
Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Rudert

**Ergebnisse der Schulterendoprothetik bei avaskulärer
Humeruskopfnekrose**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Henriette Hillebrand

aus Berlin

Hamburg, Juli 2016

Referent: Prof. Dr. med. F. Gohlke

Korreferent: Prof. Dr. med. A. Steinert

Dekan: Prof. Dr. med. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 16.04.2018

Die Promovendin ist Ärztin.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	i
Tabellenverzeichnis	i
Abkürzungsverzeichnis	i
1. Einleitung	2
1.1. Einführung.....	2
1.2. Anatomie und Biomechanik der Schulter	2
1.3. Ätiopathologie.....	3
1.4. Pathogenese der Osteonekrose	5
1.5. Diagnosestellung und Klinik.....	6
1.6. Therapie: Möglichkeiten	10
1.7. Fragestellung	11
2. Material und Methoden	12
2.1. Studiendesign	12
2.2. Patientenkollektiv.....	12
2.3. Standarddiagnostik.....	16
2.3.1. Präoperative Diagnostik.....	16
2.3.2. Datenerhebung.....	17
2.4. Datenverarbeitung	19
2.5. Statistische Auswertung	20
2.6. Therapie.....	20
2.6.1. Präoperative Planung und Indikationsstellung bezüglich des Prothesentyps	20
2.6.2. Position und Narkose.....	21
2.6.3. Operatives Vorgehen	22
2.6.4. Nachbehandlung	25
2.7. Mögliche Komplikationen.....	26
2.8. Prothesentypen	27
2.8.1. Hemiprothese.....	27
2.8.2. Anatomische Totalendoprothese	28
2.8.3. Oberflächenersatz	29

2.8.4.	Inverse Totalendoprothese.....	30
3.	Ergebnisse.....	31
3.1.	Ergebnisse des Gesamtkollektivs.....	31
3.1.1.	Constant Score, alters- und geschlechtsadaptierter Constant Score.....	31
3.1.2.	Untergruppen des Constant Score.....	33
3.1.3.	Beweglichkeit.....	34
3.1.4.	Subjektive Parameter.....	35
3.1.5.	Komplikationen und Revisionen.....	38
3.1.6.	Röntgenkontrolle.....	39
3.1.7.	Zufriedenheit.....	40
3.2.	Ergebnisse nach einzelnen Diagnosen.....	41
3.2.1.	Vergleich der einzelnen Diagnosen: post- vs. atraumatische Humeruskopfnekrose.....	41
3.2.2.	Posttraumatische Humeruskopfnekrose.....	42
3.2.3.	Atraumatische Humeruskopfnekrose.....	43
3.3.	Nach Nekrotestadien.....	44
3.3.1.	Vergleich der einzelnen Nekrotestadien.....	44
3.3.2.	Nekrosegrad 3.....	45
3.3.3.	Nekrosegrad 4.....	46
3.3.4.	Nekrosegrad 5.....	47
3.4.	Nach Funktion der Rotatorenmanschette.....	47
3.4.1.	Vergleich der verschiedenen Funktionsgrade der RM.....	48
3.4.2.	Intakte Rotatorenmanschette.....	50
3.4.3.	Intakte Funktion bei Schäden der Rotatorenmanschette.....	50
3.4.4.	Insuffiziente Rotatorenmanschette.....	51
3.5.	Nach Prothesenversorgung.....	52
3.5.1.	Vergleich der Ergebnisse nach Prothesenart.....	52
3.5.2.	Im prä- vs. postoperativen Vergleich.....	53
3.6.	Nach Alter.....	56
4.	Diskussion.....	57
4.1.	Einführung.....	57
4.2.	Ergebnisse der Schulterendoprothetik bei avaskulärer Humeruskopfnekrose.....	57
4.3.	Subjektive Zufriedenheit.....	63

4.4.	Komplikationen.....	64
4.5.	Alternativen.....	65
4.6.	Limitierung dieser Studie.....	68
5.Zusammenfassung.....	69
6.Literaturverzeichnis.....	72
	Anhang (Danksagung und Lebenslauf).....	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: AHN Stadium 3 (p.a.)	9
Abbildung 2: AHN Stadium 4 (p.a.)	9
Abbildung 3: AHN Stadium 5 (p.a.)	9
Abbildung 4: AHN Stadium 4 (axial)	9
Abbildung 5: Constant Score und geschlechts- und altersadaptierter CS	32
Abbildung 6: Schmerz Abbildung 7: Aktivität.....	33
Abbildung 8: Mobilität Abbildung 9: Kraft.....	33
Abbildung 10: Anteversion (Gesamtkollektiv), Abbildung 11: Abduktion (Gesamtkollektiv)	34
Abbildung 12: Außenrotation (Gesamtkollektiv).....	35
Abbildung 13: Überkopfarbeiten präoperativ.....	35
Abbildung 14: Überkopfarbeiten postoperativ	36
Abbildung 15: Körperpflege präoperativ	36
Abbildung 16: Körperpflege postoperativ	37
Abbildung 17: Schlafqualität präoperativ.....	37
Abbildung 18: Schlafqualität postoperativ	38
Abbildung 19: Zufriedenheit beim Gesamtkollektiv.....	40
Abbildung 20: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (posttraumatische HKN)	42
Abbildung 21: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (atraumatische HKN).....	43
Abbildung 22: Constant Score nach Nekrorestadien	45
Abbildung 23: Constant Score gruppier nach präoperativen Zustand der RM/Deltamuskel	49
Abbildung 24: Constant Score und geschlechts- und altersadaptierter CS (nach Prothesenart).....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung nach Ficat (50)	7
Tabelle 2: ARCO-Klassifikation (41,51,22).....	8
Tabelle 3: Übersicht Patientenkollektiv	16
Tabelle 4: Wertung der Aktivität.....	18
Tabelle 5: Wertung der Mobilität	18
Tabelle 6: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (Gesamtkollektiv)	32
Tabelle 7: Untergruppen des CS (Gesamtkollektiv).....	34
Tabelle 8: Beweglichkeit (Gesamtkollektiv).....	34
Tabelle 9: präoperative Werte bei posttraumatischer AHN	42
Tabelle 10: postoperative Werte bei posttraumatischer AHN.....	43
Tabelle 11: präoperative Werte bei atraumatischer AHN	43
Tabelle 12: postoperative Werte bei atraumatischer AHN.....	44
Tabelle 13: Ergebnisse nach Nekrosegrad.....	45
Tabelle 14: präoperative Werte Nekrosegrad 3	46
Tabelle 15: postoperative Werte Nekrosegrad 3	46
Tabelle 16: präoperative Werte bei Nekrosegrad 4	46
Tabelle 17: postoperative Werte bei Nekrosegrad 4	47
Tabelle 18: präoperative Werte bei Nekrosegrad 5	47
Tabelle 19: postoperative Werte bei Nekrosegrad 5	47
Tabelle 20: postoperative Werte unterteilt nach präoperativem Zustand der Rotatorenmanschette	49
Tabelle 21: präoperative Werte bei intakter Rotatorenmanschette	50
Tabelle 22: postoperative Werte bei intakter Rotatorenmanschette	50
Tabelle 23: präoperative Werte bei nichtfunktionseinschränkenden Schäden der Rotatorenmanschette	50
Tabelle 24: postoperative Werte bei nichtfunktionseinschränkenden Schäden der Rotatorenmanschette	51
Tabelle 25: präoperative Werte bei Insuffizienz der Rotatorenmanschette	51

Tabelle 26: postoperative Werte bei Insuffizienz der Rotatorenmanschette	51
Tabelle 27: Ergebnisse nach Prothesenart	53
Tabelle 28: präoperative Werte bei Oberflächenersatz	53
Tabelle 29: postoperative Werte bei Oberflächenersatz	54
Tabelle 30: präoperative Werte bei Hemiprothese	54
Tabelle 31: postoperative Werte bei Hemiprothese	54
Tabelle 32: präoperative Werte bei TEP	55
Tabelle 33: postoperative Werte bei TEP	55
Tabelle 34: prä- und postoperative Werte bei inverser Prothese	55
Tabelle 35: postoperative Werte bei inverser Prothese	56

Abkürzungsverzeichnis

AHN	avaskuläre Humeruskopfnekrose
a.p.	anterior posterior
ARCO	Association Research Circulation Osseous
ARO	Außenrotation
CS	Constant Score
CT	Computertomographie
Flex.	Flexion, anteriore Elevation, Anteversion
HEP	Hemiprothese
HKN	Humeruskopfnekrose
IRO	Innenrotation
ISB	interskalenäre Plexusblockade
ISP	Musculus infraspinatus
L	links
LBS	lange Bizepssehne
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanztomographie
ON	Osteonekrose
OP	Operation
PCA	Patienten-kontrollierte-Analgesie
R	rechts
RM	Rotatorenmanschette
SSC	Musculus supscapularis
SSP	Musculus Supraspinatus
TEP	Totalendoprothese

1. Einleitung

1.1. Einführung

Die Osteonekrose ist eine seltene Erkrankung mit steigender Prävalenz. Die Zunahme dieser Erkrankung liegt in der zunehmenden Verbreitung der Kortisontherapie und einer immer älter werdenden Bevölkerung mit erhöhter Anfälligkeit für Knochenbrüche aufgrund osteoporotischer Knochen. Erstmals wurde diese Erkrankung 1794 von James Russel beschrieben. Seitdem wurden vor allem im letzten Jahrhundert einige klinische und experimentelle Studien zur Pathogenese und Therapie der Osteonekrose publiziert. In der Literatur werden die einzelnen Krankheitsbilder meist getrennt nach Lokalisation im Skelettsystem betrachtet. (14) Die meisten Studien beschäftigen sich mit der Femurkopfnekrose und können nur bedingt auf die Humeruskopfnekrose übertragen werden. Vereinzelt beschäftigen sich Publikationen speziell mit der Humeruskopfnekrose. (22) Für die Entstehung einer AHN werden verschiedene Ursachen postuliert. In Abhängigkeit der Ätiologie variieren die Präsenz der Symptome und letztendlich auch das klinische Therapieergebnis. (24) Die Hauptsymptome äußern sich in starken Schmerzen und einem hohem Maß an Bewegungseinschränkung. Häufig sind aktive Menschen im mittleren Alter betroffen, die durch die Erkrankung im hohen Maße in ihrem alltäglichen Leben beeinträchtigt werden. (49) Daher stellt sich das Ziel, diesen Patienten eine optimale Therapie anzubieten, um ihnen ein höchstmöglichstes Maß an Lebensqualität zu ermöglichen und die Reintegration in den privaten und beruflichen Alltag zu fördern. Eine gute Möglichkeit bietet der endoprothetische Gelenkersatz. Da Patienten mit einer AHN in der Regel jünger als mit einer primären Osteoarthritis sind, ist hier insbesondere ein gutes Langzeitergebnis wichtig. (16) In dieser Studie sollen Ergebnisse nach einem endoprothetischen Gelenkersatz bei AHN ausgewertet werden.

1.2. Anatomie und Biomechanik der Schulter

Das Schultergelenk, *Articulatio humeri*, gehört der funktionellen Einheit des Schultergürtels an. Zum Schultergürtel zählen außerdem das Sternoklavikular- und das Akromioklavikulargelenk sowie die skapulothorakale und subakromiale Gleitschicht.

Das Schultergelenk bildet sich aus dem Kopf des Humerus und der Cavitas glenoidale der Scapula als Gelenkpfanne. Dieses Kugelgelenk ist nicht exakt formschlüssig, die Gelenkpfanne ist im Verhältnis zum nicht ganz kugelförmigen Humeruskopf zu klein. Letzterer ist aber trotzdem großflächig mit Knorpel überzogen. Dies begünstigt die hohe Mobilität dieses Gelenkes, verringert aber auch die Stabilität. (15, 21, 38)

Die Gelenkkapsel entspringt am Labrum glenoidale und setzt am Collum anatomicum humeri an. Zusammen mit dem Labrum glenoidale bildet die Kapsel eine Erweiterung der Gelenkfläche, so dass ein größerer Bewegungsraum ermöglicht wird. Hierfür ist die Gelenkkapsel sehr weit. Je nach Position bildet sie eine Reservefalte. (21, 38)

Ein schwacher Bandapparat dient zur Unterstützung des Gelenks. Er setzt sich aus den Ligamenta coracohumerale, coracoglenoidale, coracoacrominale und den Ligamenta glenohumeralia zusammen.

Eine ebenfalls stützende Funktion hat die direkt der Gelenkkapsel anliegende Rotatorenmanschette. Zur Rotatorenmanschette gehören die Musculi supraspinatus, infraspinatus, teres minor und subscapularis. (38) Sie schützen den Humeruskopf vor einer Luxation nach oben und verhindern so den Kontakt mit dem coracoacrominalen Bogen. (50)

Das Schultergelenk hat drei Hauptachsen mit sechs Bewegungsrichtungen: Anteversion, Retroversion, $180^\circ - 0^\circ - 40^\circ$; Abduktion, Adduktion, $180^\circ - 0^\circ - 40^\circ$; Innenrotation und Außenrotation, $90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$. Die Bewegungsmaße sind skapulohumeral angegeben. (38)

Diese hohe Beweglichkeit verdankt das Schultergelenk dem Funktionsprinzip des Schultergürtels. Glenohumeral gemessen ist der Bewegungsumfang geringer. Hinzu kommt, dass das Glenohumeralgelenk ein kraft- und kein formschlüssiges Gelenk ist. Es wird also nicht durch Formgebung eingeschränkt. Die Kraftschlüssigkeit geht aus der Muskelkraft der Musculi deltoideus, infraspinatus und subscapularis hervor. (13, 21) Biomechanisch gesehen ist Stabilität immer dann gegeben, wenn der Vektor der Kraft durch die Pfanne zielt. Die Stabilität des Glenohumeralgelenks wird durch aktive Stabilisatoren, den Muskeln, und die passiven bzw. statischen Stabilisatoren gestellt. Dies leisten die Musculi deltoideus, infraspinatus und subscapularis.

