders, Philadelphia: 337-89, 1998.
213. Rose SH, Melton LJ 3rd, Morrey BF, Ilstrup DM, Riggs BL. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop*, 168: 24-30, 1982.
214. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG. *AO Principles of fracture management Vol.1 + 2*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 2007.
215. Rueger JM, Rücker A, Briem D, Grossterlinden L, Linhart W. Proximal humeral fractures: Nailing. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 31: 357-66, 2007.
216. Sallay PI, Pedowitz RA, Mallon WJ, Vandemark RM, Dalton JD, Speer KP. Reliability and reproducibility of radiographic interpretation of proximal humeral fracture pathoanatomy. *J Shoulder Elbow Surg*, 6: 60-69, 1997.
217. Schai PA, Imhoff A, Preiss S. Comminuted humeral head fractures: A multicenter analysis. *J Shoulder Elbow Surg*, 4: 319-30, 1995.
218. Schai PA, Hintermann B, Koris MJ. Preoperative arthroscopic assessment of fractures about the shoulder. *Arthroscopy*, 15: 827-35, 1999.
219. Scheck M. Surgical treatment of nonunions of the surgical neck of the humerus. *Clin Orthop*, 167: 255-59, 1982.
220. Seebauer L. 15 years Delta Meeting. Cannes, 2-3 May, 2003.
221. Sidor ML, Zuckerman JD, Lyon T, Koval K, Cuomo F, Schoenberg N. The Neer classification system for proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg*, 75-A: 1745-50, 1993.
222. Siebenrock KA, Gerber C. The reproducibility of Classification of fractures of the proximal end of the Humerus. *J Bone Joint Surg*, 75-A: 1751-55, 1993.

223. Siegel JA, Dines DM. Proximal humerus malunions. *Orthop Clin North Am*, 31: 35-50, 2000.
224. Simank P, Gay B. Erfahrungen mit der Endoprothese bei Oberarmkopftrümmerfrakturen. *Akt Traumatol*, 23: 361-65, 1993.
225. Sjöden GOJ, Movin T, Güntner P, Aspelin P, Ahrengart L, Ersmark H, Sperber A. Poor reproducibility of classification of proximal humeral fractures. Additional CT of minor value. *Acta Orthop Scand*, 68: 239-42, 1997.
226. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD. Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg*, 91-A: 1689-97, 2009.
227. Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Palement GD. Locked plating of 3- and 4-part proximal humerus fractures in older patients: The effect of initial fracture pattern on outcome. *J Orthop Trauma*, 23: 113-9, 2009.
228. Solonen KA, Vastamaki M. Osteotomy of the neck of the humerus for traumatic varus deformity. *Acta Orthop Scand*, 56: 79-80, 1985.
229. Sommer C, Gautier E, Muller M, Helfet DL, Wagner M. First clinical results of the locking compression plate (LCP). *Injury*, 34: B43-B54, 2003.
230. Speck M, Lang FJ, Regazzoni P. Proximal humeral multiple fragment fractures – failures after T-plate osteosynthesis. *Swiss Surg*, 2:51-6, 1996.
231. Speck M, Regazzoni P. 4-Fragment-Frakturen des proximalen Humerus. Alternative Strategien der chirurgischen Behandlung. *Unfallchirurg*, 100: 349-53, 1997.
232. Speck M, Hertel R. Tuberculum majus-Resorptionen nach primärer prothetischer Behandlung von proximalen Humerusmehrfragmentfrakturen. *Hefte Unfallchirurg*, 268: 566-67, 1998.
233. Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM. Neer hemiarthroplasty and Neer total shoulder arthroplasty in patients fifty years old or less. *J Bone Joint Surg*, 80-A: 860-67, 1998.
234. Stableforth P.G. Four – part fractures of the neck of the Humerus. *J Bone Joint Surg*, B-66: 104-08, 1984.
235. Steffee AD, Moore RW. Hemi-resurfacing arthroplasty of the shoulder. *Contemp Orthop*, 9: 51-9, 1984.
236. Strauss EJ, Roche C, Fluri PH, Wright T, Zuckerman JD. The glenoid in shoulder arthroplasty. *J Shoulder Joint Surg*, 18: 819-33, 2009.
237. Sturzenegger M, Fornaro E, Jakob RP. Results of surgical treatment of multifragmented fractures of the humeral head. *Arch Orthop Trauma Surg*, 100: 249-59, 1982.
238. Südkamp N, Bayer J, Hepp P, Voigt C, Oestern H, Käb M, Konrad G. Open reduction and internal fixation of proximal humeral fractures with use of the locking proximal humerus plate. Results of a prospective, multicenter observational study. *J Bone Joint Surg*, 91-A: 1320-8, 2009.