Die Rotatorenmanschette wirkt mittels ihrer Kompressionskräfte direkt und durch ihre Eigenspannung indirekt zentralisierend auf das Gelenk. Zudem wirkt sie dezentrieren-

den Scherkräften entgegen, als Depressor des Humeruskopfes, und erhöht die Vorspannung der Gelenkkapsel.

Als statische Faktoren gelten das Schulterdach, der Humeruskopf, das Glenoid mit dem Labrum glenoidale und die Gelenkkapsel mit ligamentärer Verstärkung. Sie limitieren den Bewegungsumfang und verhindern eine Verschieblichkeit.

Des Weiteren wird das Gelenk durch den negativen intraartikulären Druck und die Adhäsions- und Kohäsionskräfte der Gelenkkörper, die mit Synovialflüssigkeit verbunden sind, gehalten. (21)

Der Humerus wird über die Arteriae circumflexae humeri anterior und posterior versorgt. Diese stammen beide aus der Arteria axillaris und bilden ein weites Anastomosenetz. Die Arteria circumflexa anterior übernimmt dabei den Hauptzufluss. Sie tritt am Übergang von der großen Tuberkulum in den Sulcus intertubercularis in den Knochen ein. Ab da wird diese Arteria arcuata genannt. (21)

1.3. Ätiopathologie

Die Osteonekrose wird als Zelltod des Knochengewebes infolge von Ischämie definiert. (11) Die häufigste Lokalisation ist der Femurkopf, der Humeruskopf ist seltener betroffen. Nach einer Studie von Cruess kommt er wahrscheinlich an zweiter Stelle. (13, 42, 23) Die Inzidenz ist aufgrund des anfangs häufig asymptomatischen Verlaufs schwer zu bestimmen. (23)

Die avaskuläre Nekrose wird auch aseptisch genannt, um diese Erkrankung von nekrotischen Verläufen im Rahmen von Osteomyelitiden abzugrenzen. (14) Nach ihrer Genese kann man die aseptische Humeruskopfnekrose in post- und atraumatische Hergänge unterteilen, oder nach Cruess in traumatisch (makrovaskulär) oder embolisch (mikrovaskulär). (9, 13, 23)

Die häufigsten posttraumatischen Osteonekrose befinden sich am Humerus- und Femurkopf, am Talus und am Os naviculare und Os lunatum. (14) Die atraumatische Osteonekrose befindet sich am häufigsten am Femur, gefolgt vom Talus und Os lunatum. (14, 45)

Außerdem gibt es noch eine iatrogene Genese, bei der infolge von intraoperativen Verletzungen die Blutversorgung unterbrochen wird. (14)

Ursache für die posttraumatische Humeruskopfnekrose ist die Gefäßruptur oder Gefäßkompression/Blutstase (makrovaskulär), wodurch eine Unterversorgung des betroffenen Knochenareals resultiert. Besonders prädisponierend für die posttraumatische Humeruskopfnekrose sind Frakturen im Bereich Collum anatomicum durch Verletzung der Arteria arcuata. (14) Die höchste Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Osteonekrose haben Vier-Segment-Frakturen. Wobei allgemein das Risiko mit steigender Anzahl der dislozierten Fragmente und dem Grad der Dislokation steigt. (6, 9, 15, 18, 30)

Früher wurden alle atraumatischen Nekrosen übergreifend idiopathisch genannt. Da aber mittlerweile in den meisten Fällen die ätiologischen Faktoren nachweisbar sind, wendet man sich von dieser Bezeichnung ab. (23) Dennoch scheint es, dass die Pathogenese die sogenannte idiopathische Gruppe eint. (13) Für die non-traumatischen Osteonekrosen gibt es verschiedene Ursachen: Als erstes ist hier die Kortisontherapie zu nennen, zum Beispiel im Rahmen einer Radio- und/oder Chemotherapie bei Tumorpatienten, einer chronisch entzündlichen Darmerkrankung oder einer Autoimmunerkrankung. In dem Sinne ist auch der Morbus Cushing ein Risikofaktor. Weitere Ursachen sind Alkoholabusus, Sichelzellanämie, Morbus Gaucher, Radiotherapie, Vaskulitis wie zum Beispiel bei Lupus erythematoses, Schwangerschaft, Störungen der Blutgerinnung wie das Antiphospholipidsyndrom, Protein-C- und -S-Defizienz, Hyperkoagulabilität, anaphylaktische Reaktionen, maligne Erkrankungen, diverse Virusinfektionen wie zum Beispiel HIV und Hepatitis (hier ist wahrscheinlich die medikamentöse Therapie für die AHN verantwortlich) und neurologische Pathologien. Auch im Rahmen der Caisson-Krankheit bei Tauchern sowie bei Menschen, die beruflich aus anderen Gründen hohen Luftdrücken ausgesetzt sind, kann es zur Osteonekrose kommen und gilt hier als Berufserkrankung. Pathogenetisch kommt es hier zu Gasembolien infolge eines rapiden Abfalls des umgebenden Drucks. (22)

Abgesehen davon, treten noch idiopathische Fälle auf. (1, 13, 41, 29, 24, 46, 23, 52) Des Weiteren kann die AHN mit Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes und Hyperurikämie assoziiert sein, welche in Verlauf mit Gefäßveränderungen einhergehen. (30) Es ist zu vermuten, dass es sich bei der Entwicklung der Osteonekrose um eine multifaktorielle Genese handelt. (11)

Die beiden häufigsten Ursachen sind Traumata und Kortisontherapie. (24, 32, 22) Patienten mit einer Kortisontherapie haben meist noch an anderen Lokalisationen auftretende Osteonekrosen, vor allem an der Hüfte. Aber nur 20% mit einer Hüftkopfnekrose haben eine Humeruskopfnekrose. Außerdem entwickeln Patienten mit einer steroidinduzierten Osteonekrose oft eine bilaterale AHN. (23)

1.4. Pathogenese der Osteonekrose

Zu einer Osteonekrose kommt es sowohl bei den post- sowie bei den atraumatischen Fällen durch eine temporäre oder permanente ungenügende Deckung des metabolischen Bedarfs der Osteozyten infolge einer lokalen Ischämie (30, 41, 17, 46, 23, 16). Diese Ischämie kann durch Unterbrechung arteriellen Zu- oder des venösen Abflusses bedingt sein. (22) Im Falle der Caisson-Krankheit können Stickstoffbläschen das Gefäß verschließen, ein anderes Beispiel ist der Gefäßverschluss durch sichelförmig deformierte Erythrozyten bei der Sichelzellanämie. (46) Außerdem kann es vorkommen, dass der Blutfluss im Bereich der Kapillaren gestört ist. Dies kann durch eine intraluminale Obstruktion oder eine Komprimierung durch das umgebende Knochenmark geschehen. (46, 49) Von der Nekrose sind sowohl die Substantia compacta und Substantia spongiosa betroffen. (49) Die Pathogenese der AHN entspricht weitestgehend der Femurkopfnekrose. (13) Daher wird im Folgenden auch Wissen über die Pathologie dieser Erkrankung herangezogen. Infolgedessen, dass das betroffene Knochenareal von der Blutversorgung abgeschnitten ist, kommt es zu einem Abbruch des normalen Knochenumbaus. (8)

Zu der Minderversorgung kann es auf verschiedene Wege kommen:

Steroide führen zu einer Größenzunahme der intrazellulären Liposome. Die Adipozytenproliferation und Größe der Fettzellen steigt mit Konzentration und Dauer der Steroidgabe. Es entsteht mehr Fettgewebe im Knochenmark und eine Abnahme der trabekulären Knochen. (56) Die Lipozytenhypertrophie führt hier zu einem erhöhten Druck im Knochenmark und durch Kompression der kleinen Gefäße wird der Blutfluss reduziert. Des Weiteren kann es infolge der Steroide auch vermehrt zu Fettembolien kommen, die den Blutzufluss stören. Bei der Nekrose bei Alkoholabusus sind die Ursachen ähnlich wie bei steroidinduzierter ON. Auch hier kommt es zu Fettembolien. Andere Ursachen können andere Arten der Embolie und vaskuläre Inflammation und Spasmen sein.

Aufgrund der Häufigkeiten wird hier jedoch hauptsächlich auf die Pathogenese bei post-traumatischer und steroidinduzierter Humeruskopfnekrose eingegangen. (22)

Die Pathogenese einer Osteonekrose kann in sechs Stadien eingeteilt werden:

1. Sinusoidaler Verschluss und venöser Blutstau
2. Marknekrose und Absterben der Osteozyten
3. Knochennekrose und Osteoblastenreaktion
4. Früher Knochenreparaturvorgang und Verlust der Knochendichte
5. Später Knochenreparaturvorgang und Formverlust
6. Subchondrale Fragmentbildung und atrikulärer Defekt (41)

Die ersten Läsionen sind mehrere osteolytische Defekte. Diese neigen dazu sich zu verbinden, da es infolge des Absterbens der Osteozyten zu einer Resorption des nekrotischen Materials kommt. Auf Grund der knocheneigenen Kapazitäten zur Selbstheilung wachsen aus dem unterliegenden gesunden Gewebe neue Blutgefäße und Osteoklasten ein, so dass neues Gewebe aufgebaut werden kann. (13, 41, 11, 22)

Durch den Resorptions- und Umbauprozess entsteht jedoch eine gewisse Vulnerabilität, die den Knochen anfällig für Deformierung und Frakturen macht. (41) Im Verlauf kommt es zu einem Kollaps der Gelenkoberfläche. Es entwickelt sich hierbei das typische Crescent sign: eine freie Höhle zwischen gesundem Knorpel und dem subchondralen nekrotischen Knochen und Fragmentbildung. So entsteht eine Inkongruenz des Gelenkes, infolgedessen auch das Glenoid Schaden tragen kann. (13, 41)

Unbehandelt führt dies zu einer sekundären Omarthrose, mit dauerhaften Schmerzen und Bewegungseinschränkung aufgrund der sekundären Knorpelschädigung und Inkongruenz der Gelenkkörper. (12, 13)

1.5. Diagnosestellung und Klinik

Die Diagnose wird anhand der Vorgeschichte, der klinischen Untersuchung und bildgebenden Verfahren wie Röntgen, Magnetresonanztomographie und Szintigraphie gestellt. (17, 23, 22) Mit dem Röntgen kann ein grundsätzliches Urteil über Mineralisierung,

Degeneration und Weichteilreaktion gefällt werden. Die Computertomographie ermöglicht Aussagen über Ausmaß und Lokalisation, MRT und Szintigraphie liefern derweil bereits im Frühstadium wichtige Informationen zur Bestimmung der Vitalität. (14) Die MRT-Bildgebung erlaubt eine frühe Diagnosestellung und dient der Verlaufskontrolle. Hiermit werden Knochenmarksödeme, Nekrosen und auch später auftretende Ereignisse wie Läsionen der Gelenkfläche, Synovialitis, freie Gelenkkörper und Bandläsionen dargestellt. Des Weiteren wird durch Ficat eine funktionelle Untersuchung des Knochens beschrieben: Diese beinhaltet die Messung des intramedullären Drucks und der Sauerstoffsättigung einer Blutprobe aus dem Knochen, eine intramedulläre Venographie und eine Biopsie, die anschließend histologisch untersucht wird. (17) Dieses aufwendige Verfahren wird jedoch heutzutage kaum angewendet.

Die Standardeinteilung nach Schweregrad der Osteonekrose erfolgt nach dem Ficat-Score, welcher zunächst für die avaskuläre Femurnekrose entwickelt wurde und sich an radiologischen Befunden orientiert.

Ficat	
0	unauffällig/normale Befunde
I	unauffällige Befunde oder kleine Veränderungen, geringfügige, ungleichmäßige Osteoporose, Verwischung des trabekulären Musters, schleichende Verminderung der Deutlichkeit
IIa	Diffuse, fokale radiologische Veränderungen (Osteoporose, Sklerose, Zysten)
IIb	Subchondrale Frakturen (crescent sign), Knochensequesterbildung
III	Konturverlust, Knochensequester, normaler Gelenkspalt
IV	abgeflachter Kopf, Gelenkspaltverlust, Pfannenarthrose

Tabelle 1: Einteilung nach Ficat (50)

Für die AHN liegt eine Modifizierung des Ficat-Scores vor, die ARCO-Klassifikation, welche weitere bildgebende Verfahren wie die MRT, CT, Szintigraphie zur Beurteilung heranzieht, so dass kleinere Schäden bereits früher erkannt werden können.

ARCO	
1	Im Anfangsstadium ist im Röntgenbild noch keine Nekrosezone nachweisbar. Knochenmarksveränderungen können nur durch die MRT und die CT aufgezeigt werden. Histopathologisch ist die Nekrose nachweisbar.
2	Dieses Stadium ist durch eine Knochensklerose gekennzeichnet, diese kann sich fokal oder diffus darstellen. Typischerweise befindet sich diese Läsion am superioren Part des Kopfes. Sie entsteht durch subchondrale Mikrofrakturen ohne einen Kollaps. Histologisch liegt hier ein Zelltod ohne signifikante Resorption und Heilungstendenzen vor. Zystenbildung, Osteopenie.
3	In diesem Stadium kommt es zum Kollaps, radiologisch stellt sich dies als das crescent sign dar. Obgleich voraussichtlich bereits eine gewisse Inkongruenz des Gelenkknorpels zu erwarten ist, wird die allgemeine Kugelgestalt des Humeruskopfes in diesem Stadium noch gehalten. Dies lässt sich am besten mit einer Röntgenaufnahme in Außenrotation demonstrieren.
4	Dieses Stadium ist durch einen fortgeschrittenen Kollaps des Humeruskopfes, mit der Entwicklung von freien Knochenteilen oder degenerativen Veränderungen oder beidem am Humeruskopf gekennzeichnet, während das Glenoid noch relativ verschont bleibt.
5	Ab diesem Stadium befinden sich auf beiden Seiten des Glenohumeralgelenks degenerative Veränderungen. Dies führt zu einer Inkongruenz des Gelenkes. Typische Befunde beinhalten eine Deformität des Humeruskopfes, Osteophytenbildung, zystische Veränderungen und Verlust des Gelenkspalts.

Tabelle 2: ARCO-Klassifikation (41,51,22)



Abbildung 1: AHN Stadium 3 (p.a.)



Abbildung 2: AHN Stadium 4 (p.a.)



Abbildung 3: AHN Stadium 5 (p.a.)



Abbildung 4: AHN Stadium 4 (axial)

Es gibt die Vermutung, dass einige AHN anfangs unbemerkt bleiben, weil es bei ihnen nur minimale oder einschleichende Symptome gibt und diese Patienten nicht routinemäßig an den Schultern geröntgt werden. (13, 8, 22) So schreibt auch Nixon über asymptomatische frühe Stadien bei Femurkopfnekrose. (41)

Dennoch führt die AHN häufig zu starken Schmerzen mit erheblichen Einschränkungen der aktiven Beweglichkeit. (13) Vor allem bei posttraumatischen Patienten ist der Schmerz stark ausgeprägt. Schmerz ist dabei meist das erste und charakteristische Symptom. (1, 8, 14, 46) Bewegungsschmerz ist der häufigste Leidpunkt, gefolgt von Schlafbeschwerden und Aktivitätsverlust infolge des Schmerzes. (12,13, 22)

Mechanische Symptome wie Bewegungsblock, Herausspringen oder schmerzhaftes Knacken können Anzeichen für freie osteochondrale Fragmente sein. Mit Fortschreiten

der Erkrankung treten immer stärkere Bewegungseinschränkungen und Schmerzen infolge von Gelenksinkongruenz auf. (12, 22, 47) Typischerweise vermeiden Patienten mit einer AHN Überkopfarbeiten um den Impingementschmerz bei Abduktion und Anteversion zu verhindern. (22) Die Größe und Lokalisation der Nekrose scheinen die Hauptfaktoren für ein Fortschreiten darzustellen. Typischerweise befinden sich große Läsionen eher lateral. Nebenkriterien für die Progression sind aber auch der Schmerz bei Diagnosestellung, das Fortbestehen von Risikofaktoren und ein Alter über 40 Jahren. (8, 22)

1.6. Therapie: Möglichkeiten

Die Therapieoptionen hängen von der Ätiologie, dem Alter des Patienten und dem Stadium der Nekrose ab. (14, 52) Neben der operativen Therapie gibt es auch konservative Möglichkeiten. Diese sollten aber den niedrigen Nekrosegraden vorbehalten bleiben. (7) Operativ gibt es je nach Stadium verschiedene Ansätze. Dazu zählen im Frühstadium das Anbohren des Nekroseareals und die Hohlraumfräsung. (14) Für das meist gute Ergebnis ist hier eine frühzeitige Intervention wichtig. (28)

Im Rahmen einer Arthroskopie kann eine Synovektomie, ein Debridement und Entfernung von Osteophyten und freier Gelenkkörperchen vorgenommen werden und der diagnostische Hintergrund dieses Eingriffs therapeutisch erweitert werden. (22)

Bei fortgeschrittener Destruktion wird eine Endoprothese eingesetzt oder als ultimo Ratio eine Arthrodesis vorgenommen. (14) Letzteres stellt jedoch eine Ausnahme bei jüngeren Patienten oder nach mehreren Prothesenwechseln dar. (7) Abgesehen von der relativ seltenen AHN, wird die Endoprothetik vor allem in traumatischen und degenerativen oder rheumatischen Fällen angewandt. (43)

Bei der endoprothetischen Versorgung stehen der Oberflächenersatz, die Hemiprothese sowie die Totalendoprothese und die inverse Schulterprothese zur Auswahl. Entscheidend bei der Wahl der Prothese sind das Ausmaß der Erkrankung, die betroffenen Gelenkteile, die Funktion der Rotatorenmanschette und das Alter des Patienten. Als Anhaltspunkte zur Beurteilung des Prothesenergebnisses dienen Schmerzreduktion, Schulterbeweglichkeit, aber auch die Häufigkeit von Komplikationen. (15) Die Schulterprothetik bietet eine gute Möglichkeit zur Schmerzreduzierung. Die Wiedererlangung des Bewegungsumfanges hängt u.a. von der Ätiologie und von der präoperativen Steifigkeit

ab. Je kürzer die präoperative Erkrankungsdauer, desto besser ist das postoperative Ergebnis: der Schmerz ist geringer und der Erhalt des Bewegungsumfanges ist höher. (45)

In der Literatur findet sich, dass Patienten mit einer AHN weniger von einer Endoprothese profitieren als solche mit einer primären Osteoarthritis. (32) Dies beruht jedoch wahrscheinlich auf einer Abhängigkeit der vorliegenden Stadien und der Ausgangssituation (Defekte des umgebenden Weichteilgewebes).

Die Schulterendoprothetik bei posttraumatischer Humeruskopfnekrose stellt für den Operateur auf Grund von Deformität, narbigen und kontrahiertem Weichteilgewebe und einer insuffizienten Rotatorenmanschette eine schwierige Situation dar. (20, 53, 16)

Weitere Faktoren, die die Prognose beeinflussen, sind der radiologisch nachweisbare Grad der Betroffenheit des Humeruskopfes und der Ausbreitung der Osteonekrose. (24)

Bei der posttraumatischen Humeruskopfnekrose kommt hinzu, dass Patienten mit einem Kollaps des Humeruskopfes und fehlverheilten Fraktur schlechtere Ergebnisse erzielen, während bei vorher anatomisch oder annähernd anatomisch verheilten Frakturen die Patienten gute Chancen auf ein gutes funktionelles Ergebnis haben, und zwar unabhängig vom Nekrosegrad. (20, 53)

Vermutlich haben die Prothesen bei älteren Patienten eine längere Überlebensdauer als bei jungen aktiven Patienten. Auf das Schultergelenk älterer Menschen wirken weniger Kräfte als bei Jüngeren. Deshalb arbeitet sich zum Beispiel die Glenoidkomponente einer TEP bei jüngeren Patienten viel schneller in den Knochen ein. Dies bedingt bei jüngeren Patienten frühzeitige Revisionen sowie einen höheren Knochensubstanzverlust. (32)

1.7. Fragestellung

Ziel dieser Studie war es, die klinischen und radiologischen Ergebnisse bei Patienten mit endoprothetischer Versorgung bei avaskulärer Humeruskopfnekrose zu erfassen. Hierbei wurde auch auf den Einfluss der Ätiopathologie und des gewählten Prothesentyp geachtet.

Abschließend wurden die Ergebnisse mit denen in der Literatur verglichen und mögliche Unterschiede diskutiert.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

In diese Studie wurden 37 Patienten eingeschlossen. Es handelt sich um eine offene, retrospektive, monozentrische Studie. Hierfür wurden die im Rahmen der klinikinternen Qualitätskontrolle erhobenen klinischen und radiologischen Daten analysiert. Das Einschlusskriterium für diese Studie war eine endoprothetische Versorgung bei avaskulärer Nekrose des Humeruskopfes. Dabei wurden Patienten aller Ätiologien eingeschlossen, die im Zeitraum von Dezember 1996 bis Februar 2008 eine Schulterendoprothese erhalten hatten. Alle Eingriffe wurden von demselben Operateur vorgenommen. Drei der Patienten hatten eine bilaterale Humeruskopfnekrose und wurden an beiden Schultern operiert, so dass es sich in dieser Studie um 40 betroffene Schultergelenke handelte. Die Patienten wurden ausführlich über die Studie aufgeklärt und um ihre Einwilligung gebeten. Das einzige Ausschlusskriterium war ihre Ablehnung zur Teilnahme an der Studie. Ursprünglich standen 53 Patienten mit 57 betroffenen Schultern zur Verfügung. Bei den nicht erfassten 16 Patienten/ 17 Schultern war eine Frau nach Ungarn verzogen, ihre Kontaktadresse lag nicht vor, ein Patient war verstorben und 17 Patienten reagierten nicht auf das Anschreiben oder ihnen war der Anfahrtsweg zu weit.

2.2. Patientenkollektiv

Im Rahmen dieser Studie wurden bei 37 Patienten 40 Schultern nachuntersucht. Davon waren 25 Frauen (67,6%) und 12 Männer (32,4%). Bei allen Patienten handelte es sich um eine endoprothetische Versorgung der Schulter bei vorliegender avaskulärer Humeruskopfnekrose. Die Nachuntersuchungen erfolgten im Mittel 50,9 Monate (8 - 141 Monate) nach Schulterendoprothesenimplantation.

Die Altersspanne zum Operationszeitpunkt betrug 24 bis 78 Jahre, im Mittel waren es 54,4 Jahre. Beim Alter sind zwei Gipfel zu erkennen, einmal bei etwa 39 Jahren und einmal bei etwa 65 Jahren. Bei einem von uns gesetzten cut-off von 55 Jahren, lagen 14 Patienten unter der Altersgrenze (17 betroffene Schultern) und 23 Patienten waren älter als 55 Jahre (23 betroffene Schultern).

Die linke und rechte Schulter waren gleich häufig betroffen, je 20mal. Bei 19 Schultergelenken handelte es sich um die dominante Seite (47,5%) und 21mal war die nicht-dominante Seite betroffen (52,5%).

23 Schultern waren bereits an der Schulter voroperiert. Davon waren 20 zuvor bei einer proximalen Humerusfraktur mit einer Osteosynthese versorgt worden. Das heißt, dass bei drei Schultern mit posttraumatischer AHN die stattgehabte Humeruskopffraktur konservativ behandelt worden war.

Eine Patientin mit einer Osteosynthese in der Vorgeschichte hatte zwei Monate vor Implantation der Prothese einen Vancomycin-Refobacin-Spacer eingesetzt bekommen, da bei ihr der Verdacht auf einen artikulären Infekt vorlag.

Zwei Patienten waren nach Frakturen an der Skapula voroperiert, davon hatte einer eine offene Glenoidrekonstruktion und der andere eine Akromioplastik erhalten. Bei einer weiteren Patientin mit einer atypischen Humeruskopfnekrose wurde zuvor eine diagnostische Arthroskopie vorgenommen.

23mal lag eine posttraumatische Humeruskopfnekrose vor und 17mal lag eine atraumatische Nekrose vor. Davon waren zehn AHN steroidinduziert.

Sieben Patienten (zehn Schultern) mit atraumatischer Humeruskopfnekrose hatten zuvor eine hochdosierte Steroidtherapie und zum Teil zusätzlich eine Chemotherapie erhalten. Ein Patient mit zwei erkrankten Schultern hatte als Grunderkrankung einen Lupus erythematodes. Eine Patientin mit einer erkrankten Schulter erhielt die Steroide zur Therapie bei Polymyalgia rheumatica, eine andere Patientin, bei der ebenfalls nur eine Schulter betroffen war hatte einen Morbus Crohn. Insgesamt vier Patienten wurden im Rahmen einer Tumorthherapie mit Steroiden behandelt. Dabei war die Kortisontherapie zur Begleitung von einer Radiatio, einer Chemotherapie oder als Substitution angesetzt worden. Bei den Tumoren handelte es sich bei zwei Patienten (drei Schultern) um ein malignes Lymphom, bei einer Patientin (eine Schulter) um ein Mammakarzinom mit Z.n. Axilladissektion und bei einem Patient mit zwei betroffenen Schultern um ein Germinom in der Pinealisregion.

Zwei Patienten (zwei Schultern) entwickelten eine atraumatische Humeruskopfnekrose bei einer sekundären Omarthrose nach einer vorhergegangen und operativ versorgten Fraktur der Skapula. Dabei handelte es sich einmal um das Glenoid und einmal das Akromion.

Bei einer Patientin entwickelte sich die Läsion wahrscheinlich aufgrund einer neuropathischen Ursache. Bei ihr lag als einzig auszumachende Ursache eine zervikale Spinalkanalstenose vor. Bei vier Patienten blieb die Genese der AHN unklar.

Zum Operationszeitpunkt lagen bei unseren Patienten unterschiedliche Krankheitsstadien vor. Wir teilten den jeweiligen Nekrosegrad anhand der ARCO-Klassifikation ein.

Demnach lag bei 3 betroffenen Schultern das Stadium 3 vor, 28 Schultern befanden sich in einem Stadium 4 und 9 im Stadium 5.

Bei der Gruppe mit dem Nekrotestadium 3 handelte es sich jeweils um eine atraumatische Genese. Hier wurden zweimal ein Oberflächenersatz und einmal eine Hemiprothese eingesetzt.

Betroffene Schultern im Stadium 4 hatten 18mal eine posttraumatische und 10mal eine atraumatische AHN. Dabei kam dreimal der Oberflächenersatz zum Einsatz, dies bei jüngeren Patienten mit 32, 38 und 52 Jahren. 17mal wurde eine Hemiprothese implantiert, viermal eine inverse Prothese und viermal eine TEP.

Beim Nekrotestadium 5 war die Ursache 7mal posttraumatisch und zweimal atraumatisch bedingt. Hier wurde zweimal eine Hemiprothese implantiert, dreimal eine inverse Prothese und viermal eine TEP.

Die RM wurde zum Operationszeitpunkt bei 30 Schultern mit intakter Funktion und bei 10 Schultern mit insuffizienter Funktion angegeben. Bei den 30 Schultern mit intakter Funktion war die RM bei 12 Schultern morphologisch ebenfalls intakt. Bei 18 Schultern lagen leichte Weichteilschäden vor, wobei teils neben der RM auch der Deltamuskel betroffen war, die Funktion blieb hier jedoch erhalten.

Die Mehrheit der RM-Insuffizienzen lag bei Patienten mit einer AHN posttraumatischer Genese (8 Schultern) vor. Bei den 2 von einer RM-Insuffizienz betroffenen atraumatischen AHN handelte es sich einmal um die Patientin mit der Polymyalgia rheumatica und einmal um die Patientin mit neuropathischer Arthropathie.

Bei den Patienten mit einer RM-Insuffizienz waren 2 zu jung für eine inverse Prothese und erhielten daher eine Hemiprothese. Bei einer weiteren Schulter wurde aufgrund der anatomischen Enge ebenfalls auf eine inverse Prothese verzichtet. Die restlichen Patienten mit einer RM-Insuffizienz wurden mit einer inversen Totalendoprothese versorgt.