239. Szyszkowitz R, Seggl W, Schleifer P, Cundy PJ. Proximal humeral fractures. Management techniques and expected results. *Clin Orthop Relat Res*, 292: 13-25, 1993.
240. Szyszkowitz R, Schippinger G. Fractures of the proximal humerus. *Unfallchirurg*, 102: 422-8, 1999.
241. Tamai K, Hamada J, Ohno W, Saotome K. Surgical anatomy of multipart fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 11:421-7, 2002
242. Tanner MW, Cofield RH. Prosthetic arthroplasty for fractures and fracture – dislocations of the proximal Humerus. *Clin Orthop*, 179: 116-28, 1983.
243. Tauber M, Karpik S, Matis N, Schwartz M, Resch H. Shoulder arthroplasty for traumatic avascular necrosis. Predictors of outcome. *Clin Orthop Rel Res*, 465: 208-14, 2007.
244. Trupka A, Wiedemann E, Ruchholtz S, Brunner U, Habermeyer P, Schweiberer L. Dislocated multiple fragment fractures of the head of the humerus. Does dislocation of the humeral head fragment signify a worse prognosis. *Unfallchirurg*, 100: 105-10, 1997.
245. Voigt C, Woltmann A, Partenheimer A, Lill H. Management of complications after angularly stable locking proximal humerus plate fixation. *Chirurg*, 78: 40-6, 2007.
246. Wagner D, Seiler H. Erfahrungen und Ergebnisse bei 39 Schulterendoprothesen vom Neer-Typ in einem heterogenen Krankengut. *Akt Traumatol*, 27: 136-43, 1997.
247. Walch G, Badet R, Nové-Josserand L, Levigne C. Nonunions of the surgical neck of the humerus: Surgical treatment with an intramedullary bone peg, internal fixation, and cancellous bone grafting. *J Shoulder Elbow Surg*, 5: 161-68, 1996.
248. Walch G, Boileau P. Prosthetic adaptability: A new concept for shoulder arthroplasty. *J Shoulder Joint Surg*, 8: 443-51, 1999.
249. Weigand H, Ritter G, Marcus D. Die Resektion des Oberarmkopfes als plastisches Verfahren bei Luxationsfrakturen. *Hefte Unfallheilkd*, 160: 155-72, 1982.
250. Weiss APC, Adams MA, Moore JR, Weiland AJ. Unconstrained shoulder arthroplasty. A five-year average follow-up study. *Clin Orthop*, 257: 86-90, 1990.
251. Wiedemann E, Ruchholtz, Trupka A, Habermeyer P, Schweiberer L. Determinants for the outcome after internal fixation of three- and four-part fractures of the humeral head. *Surgery of the Shoulder*: 429-35, 1995.
252. Wiggins AJ, Roolker W, Patt TW, Raaymakers EL, Marti RK. Open reduction and internal fixation of three- and four-part fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 84-A:1919-25, 2002.
253. Willems WJ, Lim TE. Neer arthroplasty for humeral fracture. *Acta Orthop Scand*, 56: 394-5, 1985.
254. Wirth MA, Rockwood CA Jr. Glenohumeral instability following shoulder arthroplasty. *Orthop Trans*, 19: 459, 1995.
255. Wirth MA, Rockwood CA Jr. Current concepts review: Complications of total shoulder replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg*, 78-A: 603-16, 1996.

256. Wretenberg P, Ekelund A. Acute hemiarthroplasty after proximal humerus fracture in old patients. *Acta Orthop Scand*, 68: 121-23, 1997.
257. Yamaguchi K, Sher JS, Andersen WK, Garretson R, Uribe JW, Hechtman K, Neviaser RJ. Glenohumeral motion in patients with rotator cuff tears: A comparison of asymptomatic and symptomatic shoulders. *J Shoulder Elbow Surg*, 9: 6-11, 2000.
258. Young TB, Wallace WA. Conservative treatment of fractures and fracture dislocations of the upper end of the humerus. *J Bone Joint Surg*, 67-B: 373-77, 1985.
259. Zadeh HG, Calvert PT. Recent advances in shoulder arthroplasty. *Current Orthop*, 12: 122-34, 1998.
260. Zuckerman JD, Cuomo F, Koval KJ. Proximal humeral replacement for complex fractures: Indications and surgical technique. *Instr Course Lect*, 46: 7-14, 1997.
261. Zyto K, Ahrengart L, Sperber A, Tornkvist H. Treatment of displaced proximal humeral fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg*, 79-B: 412-7, 1997.
262. Zyto K, Wallace A, Frostik SP, Preston BJ. Outcome after hemiarthroplasty for three- and four-part fractures of the proximal Humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 7: 85-89, 1998.
263. Zyto K. Non-operative treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients. *J Injury*, 29: 349-52, 1998.