Insgesamt wurden 20 Hemiprothesen (50%), acht Totalendoprothesen (20%), sieben inverse Prothesen nach Grammont (17,5%) und fünf Kappen (12,5%) eingesetzt.

Nr.	Geschlecht w=weiblich m=männlich	Seite	Diagnose	Prothesentyp	Nekro- segrad	Morphologische Schäden der Gleit- schicht
1	w	R	posttraumatisch	Hemiprothese	4	beginnende RM- Atrophie
2	m	L	atraumatisch	Oberflächenersatz	4	-
3	m	R	atraumatisch	Oberflächenersatz	4	-
4	w	R	posttraumatisch	inverse Prothese	5	komplette Insuffizi- enz, bei ausgeprägter Vernarbung
5	w	R	posttraumatisch	TEP	4	-
6	w	R	posttraumatisch	Hemiprothese	4	SSP-Ruptur
7	m	R	atraumatisch	Hemiprothese	4	Verwachsungen des Deltamuskel, Axilla- risparese
8	w	R	atraumatisch	Oberflächenersatz	3	-
9	w	R	posttraumatisch	Hemiprothese	4	massive Verwachsun- gen und RM-Defekte, Axillarisparese
10	m	L	atraumatisch	Oberflächenersatz	3	-
11	m	L	posttraumatisch	Hemiprothese	5	SSP-Atrophie, Ver- wachsungen der RM, des Deltamuskels und des SSC
12	w	R	atraumatisch	inverse Prothese	4	massiver RM-Defekt, komplette Ruptur SSP/ISP/SSC, Neuro- pathie
13	w	L	posttraumatisch	TEP	4	SSP-Ruptur
14	m	L	posttraumatisch	Hemiprothese	5	RM-Atrophie
15	w	L	posttraumatisch	Hemiprothese	4	RM-Atrophie
16	m	L	posttraumatisch	Hemiprothese	5	RM-Atrophie
17	m	L	posttraumatisch	inverse Prothese	4	fettige Atrophie
18	w	R	atraumatisch	TEP	4	SSP-Ruptur
19	w	L	posttraumatisch	inverse Prothese	5	Ausgeprägte Atrophie

						der RM, Verwachsungen am SSP
20	w	R	atraumatisch	Hemiprothese	4	-
21	w	R	posttraumatisch	Hemiprothese	4	Ausgeprägte Verwachsungen der RM
22	w	L	posttraumatisch	Hemiprothese	3	RM-Atrophie
23	w	R	atraumatisch	Oberflächenersatz	3	-
24	w	R	atraumatisch	inverse Prothese	3	RM-Ruptur, v.a. SSP
25	w	R	atraumatisch	TEP	4	-
26	w	L	atraumatisch	TEP	4	RM-Atrophie
27	m	L	atraumatisch	Hemiprothese	4	-
28	m	R	atraumatisch	Hemiprothese	4	-
29	m	L	atraumatisch	TEP	5	RM-Atrophie
30	m	L	posttraumatisch	Hemiprothese,	4	RM-Atrophie
31	w	L	posttraumatisch	Hemiprothese	5	fettige Infiltration von RM+SSC+Delta
32	w	R	posttraumatisch	TEP	4	Atrophie
33	w	R	posttraumatisch	Hemiprothese	4	Deltamuskelatrophie
34	w	L	posttraumatisch	TEP	5	RM-Atrophie
35	w	R	posttraumatisch	inverse Prothese	4	fettige Infiltration von RM+Deltamuskel
36	m	L	posttraumatisch	Hemiprothese	4	SSP-Atrophie
37	w	L	posttraumatisch	inverse Prothese	5	RM-Fibrose, Deltamuskelatrophie mit fettiger Infiltration
38	w	L	posttraumatisch	Hemiprothese	4	Atrophie der post.-superioren RM
39	m	L	atraumatisch	Hemiprothese	4	-
40	m	R	atraumatisch	Hemiprothese	4	-

Tabelle 3: Übersicht Patientenkollektiv

2.3. Standarddiagnostik

2.3.1. Präoperative Diagnostik

Präoperativ wurde die Diagnose AHN zunächst durch Röntgenbilder (in drei Ebenen) und ggf. weitere Bildgebung, wie die Computertomographie, Magnetresonanztomographie und Szintigraphie, gesichert. Zusätzlich wurde der Zustand der Rotatorenmanschet-

te klinisch und durch Sonographie ermittelt. Bei einer Patientin erfolgte außerdem eine diagnostische Arthroskopie.

2.3.2. Datenerhebung

Die Daten wurde mit Hilfe des SHOULDER ARTHROPLASTY–CASE REPORT FORM-Bogen erhoben um den Constant Score auszuwerten. Dies ist ein spezieller und häufig angewendeter Score für die Schulterfunktion, der 1987 veröffentlicht wurde und eine reproduzierbare Einstufung des Schulterzustands ermöglichen soll. (10, 34) Der Constant Score setzt sich aus vier Untergruppen zusammen: Schmerz, Aktivität, Mobilität und Kraft. Die Parameter Schmerz und Aktivität werden subjektiv vom Patienten eingeschätzt, während die Beweglichkeit und die Kraft objektiv vom Untersucher gemessen werden. Dabei macht der subjektive Anteil 35% und der objektive Anteil 65% aus. Insgesamt kann bei einer uneingeschränkten Schulterfunktion ein Constant Score von maximal 100 Punkten erreicht werden. Der Schmerz wurde subjektiv mit Hilfe einer visuellen Schmerzskala gemessen, wobei der Patient einen Wert zwischen 0 (keine Schmerzen) und 10 (extreme Schmerzen) wählen konnte. Diese Werte wurden danach auf die Schmerzskala des Constant Score umgerechnet: 0 (starke Schmerzen) bis 15 (keine oder klimatisch bedingte Schmerzen). Um die Aktivität beurteilen zu können, wurde der Patient nach dem subjektiven Grad der Einschränkungen im Arbeitsalltag (0-4 Punkte), in der Freizeit (0-4 Punkte), beim Schlafen (0-2 Punkte) und nach der Körperhöhe bei der er den Arm noch sinnvoll einsetzen kann (0-10 Punkte) befragt.

Aktivität (max. 20 Punkte)

Einschränkung der täglichen oder professionellen Arbeitsfähigkeit

keine 4 Punkte, starke Einschränkung 0 Punkte

Einschränkung beim Sport oder in der Freizeit

keine 4 Punkte, starke Einschränkung 0 Punkte

Beeinträchtigung des Schlafes

keine 2 Punkte, starke Beeinträchtigung 0 Punkte

Auf den Körper bezogene Einsetzbarkeit des Armes

Über Kopf 10 Punkte

Scheitel 8 Punkte

Nacken 6 Punkte

Xiphoid	4 Punkte
Gürtelhöhe	2 Punkte

Tabelle 4: Wertung der Aktivität

Die aktive Beweglichkeit wurde objektiv vom Untersucher bestimmt. Wobei die Anteversion und die Abduktion mit Hilfe eines Winkelmessers bestimmt wurde, während die kombinierte Außen- und Innenrotation in Bezug auf die jeweils erreichbare Körperstelle bewertet wurde (jeweils 0-10 Punkte).

Mobilität (max. 40 Punkte)

Flexion

0-30°	0 Punkte
31-60°	2 Punkte
61-90°	4 Punkte
91-120°	6 Punkte
121-150°	8 Punkte
151-180°	10 Punkte

Abduktion

0-30°	0 Punkte
31-60°	2 Punkte
61-90°	4 Punkte
91-120°	6 Punkte
121-150°	8 Punkte
151-180°	10 Punkte

Außenrotation

Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach vorne	2 Punkte
Hand am Hinterkopf, Ellenbogen nach hinten	4 Punkte
Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach vorne	6 Punkte
Hand auf dem Scheitel, Ellenbogen nach hinten	8 Punkte
vollständige Elevation über den Kopf	10 Punkte

Innenrotation

Handrücken bis Gesäß	2 Punkte
Handrücken bis Os sacrum	4 Punkte
Handrücken bis L 3	6 Punkte
Handrücken bis TH 12	8 Punkte
Handrücken bis TH 7-8	10 Punkte

Tabelle 5: Wertung der Mobilität

Die Kraft des betroffenen Armes und des gesunden Armes wurde mit dem ISOBEX Muskelkraft-Analysegerät (Cursor-AG in Bern, Schweiz) in Pfund gemessen, wobei der Patient im Sitzen und bei 90° Abduktion und 30° Anteversion den Arm belasten musste.

Bei Nichtdurchführbarkeit dieser Armbewegung aufgrund mangelnder Beweglichkeit wurden für diese Messung definitionsgemäß 0 Punkte vergeben. Der höchste erreichbare Wert bei dieser Messung sind 25 Pfund, was 25 Punkten entspricht.

Der errechnete Constant Score wurde jeweils mit dem alters- und geschlechtsentsprechenden Durchschnittswert der gesunden Bevölkerung in Verhältnis gesetzt, um die Schulterfunktion besser beurteilen zu können.

Zur Beurteilung der Einschränkungen im Alltag wurden die Patienten zu bestimmten Situationen wie dem Überkopparbeiten, der Bewerkstelligung der eigenen Körperpflege und der Schlafqualität befragt. Dabei gab es als Antwortmöglichkeiten: normal, gut, schwierig, mit Hilfe und unmöglich.

Zur Erfassung der präoperativen Daten wurden die Krankenakten eingesehen und die Patienten zur Einschätzung der damaligen Situation gebeten.

Zum Zeitpunkt der Operation wurde die Ätiologie, der Zugangsweg, die Operationsmaßnahmen, die Art und Größe des Implantats, gegebenenfalls Komplikationen während des Eingriffs und das sich darstellende intraoperative Bild des Gelenkes und der umgebenden Weichteile protokolliert. Diese Daten wurden den vorliegenden Operationsberichten entnommen.

Alle präoperativen Daten wurden auch postoperativ aufgenommen. Zusätzlich wurde im postoperativen Verlauf auf Komplikationen und Revisionen geachtet.

Bei der Nachuntersuchung wurde neben der klinischen Untersuchung und Befragung des Patienten auch eine Röntgenaufnahme in zwei Ebenen angefertigt, um den Sitz der Prothese beurteilen zu können und eventuelle Lockerungszeichen wie Lysesäume oder periprothetische Ossifikationen und Erosionen am Glenoid zu erkennen.

2.4. Datenverarbeitung

Alle Daten wurden anonymisiert und anschließend mit Microsoft Excel und dem Statistik-Programm SPSS für Windows verwaltet und bearbeitet. Die Erstellung der Tabellen und Graphiken erfolgte mit Microsoft Word.

2.5. Statistische Auswertung

Der Constant Score wurde mit seinen Subgruppen prä- und postoperativ verglichen. Des Weiteren wurde der postoperative Constant Score abhängig von der Ätiologie und der Art der prothetischen Versorgung untersucht.

Metrische Daten: Für die metrischen Daten wie den Constant Score mit seinen Untergruppen, die Aktivität und die Bewegungsmaße wurden das jeweilige Minimum und Maximum, der Mittelwert und Standardabweichung bestimmt.

Nach Prüfung auf Normalverteilung mit dem Kolmogov-Smirnov-Test wurde beim Vergleich von prä- vs. postoperativ der parametrische Student-t-Test bzw. der nichtparametrische Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben angewandt. Beim Gruppenvergleich wurde nach Prüfung auf Streuungsgleichheit mittels des Levènetest der parametrische t-Test bzw. der nichtparametrische U-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Zur Darstellung der ermittelten Werte wurden der Boxplot oder Kreisdiagramme gewählt.

Varianz: Anhand der Varianz soll ermittelt werden, ob sich die Werte der metrischen Zufallsvariablen in den Gruppen unterscheiden.

Der Constant Score mit seinen Unterfaktoren, die Beweglichkeit und die Aktivität stellen die abhängigen Variablen dar. Die unabhängigen Variablen sind die Ätiologie, die Prothesenversorgung und das Alter. Diese Varianzanalyse ist einfaktoriell. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

2.6. Therapie

2.6.1. Präoperative Planung und Indikationsstellung bezüglich des Prothesentyps

Präoperativ wurde die Diagnose AHN zunächst durch Röntgenbilder (in 3 Ebenen) und ggf. weitere Bildgebung, vor allem dem MRT, gesichert. Zusätzlich wurde der Zustand der Rotatorenmanschette klinisch und durch Sonographie ermittelt.

Bei einer Patientin erfolgte zur weiteren Abklärung auch eine diagnostische Arthroskopie. Des Weiteren sollte präoperativ der neurologische Status mit Funktionsanalyse von allen drei Anteilen des Musculus deltoideus (Pars clavicularis, Pars acromialis, Pars spinalis) erfolgen.

Der Endoprothesentyp wurde anhand des Ausmaßes der Nekrose, Zustand des Glenoid, der Rotatorenmanschettenfunktion und dem Alter des Patienten gewählt. Die Bestim-

mung der Prothesengröße erfolgte anhand vorliegender a.p.-Röntgenbilder der betroffenen und der gegenüberliegenden Schulter. Hiermit wurde auch die Planungsskizze erstellt. Die Wahl des Prothesentyps wurde in Hinblick auf den Zustand der Knochen und der Weichteile des jeweiligen Schultergelenkes gefällt. Als allgemeine Indikation für eine endoprothetische Versorgung gelten das Ausmaß der Schmerzen und deren Nichtansprechen auf Analgetika. Das Funktionsdefizit ist zweitrangig. Infektionen des betroffenen Gelenks gelten als Kontraindikation. (15, 30) In bestimmten Fällen sprechen auch eine mangelnde Muskulatur und Nervenschäden gegen eine Endoprothese. (30)

In dieser Studie wurden vier verschiedene Typen angewendet: die Hemiprothese, der Oberflächenersatz nach Copeland, die anatomische und die inverser Totalendoprothese. Die Hemiprothesen werden eingesetzt, sofern nur der humerale Gelenkspart betroffen ist und das Glenoid keine Veränderungen aufweist. Die einzige Ausnahme ist, wenn das Glenoid so zerstört sein sollte, dass es unmöglich wäre eine Glenoidkomponente zu verankern. In dem Fall wird dann mangels Alternativen auch eine Hemiprothese eingesetzt. (30) Der Oberflächenersatz findet seine Indikation bei nur minimalen und begrenzten Läsionen am Gelenkknorpel des Humeruskopfes. Er wird vorwiegend bei jüngeren Patienten angewendet, da hier nur wenig Knochen entfernt werden muss und so eine Rückzugsmöglichkeit für spätere Revisionen besteht. (2)

Die Totalendoprothesen werden bei Destruktion beider Gelenkflächen angewendet, unter der Voraussetzung, dass der Knochen am Glenoid fest genug ist, um ein Implantat zu tragen. Die anatomischen Totalendoprothesen können jedoch nur bei einer gut funktionierenden Rotatorenmanschettenfunktion angewandt werden, damit eine ausreichende Stabilität gewährleistet ist. Außerdem würde hier das Bewegungsdefizit eine Erholung der Funktion verhindern. Die Implantation einer anatomischen TEP trotz einer insuffizienten Rotatorenmanschette hätte eine ungleichmäßige Belastung der Pfanne zur Folge, was wiederum zu einem Glenoidabbruch führen kann. Die inverse Prothese schafft durch eine Verlagerung des Drehmoments mehr Stabilität und wird deshalb bei Patienten mit einer insuffizienten Rotatorenmanschette eingebaut. (15)

2.6.2. Position und Narkose

Alle Eingriffe erfolgten in einer Intubationsnarkose, wobei sich die Patienten in halbsitzender Rückenlagerung, der sogenannten beach-chair-Position befanden.

2.6.3. Operatives Vorgehen

Es wird jeweils der Standardvorgang für die beschriebene endoprothetische Versorgung bei AHN erläutert. Bei einigen Fällen wurde der Eingriff um weitere Vorgänge erweitert. Zu diesen Vorgängen gehörten Lösungen von Adhäsionen, sowie eventuell auch noch das Abtragen von Osteophyten und Herauslösen einzelner nekrotischer Fragmente. Bei geschädigter Weichteilumgebung wurden zudem RM-Rekonstruktionen, Tenodesen des LBS, Transposition des M. latissimus dorsi und M. teres major, Transposition des M. pectoralis subcoracoid als Subscapularisersatz und Mobilisierung des SSC vorgenommen. Je nach Anatomie und Bewegungsraum wurde auch ein Release am Glenoid oder Humerus und ggf. Entfernung einliegender Osteosynthesematerials vorgenommen. Die erweiterten Eingriffe fanden vor allem bei den posttraumatischen Fällen statt.

Oberflächenersatz nach Copeland

Nach mehrmaliger Hautdesinfektion und sterilem Abdecken wird der Hautschnitt über dem Sulcus deltoideo pectoralis durchgeführt. Unter sorgfältiger Blutstillung wird scharf auf den Sulcus deltoideo pectoralis eingegangen. Durch stumpfes Spreizen und Einsetzen des Valven-Hakens wird die Vena cephalica, die nach lateral weggehalten wird, geschont. Überführung des Arms in Außenrotation und anschließendes Besetzen des Subscapularis mit Haltefäden und Ablösen vom Tuberculum minus bis zum Rotatorintervall und Tenodese der langen Bizepssehne. Nun werden die Arteria und Vena circumflexa humeri anterior aufgesucht und abgebunden. Dies alles geschieht unter Schonung des Nervus axillaris. Nach Außenrotation des Armes erfolgt die Inspektion des Befundes. Zerstörte Knorpelareale werden abgetragen. Anschließend wird die Breite abgemessen und eine Schablone aufgesetzt. Daraufhin raffelt der Operateur den Knorpel mit der Fräse bis zur gewünschten Größe ab und geht auf die Sklerosezone ein. Ggf. werden von Pridiebohrungen durchgeführt und gemahlener Knochen in kleinere Defekte eingebracht. Nun wird der Oberflächenersatz mit Press Fit eingeschlagen. Nach Reposition des Gelenkes wird die ventrale Kapselschale mit Subscapularis über vorgelegte Fibrewire Fäden refixiert. Abschließend wird ein schichtweiser Wundverschluss vorgenommen und eine Redondrainage eingelegt. Die Hautnaht erfolgt intrakutan verlaufend nach Halsted, daraufhin erfolgt der sterile Wundverband.

Hemiprothese

Nach mehrmaliger Hautdesinfektion und sterilem Abdecken wird der Hautschnitt über dem Sulcus deltoideo pectoralis vorgenommen. Unter sorgfältiger Blutstillung wird scharf auf den Sulcus eingegangen. Es erfolgt die Darstellung und Schonung der Vena cephalica unter Weghalten derselben nach lateral. Nach Tenodese der langen Bizepssehne wird die Subscapularissehne mit Haltefäden besetzt und vom Tuberculum minus abgelöst. Dann wird der Arm schrittweise in Außenrotation überführt und der Humeruskopf luxiert. Anschließend wird eine Resektion des Humeruskopfes im Winkel von 140° entsprechend der vorgegebenen Anatomie vorgenommen. Vor dem Einpassen der Probeprotese wird der Knochen schrittweise geraspelt und eine glatte Ansatzfläche erstellt.

Durch Abdrängen des Kopfes mit dem Fukudahebel wird das Glenoid dargestellt und überprüft. Im Anschluss wird die Originalprothese mit Refobacin Palacos-Zement in ca. 20° Retroversion implantiert. Nach dem Aushärten erfolgt die Reposition des Armes und wird die Subscapularissehne transossär refixiert. Zum Schluss wird die Wunde schichtweise verschlossen und eine Redondrainage eingelegt. Nach einer intrakutanen fortlaufenden Hautnaht nach Halsted wird der sterile Wundverband angelegt.

Anatomische Totalendoprothese

Nach mehrmaliger Hautdesinfektion und sterilem Abdecken wird der Hautschnitt über dem Sulcus deltoideo pectoralis durchgeführt. Unter sorgfältiger Blutstillung wird scharf auf den Sulcus deltoideo pectoralis eingegangen. Anschließend wird durch laterales Weghalten die Vena cephalica dargestellt und geschont. Nach Überführen des Armes in Außenrotation wird der Subscapularis mit Haltefäden besetzt und vom Tuberculum minus bis zum Rotatorenintervall abgelöst und eine Tenodese der langen Bizepssehne mittel Vicrylfäden durchgeführt. Nun wird das Glenohumeralgelenk inspiert und der Humeruskopf im Winkel von ca. 30° Retroversion zum Unterarm reseziert. Nach schrittweisem Aufraspeln des Schaftes bis zur definitiven Größe wird der Markraum gründlich gespült und getrocknet. Nun wird ein resorbierbarer Stopfen und Platzhalter eingebracht. Dann wird zur Darstellung des Glenoids der Humerus mit dem Fukudahebel abgedrängt. Das Glenoid wird entknorpelt und konkav plangefräst. Da-

raufhin werden Zentrierungslöcher eingebohrt in die der Kiel eingebracht wird. Nun wird das Glenoid gründlich gespült und getrocknet und anschließend die Originalpfanne mit Refobacin-Palacos implantiert. Nach dem Aushärten wird der Arm in Außenrotation überführt der resorbierbare Palacosstopfen eingebracht und Ethibondfäden – bzw. Fibrewirefäden zur Refixierung des Subscapularis vorgelegt. Dann erfolgt das Anpassen der Probeprotthese, Kontrolle auf Verschieblichkeit, Zentrierung und Luxationstendenz derselben sowie Implantation der vormontierten Prothese. Das Gelenkspiel wird überprüft und nach Aushärten wird der Arm wieder in Ausgangstellung zurückgeführt. Abschließend wird der schichtweise Wundverschluss mit Rotatorenmanschettenverschluss und transossärer Refixierung des Subscapularis durchgeführt und eine tiefe und eine subkutane Redondrainage eingelegt. Die Hautnaht erfolgt intrakutan verlaufend nach Halsted, daraufhin erfolgt der sterile Wundverband.

Inverse Schulterprothese nach Grammont

Nach mehrmaliger Hautdesinfektion und sterilem Abdecken wird der Hautschnitt über dem Sulcus deltoideo pectoralis vorgenommen. Unter sorgfältiger Blutstillung wird scharf auf den Sulcus eingegangen. Es erfolgt die Darstellung und Schonung des Vena cephalica unter Weghalten nach lateral. Dann wird der Arm in Außenrotation überführt und der Subscapularis mit Haltefäden und Ablösen vom Tuberculum minus bis zum Rotatorenintervall und Tenodese der langen Bizepssehne mittels Vicrylfäden besetzt. Daraufhin wird der Arm außenrotiert und eine Resektion des Kopfes in etwa 20° Retroversion vorgenommen. Hiernach kann in den Markraum eingegangen werden und derselbe erweitert sowie gründlich gespült werden. Nach Präparation der humeralen Komponente wird der Probeschaf probeweise eingebracht. Nachfolgend wird die Pfanne mittels Fukudahebel dargestellt und eine zentrale Bohrung gesetzt. Nach einer Planfräsung und Anfrischung des Glenoid, sowie Spülen und Trocknen wird die Basisplatte/ Metaglène mit Press Fit eingeschlagen und winkelstabil verschraubt. Hierauf wird die Glenosphäre/Metaglène gesetzt und festgesetzt. Nach Überführen des Armes in Außenrotation soll der Schaft eingebracht und die Kopfgröße angepasst werden. Nach gründlicher Spülung und Trocknung des Schaftes wird ein resorbierbarer Palacos-Stopfen eingebracht und Fäden zur transossären Refixierung des Subscapularis vorgelegt. In Neutralrotation wird die humerale Komponente mit Refobacin Palacos ein-

zementiert. Nach dem Aushärten erfolgen das Aufsetzen des originalen Inlays und die Reposition. Hiernach kommt Refixierung des Subscapularis. Zum Schluss wird die Wunde schichtweise verschlossen und eine Redondrainage eingelegt. Die Hautnaht erfolgt intrakutan verlaufend nach Halsted, daraufhin erfolgt der sterile Wundverband.

2.6.4. Nachbehandlung

Die Nachbehandlung richtet sich im Allgemeinen nach der Standardnachbehandlung der eingesetzten Prothese, vorausgesetzt der Eingriff verlief komplikationsfrei. Diese kann jedoch nach intraoperativen Befund individuell angepasst werden. Die Redondrainage wurde in der Regel am ersten postoperativen Tag entfernt. Die perioperative Antibiose sollte bis aerob- und anaerob negativen intraoperativen Abstrichbefund fortgeführt werden, um der Gefahr einer Infektion vorzubeugen. Bei Erregerpositivem Befund wurde die intravenöse Antibiose verlängert und anschließend oral weitergeführt. Im Anschluss an den stationären Aufenthalt und die jeweils unten beschriebene Nachbehandlung wurde die physiotherapeutische Behandlung ambulant fortgesetzt. Bei allen erfolgte eine radiologische Kontrolle des Implantats in den Abständen sechs Wochen, drei, sechs und 12 Monate postoperativ. Die anschließende Verlaufskontrolle sollte je nach Beschwerdeggrad alle ein bis zwei Jahre stattfinden.

Oberflächenersatz

Noch unter Narkose erhielten die Patienten postoperativ einen Gilchristverband zur Ruhigstellung der Schulter. Nach dem Zug der Redondrainage konnte mit der passiven Beübung begonnen werden. Anteversion und Abduktion dürfen hier ohne Limitierung geübt werden. Die Außenrotation sollte in den ersten sechs Wochen nicht über 20° betragen. Während diesem Zeitraum sollte auch die Bizepssehne ausgespart werden.

Nach sechs Wochen wurde die aktive Beübung aufgenommen.

Hemiprothese

Die Patienten erhalten unmittelbar postoperativ die Anlage eines Gilchristverbandes zur Ruhigstellung. Die ersten sechs Wochen postoperativ erfolgt die Beübung passiv- und aktiv-assistiert. Hierbei sind Elevation und Flexion nicht limitiert. Die Außenrotation

wird auf 20° unterhalb des intraoperativen Bewegungsausmaßes eingeschränkt, um eine Subscapularisruptur zu verhindern.

Anatomische Totalendoprothese

Postoperativ erhalten die Patienten einen Gilchristverband zur Ruhigstellung. Die postoperative Beübung des Gelenkes beginnt baldmöglichst. In den ersten zwei Wochen erfolgt diese passiv mit freier Bewegung in Anteversion, Abduktion und Innenrotation. Auf eine forcierte Außenrotation sollte verzichtet werden. Anschließend wird zusätzlich bis zur sechsten postoperativen Woche eine aktiv-assistierte Beübung in Anteversion und Abduktion vorgenommen. Ab der sechsten Woche postoperativ und einem regelrechten Röntgenbefund durfte mit der aktiven Beübung begonnen werden.

Inverse Totalendoprothese

Gleich im Anschluss an die Operation wurde dem Patienten ein Postbotenkissen (Thoraxabduktionskissen) angelegt. Dies dient zu Ruhigstellung für sechs Wochen damit die Einheilung des Implantats ungefährdet verläuft. Sobald wie möglich wurde mit der intensiven passiven Beübung des Gelenkes begonnen. Hierbei wurde darauf geachtet, die lange Bizepssehne für die ersten sechs Wochen auszusparen. Der Anteversion, Abduktion und Innenrotation wurden keine Bewegungsgrenzen gesetzt. Nur die Außenrotation wurde auf 20° weniger als intraoperativ passiv möglich eingeschränkt. Ab der sechsten Woche postoperativ und einem regelrechten Röntgenbefund durfte mit der aktiven Beübung begonnen werden.

2.7. Mögliche Komplikationen

Bei der Schulterendoprothetik können alle üblichen Operationsrisiken auftreten, u.a. kardiovaskuläre Zwischenfälle und neurologische Läsionen.

Hervorzuheben sind das Aufkommen von Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen, sowie intraoperative Verletzungen von Weichteilen und Gefäß-Nerven-Strängen. Im Rahmen der Operation kann es auch zu Frakturen des Humerus und der Glenoidkomponente kommen.