9. Lebenslauf

Name: Reiland
Vorname: Youri
Adresse: Av. Louis-Ruchonnet
CH-1003 Lausanne/Schweiz

Geburtsdatum: 25.03.1973
Geburtsort: Dinant/Belgien
Staatsangehörigkeit: deutsch

Grundschule: **1977 – 1983** (Mexico City/Caracas/München)
Gymnasium: **1983 – 1993** Luitpold Gymnasium/München
Abschluss: **09.06.1993** Abitur

Dienst: **03.01.1994 – 31.03.1995** (Zivildienst)
Städt. Krankenhaus München-Bogenhausen (KMB)
Intensivstation/Zentral-OP

Studium: **1995 – 1997** Vorklinisches Studium:
Justus von Liebig Universität/Gießen (JLU)
1997 – 2001 Klinisches Studium:
Ludwig-Maximilian-Universität/München (LMU)

Praktisches Jahr: **16.10.2000 – 04.02.2001**
Poliklinik Innenstadt (LMU)
Abt. für Innere und Rheum. Medizin
München/Deutschland
Chefarzt Prof. Dr. med. Schlöndorff

05.02.2001 – 27.05.2001
Conradie Hospital University of Cape Town, Abt. für Chirurgie
Cape Town/Südafrika
Chefarzt Dr. med. Stettbacher

28.05.2001 – 16.09.2001
Klinikum Großhadern (LMU), Abt. für Orthopädie
München/Deutschland
Chefarzt Prof. Dr. med. Refior

Examina: **24.03.1997** Physikum
27.08.1998 1. Staatsexamen
10.09.2000 2. Staatsexamen
25.10.2001 3. Staatsexamen

Arzt im Praktikum: **11.11.2001 – 31.05.2003**
Clinique Générale Annecy, Abteilung für Orthopädie
Annecy/Frankreich
Dr. med. Lafosse, Dr. med. Toussaint

- 01.06.2003 – 31.12.2003**
Abt. für Chirurgie/Spital Lachen
Lachen/Schweiz
Chefarzt Dr. med. J. Knaus
- Weiterbildung: **02.01.2004 – 31.12.2004**
Städt. Krankenhaus München-Bogenhausen,
Abt. für Orthopädie und Sportorthopädie
München/Deutschland
Chefarzt Dr. med. Seebauer
- 01.01.2005 – 30.06.2006**
Universitätsspital Balgrist,
Abt. für Orthopädie und Traumatologie
Zürich/Schweiz
Chefarzt Prof. Dr. med. Gerber
- 01.07.2006 – 31.12.2008**
Solothurn Spitäler AG/Bürgerspital,
Abt. für Orthopädie und Traumatologie
Solothurn/Schweiz
Chefarzt Dr. med. Weber
- ab 01.04.2009**
Clinique Chirurgicale et Permanence de Longeraie,
Abt. für Orthopädie und Abt. für Handchirurgie, plastische und
rekonstruktive Chirurgie der Universitätsklinik Lausanne
(CHUV)
Lausanne/Schweiz
Chefarzt Dr. med. Stalder (Orthopädie)
Chefarzt Prof. Dr. med. Raffoul (Handchirurgie, plastische und
rekonstruktive Chirurgie)

10. Danksagung

Meinen Eltern, die mich während meiner gesamten Aus- und Weiterbildung unterstützt und gefördert haben.

Dr. med. Ludwig Seebauer, mein erster Lehrmeister, der mich die Schulterchirurgie entdecken ließ.

Prof Dr. med. habil. Dr. Ing. Plitz für seinen Einsatz und seiner Ausdauer.

Prof. Dr. med. Dipl. Ing. Jansson für seine Bereitwilligkeit.