Postoperativ sind Lockerungen der Komponenten, sekundäres Rotatorenmanschettenversagen und Instabilität sind häufig. Die Lockerung der glenoidalen Komponente ist

vor allem bei der anatomischen TEP gefährdet, da sie hier einer stärkeren Instabilität ausgesetzt ist. Zeichen für die postoperative Lockerung des Implantats sind heterotope Ossifikationen und Ausbildung von Lysesäumen. Mikrobewegungen des Implantats führen zu Osteolyse, die sich in der Bildgebung als Lysesaum zeigt. Das Auftreten von Lysesäumen korreliert jedoch nicht mit Schmerzen. Außerdem sind in dem Fall selten Reoperationen nötig. (15)

Bei unzulänglicher Ausräumung von Knochenfragmenten kann es zu dauerhaften Schmerzen und Bewegungseinschränkung bis hin zur Schultersteife kommen. Ebenso kann es aufgrund zugangsbedingter Läsionen zur Atrophie betroffener Muskeln kommen.

Im weiteren Verlauf ist ein inferiores Glenoid-Notching möglich, welches durch Erosionen am Tuberkulum glenoidale entstehen kann. Die Gefahr der sekundären Schädigung der Gelenkpfanne besteht vor allem bei Hemiprothesen, dies bedeutet jedoch nicht automatisch, dass auch klinische Beschwerden vorliegen. (43)

Es wird vermutet, dass die Prothesen bei älteren Patienten eine längere Überlebensdauer haben. Ältere Patienten bewegen sich meist weniger und lassen weniger Kräfte auf das Schultergelenk wirken als Jüngere, bei den sich die Implantate eher in den Knochen einarbeiten. (15)

Spezielle Komplikationen der inversen Prothese sind Gelenkluxationen, spätere Frakturen des Akromions, eine aseptische Lösung der humeralen Komponente, Läsionen des Nervus axillaris, periprothetische Frakturen und Glenoidabnutzung in Form von Resorption. (5, 15)

2.8. Prothesentypen

2.8.1. Hemiprothese

Bei der Implantation der Hemiprothese, wurden Prothesen des Typ Aequalis der Firma Tornier angewendet, welche die natürlichen Gegebenheiten des Gelenks berücksichtigt. (31)

Neben der HKN wird die Hemiprothese auch und vor allem bei Frakturen des glenohumeralen Gelenks des Humeruskopfes vorgenommen und als Revision, wenn andere Behandlungen oder Eingriffe erfolglos waren. (15, 55) Bei der Hemiprothese besteht die

Prothese nur aus einer humeralen Komponente, welche sich aus einem Humerusschaft Winkeladapter und einer Kalotte zusammensetzt.

Der Schaft besteht aus einer Titanlegierung und es gibt ihn in 4 verschiedenen Durchmessern und 4 Inklinationswinkeln. Die Wahl der jeweiligen Kombination des Schaftes wird je nach Gegebenheit durch den Patienten gefällt. Die Durchmesser sind 5 mm, 6 mm, 9 mm und 12 mm. Durch die 4 verschiedenen Inklinationswinkel: 125°, 130°, 135° und 140° soll die natürliche Neigung des Humeruskopfes bei jedem Patienten imitiert werden. Der metaphysäre Teil weist eine laterale Abflachung zur optimalen Platzierung der Tubercula auf. Der polierte Prothesenhals zur Vermeidung des Abriebs von Nahtmaterial. Im proximalen Teil ist der Schaft mit Hydroxylapatit beschichtet. Der diaphysäre Teil ist poliert und der distale Teil mit Zement am Knochen befestigt.

Die Gelenkkalotte Aequalis Gelenkkalotte passt sich den verschiedenen Schäften an.

Es gibt insgesamt 12 verschiedene Größen. Die Größen variieren in Durchmesser und Höhe. Dies und die Verschieblichkeit der Kalotte mittels des Winkeladapters ermöglichen dem Operateur die glenohumerale Biomechanik wiederherzustellen. Der Rotationsmittelpunkt, die Spannung der Rotatorenmanschette und Gelenkkapsel können modelliert werden.

Die Höhe der Kalotte wird entsprechend dem Durchmesser des anatomischen Halses gewählt. Das exzentrische Kalottensystem bietet acht Einstellmöglichkeiten. Dadurch kann das mediale und posteriore Offset reproduziert werden. (54)

2.8.2. Anatomische Totalendoprothese

Abgesehen von einer Operation im Jahre 1996 bei der eine Biomet- Prothese verwendet wurde, wurden bei der anatomischen TEP Implantate des Herstellers Tornier angewendet. Hierbei handelt es sich um zementierte Prothesen vom Typ Aequalis, welche adaptierbar sind.

Andere Indikationen als die HKN sind:

Arthrose, rheumatoide Polyarthritits, posttraumatische Arthrose, Fraktur des proximalen Humerus mit drei oder vier verschobenen Fragmenten, Fraktur des Humeruskopfes.

Sowie andere Erkrankungen, die nicht durch Arthrodesen oder Arthroplastik mit Resektion des Humeruskopfes behandelt werden können und Revisionen, wenn andere Behandlungen oder Eingriffe erfolglos waren.

Die Prothese besteht aus einer humeralen und einer glenoidalen Komponente. Die humerale Komponente entspricht der bereits beschriebenen Hemiprothese. Das Glenoid wird durch eine kielförmige sphärische Basis ersetzt. Diese liegen in drei Größen vor, die in Höhe, Breite und Radius variieren. Jedem Radius des Humeruskopfes entspricht ein optimaler Pfannenradius, wodurch eine leichte Translation im Bereich der Schulter gestattet wird. (31) Dies dient der Stabilitätswiederherstellung. (54) Diese Komponente ist flach gehalten um den Gelenkspalt möglichst nicht zu verändern. Zusammen mit dem Fixationskeil bewirkt die eine verstärkte Primärstabilität. (31) Bei der anatomischen TEP ist eine intakte Funktion der Rotatorenmanschette eine wichtige Voraussetzung, da ohne diese eine mangelnde Stabilität des Gelenks vorläge und sich die Funktion nur schlecht erholen kann und eine gute Erholung der Funktion und die eine asymmetrische Belastung der Pfanne vorläge, was zu einem vorzeitigen Abbruch führen kann. (15)

2.8.3. Oberflächenersatz

Es handelt sich um eine zementfreie Kappe mit einem zentralen Stopfen zur Fixierung am Humeruskopf von der Firma Biomet. Der erste Oberflächenersatz wurde 1975 von Zippel in Hamburg implantiert, hierbei setzte er ein metallisches Interponat von 1 mm Wanddicke ein. Der Oberflächenersatz nach Copeland wurde erstmals 1986 vorgestellt. (31)

Dieser Prothesentyp soll lediglich defekte Gelenkoberflächen ersetzen, so dass nur minimal Knochensubstanz reseziert werden muss und die natürliche Anatomie weitestgehend erhalten bleibt. (35, 36) Daher stellt dies eine gute knochenerhaltende Option dar. Dies ist besonders vorteilhaft für jüngere Patienten, da hier für spätere Operationen eine bessere Rückzugsmöglichkeit verbleibt. (48) Die Kappe soll die vorhergehende Anatomie soweit wie möglich rekonstruieren. (35) Es gibt daher verschiedene Größen, die in Krümmungsradius und Kalottenhöhe variieren. Die Verankerung erfolgt mittels eines zentral zylindrischem Press-fit.

Derzeit sind auf dem Markt mehrere aktuelle Modelle erhältlich u.a. die Copeland Mark-3-Prothese. Diese ist an ihrer Unterfläche mit einer Hydroxylapatit-Beschichtung versehen. Dadurch wird die Kontaktfläche zum Knochen vergrößert und der Halt verbessert. Alle Komponenten werden ohne Zement eingesetzt. (3, 36)

2.8.4. Inverse Totalendoprothese

Hier wurden Prothesen der Firma Tornier und Firma De Puy eingesetzt. Paul Grammont entwickelte und überarbeitete die inversen Systeme von De Puy an der Universität von Dijon. Seit 1986 wird dieses Design mit steigender Zahl verwendet. (31)

Bei einer AHN kombiniert mit einer RM-Insuffizienz führt die anatomische Schulter-TEP zu ungünstigen funktionellen Resultaten, deshalb bietet die inverse Prothese hier eine gute Alternative. Die 1985 von Paul Grammont entwickelte Prothese besteht aus einer großen Glenoidhemisphäre (ohne Collum) und einer kleinen humeralen Pfanne. Diese Pfanne ist fast horizontal gerichtet mit einer nicht anatomischen Inklination von 155° . (4) Durch dieses Design wird das Rotationszentrum medialisiert und stabilisiert. (4, 50) Durch die Medialisierung wird die Hebelwirkung des M. deltoideus verbessert und eine Krafterhöhung von 25% erzielt. (31) Das Drehmoment an der Glenoidkomponente wird minimiert. (4, 50) Dadurch wird die Gefahr der Lockerung der Glenoidkomponente gemindert. (50) Zur Abduktion werden mehr Fasern des anterioren und posterioren Deltamuskels rekrutiert.

Ein weiterer Vorteil ist, dass der Humerus sich nun etwas niedriger in Bezug auf das Akromion befindet, dadurch wird die Spannung des M. deltoideus wiederhergestellt und sogar erhöht. Nun kann der Deltamuskel die insuffiziente RM kompensieren und die Beweglichkeit wieder erhöhen. Die Innenrotation profitiert jedoch wenig von der Grammont-Prothese. Es kann zu einem Anschlag der humeralen Pfanne am Collum scapulae kommen. Dies kann ein Scapula-Notching und Polyethylen-Abrieb hervorrufen. Das Notching ist hierbei meist erheblicher, als allein durch das Impingement zu erklären.

Polyethylen-Granulome sind ein Faktor für die Entstehung von Osteolysen. Der Einsatz der inversen Prothese wird eher für ältere Patienten empfohlen, um der Problematik von Revisionen bei Prothesenlockerung vorzubeugen. Deren Ergebnisse sind schwer vorherzusagen und die Komplikations- und Revisionsrate ist höher bei primären Implantationen. (4)

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse des Gesamtkollektivs

Im Zeitraum von Dezember 1996 bis Februar 2008 wurden 57 Operationen zum Einsatz von Endoprothesen bei AHN durchgeführt. Im Rahmen unserer Studie wurden hiervon 40 Schultern bei 37 Patienten nachuntersucht. Davon waren 25 Frauen (67,6%) und 12 Männer (32,4%). Das mittlere Operationsalter betrug 54,4 Jahre. Die Operation erfolgte 23mal bei posttraumatischer und 17mal bei atraumatische Humeruskopfnekrose. 13 der atraumatischen Humeruskopfnekrosen waren steroidinduziert, während bei vier Patienten/ vier Schultern die Genese unklar blieb.

Dreimal handelte es sich um das Nekroestadium 3, 28mal um das Nekroestadium 4 und 9mal trat das Nekroestadium 5 auf.

30 Schultern wiesen zum Operationszeitpunkt eine intakte Funktion auf, hiervon lag bei 12 Schultern eine intakte Morphologie vor. Bei 18 Schultern lagen die Weichteilschäden vor, wobei teils neben der RM auch der Deltamuskel hinzugehörte, die Funktion war hier jedoch größtenteils erhalten.

10 Schultern wiesen aufgrund ausgeprägter Weichteilschäden im Sinne von Atrophie, Adhäsionen bis hin zu vollkommenen Vernarbung und Rupturen der RM und teils des Deltamuskel eine insuffiziente Funktion auf.

Insgesamt waren 23 der Patienten bereits an der betroffenen Schulter voroperiert. Dabei handelte es sich 20mal um osteosynthetische Voroperationen, eine Glenoidrekonstruktion, eine Akromioplastik und eine Arthroskopie. Die Seiten waren gleich häufig betroffen: 20 linke und 20 rechte Schultern. Bei 19 Schultergelenken handelte es sich um die dominante Seite (47,5%) und 21mal war die nicht-dominante Seite betroffen (52,5%).

3.1.1. Constant Score, alters- und geschlechtsadaptierter Constant Score

Als allgemein akzeptierter Bewertungsmaßstab wird der Constant Score angewandt. Zur Berücksichtigung des Alters und Geschlechts diente der geschlechts- und altersadaptierte Score. Seine Angabe erfolgt in Prozent, wobei der erreichte Absolutwert (Punktzahl) des Constant Scores in Verhältnis mit dem Durchschnittswert der gesunden Gesamtbevölkerung der betreffenden Altersgruppe und der Geschlechtszugehörigkeit gesetzt

wird. Im Rahmen der Nachuntersuchung zeigte sich im untersuchten Gesamtkollektiv eine Steigerung des Constant Scores von präoperativ 24,05 Punkten auf postoperativ 57,45 Punkte. Dies zeigt eine signifikante Verbesserung durch prothetische Versorgung der AHN, welche auch beim alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score zu beobachten ist. Hier lag die Differenz zwischen prä- und postoperativ bei 42,7 Punkten. Im Mittel wurden postoperativ 72,1% des alters- und geschlechtsadaptierten CS erreicht. Wobei die Spannweite von 33% bis 117% sehr groß war.

Constant Score	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
CS prä-OP	24.05	10.544	6	56
alters-und geschlechtsadaptierter CS prä-OP	29.43	11.033	9	57
CS post-OP	57.45	18.869	23	88
alters-und geschlechtsadaptierter CS post-OP	72.10	20.536	33	117

Tabelle 6: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (Gesamtkollektiv)

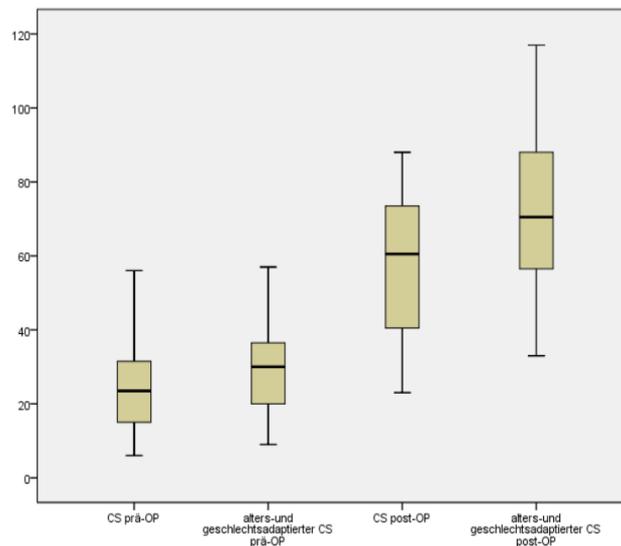


Abbildung 5: Constant Score und geschlechts- und altersadaptierter CS

3.1.2. Untergruppen des Constant Score

Hier werden die einzelnen Faktoren des Constant Scores dargestellt. Alle Faktoren zeigten von prä- zu postoperativ eine signifikante Verbesserung, $p < 0,01$. Beim Schmerz konnte eine Milderung der Symptomatik von im Mittel 4,5 Punkten präoperativ auf 12,7 Punkte postoperativ beobachtet werden. Hinsichtlich der Aktivität zeigte sich eine Steigerung von präoperativ 6,6 Punkten auf postoperativ 15 Punkte. Die Mobilität betrug präoperativ im Mittel 11,5 Punkte und konnte postoperativ auf 23,6 Punkte verbessert werden. Der kleinste erreichte Punktunterschied lag im Bereich der Kraft mit präoperativ 1,45 Punkten und postoperativ 6,1 Punkten.

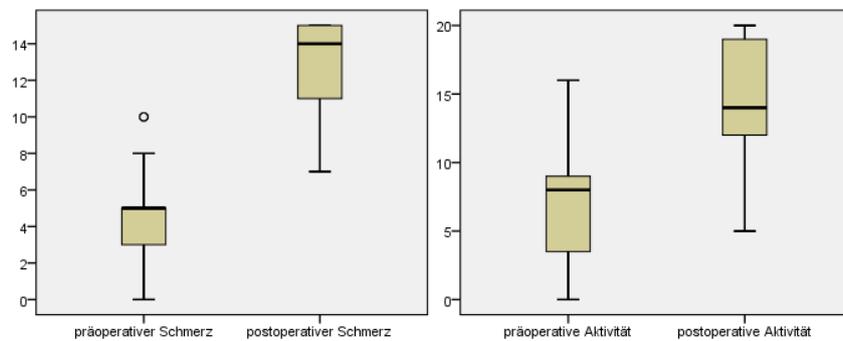


Abbildung 6: Schmerz

Abbildung 7: Aktivität

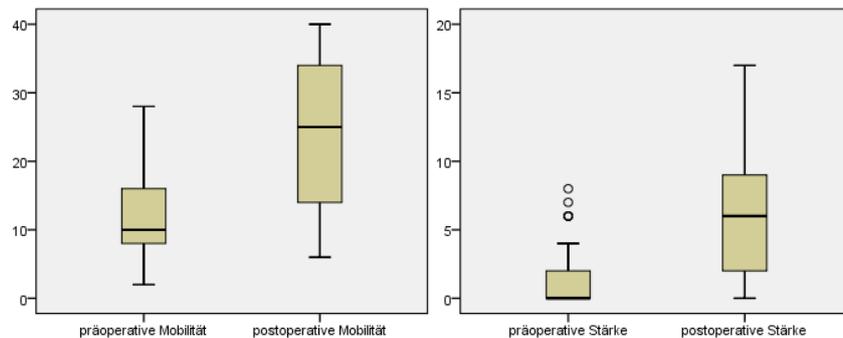


Abbildung 8: Mobilität

Abbildung 9: Kraft

Untergruppen des CS	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
präoperativer Schmerz	4.50	2.276	0	10
präoperative Aktivität	6.60	3.774	0	16
präoperative Mobilität	11.50	6.239	2	28
präoperative Kraft	1.45	2.396	0	8
postoperativer Schmerz	12.73	2.511	7	15
postoperative Aktivität	15.00	4.006	5	20

postoperative Mobilität	23.60	10.429	6	40
postoperative Kraft	6.13	5.075	0	17

Tabelle 7: Untergruppen des CS (Gesamtkollektiv)

3.1.3. Beweglichkeit

Eine Beweglichkeitseinschränkung im Rahmen einer Humeruskopfnekrose ist sehr häufig, sie kann schmerzbedingt sein oder bei posttraumatischen Humeruskopfnekrose im Zusammenhang mit begleitenden muskulären Schäden stehen.

Zur Beurteilung der aktiven Beweglichkeit wurden die prä- und postoperativen Werte der Anteversion, Abduktion und der Außenrotation bei angelegtem Oberarm gegenübergestellt.

In allen drei Qualitäten konnte eine signifikante Verbesserung erreicht werden.

Bei der Anteversion lag präoperativ im Mittel eine Beweglichkeit von 96° vor, während postoperativ immerhin 115° erreicht wurden. Die Abduktion wies die größte Verbesserung mit einer Differenz von 30° auf. Hierbei wurden präoperativ 74° und postoperativ 104° gemessen. Bei der Außenrotation kam es von 29° präoperativ auf postoperativ 52°.

Beweglichkeit	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Anteversion präoperativ	95.88°	38.278	0°	190°
Anteversion postoperativ	114.88°	41.161	30°	180°
Abduktion präoperativ	73.50°	39.810	0°	170°
Abduktion postoperativ	104.00°	40.544	40°	180°
ARO präoperativ	29.00°	29.768	0°	90°
ARO postoperativ	51.63°	31.933	0°	90°

Tabelle 8: Beweglichkeit (Gesamtkollektiv)

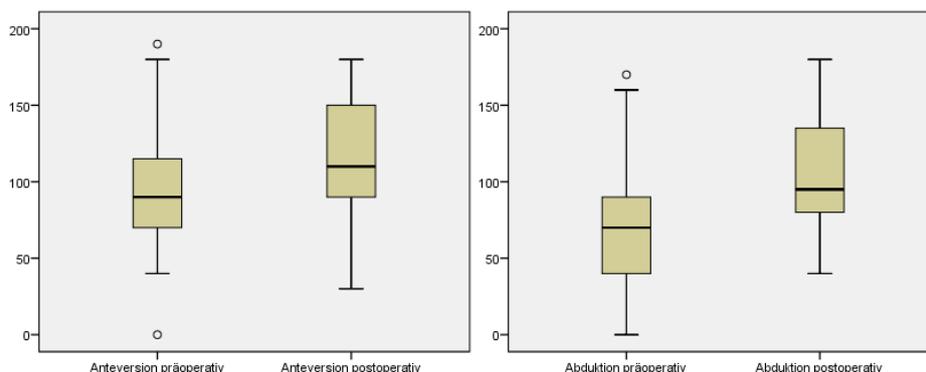


Abbildung 10: Anteversion (Gesamtkollektiv)

Abbildung 11: Abduktion (Gesamtkollektiv)

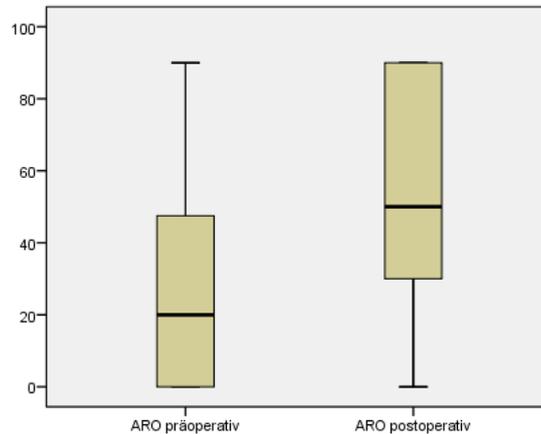


Abbildung 12: Außenrotation (Gesamtkollektiv)

3.1.4. Subjektive Parameter

Durch die Prothesenversorgung soll auch die Lebensqualität wieder verbessert werden. Um diese zu beurteilen haben wir als subjektive Parameter die Schlafqualität, das Überkopfarbeiten/ Haare kämmen und die Körperpflege herangezogen.

Nach Angaben der Patienten konnten alle drei Parameter signifikant verbessert werden.

Überkopfarbeiten

Arbeiten mit dem Arm über dem Kopf war vor der Operation bei 85% der Patienten gar nicht möglich. Der Mittelwert ergab 1,43 Punkte von 5 Punkten. Dieser Mittelwert bedeutet, dass das Überkopfarbeiten im Durchschnitt unmöglich oder nur mit Hilfe durchzuführen war. Postoperativ gaben 25% an, den Arm gut und 17,5% gaben an, den Arm normal über dem Kopf einsetzen zu können. Für 27,5% Patienten war dies unmöglich.

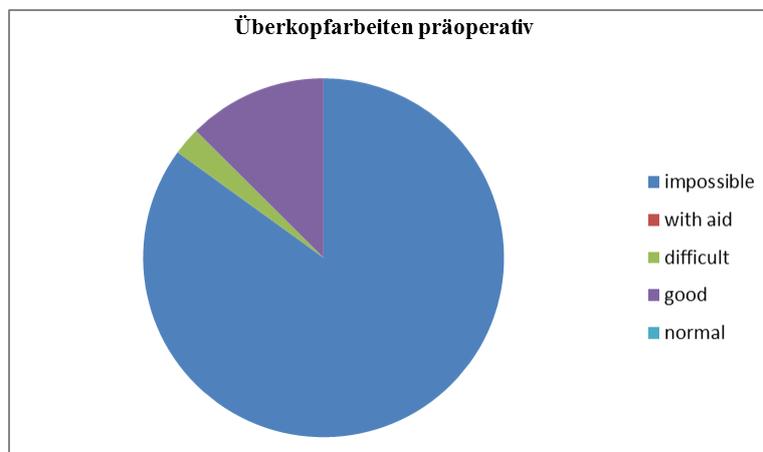


Abbildung 13: Überkopfarbeiten präoperativ

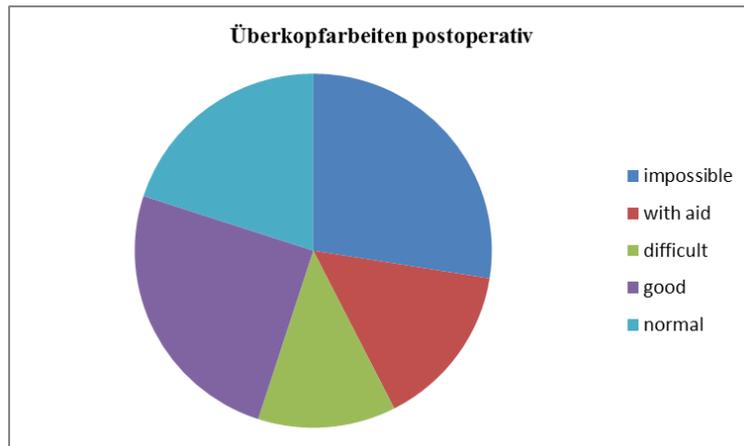


Abbildung 14: Überkopfarbeiten postoperativ

Körperpflege

Die Verbesserung der Beweglichkeit ermöglichte, dass viele sich wieder selbständig waschen konnten. Präoperativ gaben 50% der Patienten an, dass dies unmöglich oder nur unter Hilfe möglich sei. Postoperativ konnten sich 85% selbständig versorgen. Davon 32,5% normal, 40% gut und 12,5% unter erschwerten Bedingungen.

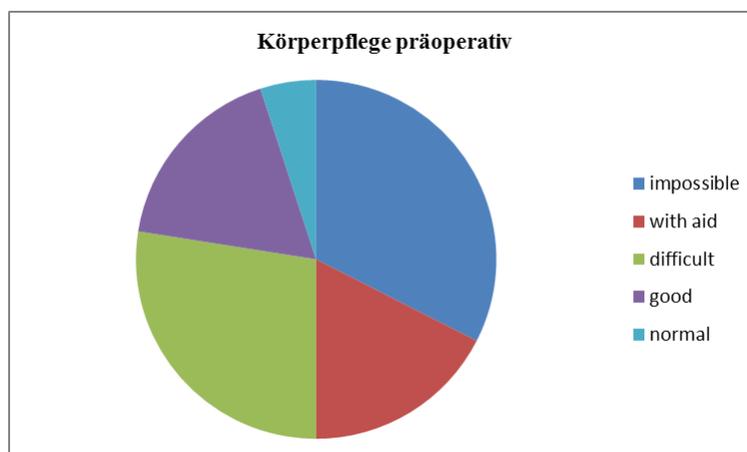


Abbildung 15: Körperpflege präoperativ

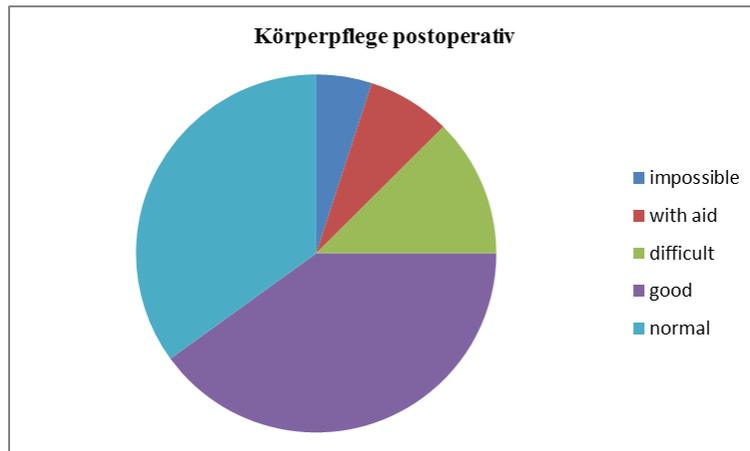


Abbildung 16: Körperpflege postoperativ

Schlafqualität

Auch hier konnte ein großer Gewinn verzeichnet werden. 72,5 % gaben an, dass vor der Operation das Schlafen auf der betroffenen Schulter absolut unmöglich gewesen sei. Postoperativ machten nur noch 20% diese Angabe. 50% sagten die Schlafqualität sei gut und 10% meinten sie sei normal.

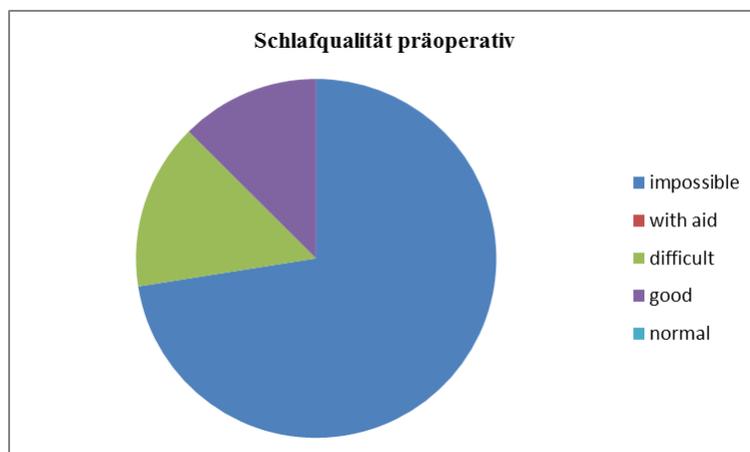


Abbildung 17: Schlafqualität präoperativ

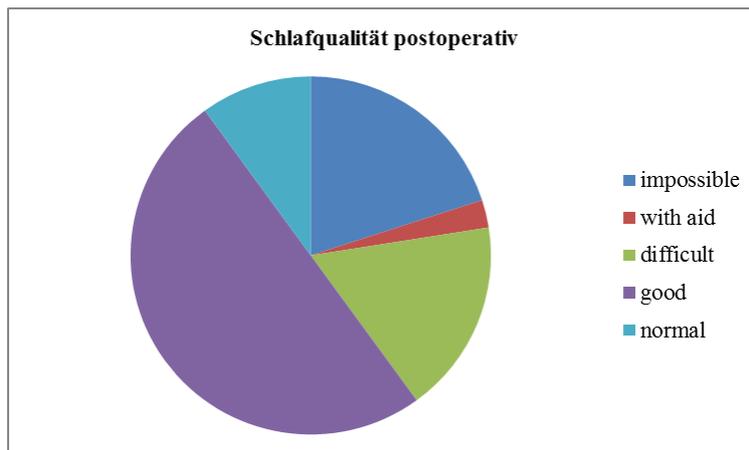


Abbildung 18: Schlafqualität postoperativ

3.1.5. Komplikationen und Revisionen

Insgesamt kam es bei 5 Patienten unseres Kollektivs zu Komplikationen, hierbei wurde bei einem Patienten/einer Schulter eine Revision durchgeführt.

Bei einem männlichen Patienten entwickelte sich etwa drei Monate postoperativ eine Schultersteife, bei einer guten Beweglichkeit zum Zeitpunkt der Entlassung mit einer Flexion von 120° und Abduktion von 90° . Dieser Patient wurde stationär aufgenommen. Therapeutisch wurde hier eine intensive krankengymnastische Beübung, Bewegungsbad sowie ein Narkoseblock angesetzt. Für den Narkoseblock wurde ein ISB-Katheter mit einer PCA-Pumpe links für vier Tage angelegt. Zusätzlich erhielt der Patient eine Schmerzmedikation und eine an den stationären Aufenthalt anschließende Weiterführung der Krankengymnastik. Bei Entlassung am neunten Tag war die Schulter nahezu schmerzfrei und eine Abduktion von 110° war möglich.

Bei einem anderen Patienten wurden intraoperativ *Staphylokokkus lugdonensis* positive Abstriche entnommen, nach Weiterführung der intravenösen Antibiose konnte der Patient normal entlassen werden, zuhause wurde die Antibiose oral fortgesetzt. Es zeigten sich im Verlauf keine weiteren Hinweise auf eine Infektion.

Bei einer Patientin kam es zu einer Akromionermüdungsfraktur, welche bereits sechs Monate postoperativ radiologisch nachweisbar war und bis 2008 zunahm, seit dem blieb der Befund konstant. Es bestand hier aufgrund der stabilen Verhältnisse und der milden Symptomatik kein operativer Handlungsbedarf. Die Fraktur wurde konservativ mit Krankengymnastik, Fango, Massage und Schmerzmedikation behandelt. Bei einer Pati-

entin mit einer anatomischen TEP kam es im Verlauf zu einem Einsinken des humeralen Schafts und einem dringenden Verdacht auf Lockerung der Glenoidkomponente. Hier wurde von Seiten der Patientin keine Revision mit Knochenentnahme und -aufbau im Bereich des Schaftes und anschließender Nachbehandlung erwünscht, weshalb auf einen operativen Eingriff verzichtet wurde.

Ein Patient wurde 24 Monate nach Endoprothesenimplantation erneut operiert und erhielt eine Rekonstruktion der Außenrotatoren mittels Latissimus dorsi-Transfer.

3.1.6. Röntgenkontrolle

Bei der radiologischen Nachuntersuchung im Rahmen des follow-up wurden bei insgesamt 22 Schultern eine regelrecht liegende Prothese ohne Hinweise auf Lockerung und Lysesäume beobachtet. Bei zwei Patienten wurden keine aktuellen Röntgenaufnahmen vorgenommen.

Oberflächenersatz

Alle Patienten mit einem Oberflächenersatz wiesen in Rahmen der follow-up Untersuchungen einen regelrechten Prothesensitz auf.

Hemiprothese

Bei einer Patientin mit Hemiprothese kam es bei korrekter Einlage der Prothese zu einem Tuberkulum-majus-Hochstand mit guter Anpassung des Glenoid und Gelenkspaltverschmälerung im Verlauf.

Bei einer anderen Patientin zeigte sich eine anterior-superior dezentrierte Prothese mit Abstützung am Akromion. Drei weitere Hemiprothesen wiesen einen nur leichten Humeruskopfhochstand auf bei ansonsten regelrechtem Sitz des Implantats, davon zweimal mit Einarbeitung ins Glenoid.

TEP

Zu einer Saumbildung kam es in vier Fällen mit anatomischer TEP, davon einmal mit Humeruskopfhochstand und ein anderes Mal mit dringendem Verdacht auf Lockerung der Glenoidkomponente und radiologisch nachweislichem Einsinken des Schaftes.

Bei einer weiteren Patientin mit einer TEP zeigte sich im Verlauf eine anteriore superior Subluxation der anatomischen Prothese bei sonst korrekt einliegendem Material ohne Hinweis auf Lockerung oder Fraktur. Im ventralen Bereich stellte sich des Weiteren bei axialer Aufnahme der Verdacht auf einen ventralen Abrieb der Glenoidkomponente.

Inverse Prothese

Ein inferiores Glenoid-Notching konnte in 4 Fällen nachgewiesen werden, alle Grad 1 nach Sirveaux. Die Ausbildung heterotoper Ossifikationen ließ sich bei zwei Patienten (5%) röntgenologisch darstellen. Bei einer Patientin mit einer inversen Prothese entwickelte sich 6 Monate postoperativ eine Akromionfraktur, welche sich bis 2008 progredient verschlechterte, dann im weiteren Verlauf jedoch mit einem etwa 40° nach lateral abgekippten Akromion konstant blieb und keiner operativen Behandlung bedurfte.

3.1.7. Zufriedenheit

Die mittlere Zufriedenheit lag mit 1,65 Punkten zwischen sehr zufrieden und zufrieden. 17 Patienten waren mit dem Resultat der Prothesenversorgung sehr zufrieden, 21 Patienten waren zufrieden und zwei waren enttäuscht. Keiner der Patienten war unzufrieden. Die Erhebung der Patientenzufriedenheit stellt in Hinblick auf die Indikationsstellung zum Einsatz einer Endoprothese einen wichtigen Faktor dar.

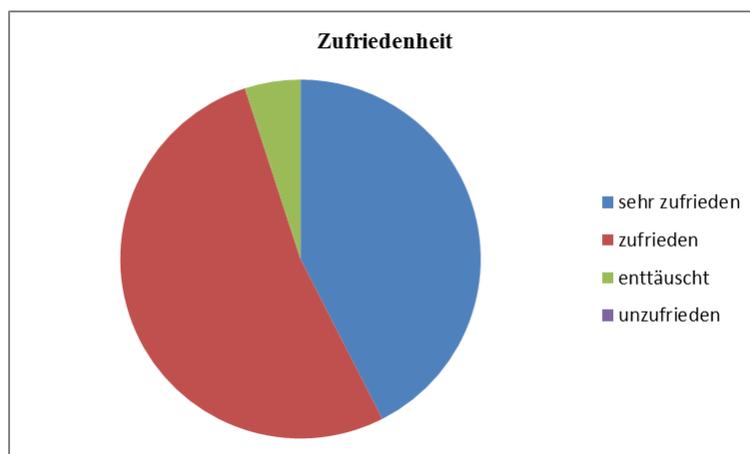


Abbildung 19: Zufriedenheit beim Gesamtkollektiv

3.2. Ergebnisse nach einzelnen Diagnosen

Da die Humeruskopfnekrose aufgrund verschiedener Ätiologien entstehen kann, soll hier geprüft werden, inwieweit die zugrunde liegende Genese der AHN das Ergebnis der Endoprothese beeinflusst. Hierzu sollen in diesem Kapitel die Ergebnisse der beiden Hauptgruppen post- und atraumatische Genese gegenübergestellt und anschließend einzeln vorgestellt werden.

3.2.1. Vergleich der einzelnen Diagnosen: post- vs. atraumatische Humeruskopfnekrose

Hierbei konnte beim postoperativen Constant Score ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen aufgewiesen werden. Diese Beobachtung zeigte sich auch unter Beachtung des alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score. Dieser ergab bei der posttraumatischen Gruppe den Mittelwert 63,57% und bei der atraumatischen Gruppe 83,65%.

Bei den Unterfaktoren des Constant Score konnte ein signifikanter Unterschied bei der postoperativen Aktivität, der Mobilität und der Kraft zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Wobei jeweils die atraumatische Gruppe insgesamt besser abschnitt.

Der postoperative Schmerz war bei beiden Gruppen ähnlich gering ausgeprägt, posttraumatisch 12,22 Punkte und atraumatisch 13,42 Punkte auf der Schmerzskala.

Während bei der Aktivität bei posttraumatischer Genese nur 13,3 Punkte erreicht wurden, erzielte die atraumatische Gruppe mit 17,29 Punkten fast den Höchstwert.

In der Mobilität zeigten sich erhebliche Unterschiede, hier wurden posttraumatisch 18,87 Punkte und atraumatisch 30 Punkte erzielt.

Bei dem Messwert Kraft lagen die posttraumatische Gruppe bei 4,8 Punkten und die atraumatische Gruppe bei 8,59 Punkten.

Was die subjektiven Parameter betrifft, bestehen in allen Kategorien signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Einzige Ausnahme ist hier die Schlafqualität, welche mit 2,96 Punkten bei posttraumatischer und 3,71 Punkten bei atraumatischer Genese im Mittel etwa zwischen schwierig und gut eingestuft wurde.

Wie schon anhand der Mobilität ersichtlich, schnitt bei der Beweglichkeit die atraumatische Gruppe postoperativ signifikant besser ab.

3.2.2. Posttraumatische Humeruskopfnekrose

Der posttraumatische CS wies im Vergleich zum präoperativen CS eine signifikante Verbesserung auf, ebenso der adaptierte Score sowie alle Untergruppen. Auch die subjektiven Bewertungen wurden postoperativ signifikant besser angegeben. Lediglich die Anteversion war nicht signifikant verbessert, nur die Abduktion und Außenrotation.

Die posttraumatischen Patienten hatten durch das vorhergegangene Trauma und frühere Eingriffe bereits eine größere Schädigung des umliegenden Gewebes, was neben den Schmerzen auch eine geringere präoperative Mobilität ausmachte. Durch Vernarbungen und Dysfunktion der Rotatorenmanschette konnten diese Patienten postoperativ nicht die gleich guten Ergebnisse erzielen wie solche mit einer atraumatischen HKN.

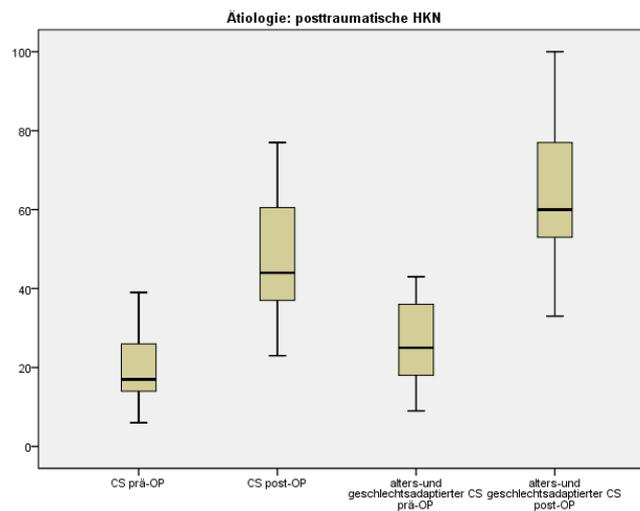


Abbildung 20: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (posttraumatische AHN)

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,26	2,301	0	10
Aktivität	6,22	4,177	0	16
Mobilität	9,30	4,733	2	20
Stärke	0,70	1,521	0	6
CS	20,48	8,495	6	39
alters-&geschlechtsadaptierter CS	26,30	10,133	9	43
Anteversion	86,30°	31,342	0°	160°
Abduktion	58,70°	32,968	0°	130°
ARO	17,83°	28,076	0°	90°

Tabelle 9: präoperative Werte bei posttraumatischer AHN

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,22	2,891	7	15
Aktivität	13,30	3,855	5	20
Mobilität	18,87	9,416	6	40
Stärke	4,30	4,332	0	15
CS	48,70	16,691	23	77
alters-und geschlechtsadaptierter CS	63,57	18,971	33	100
Anteversion	96,96°	34,435	30°	170°
Abduktion	89,78°	34,788	40°	170°
ARO	34,13°	24,152	0°	80°

Tabelle 10: postoperative Werte bei posttraumatischer AHN

3.2.3. Atraumatische Humeruskopfnekrose

Die atraumatische Gruppe erreichte in allen gemessenen Werten, dem CS samt Untergruppen, dem adaptierten CS, den subjektiven Werten und der Funktion, eine signifikante Verbesserung im prä- und postoperativen Vergleich.

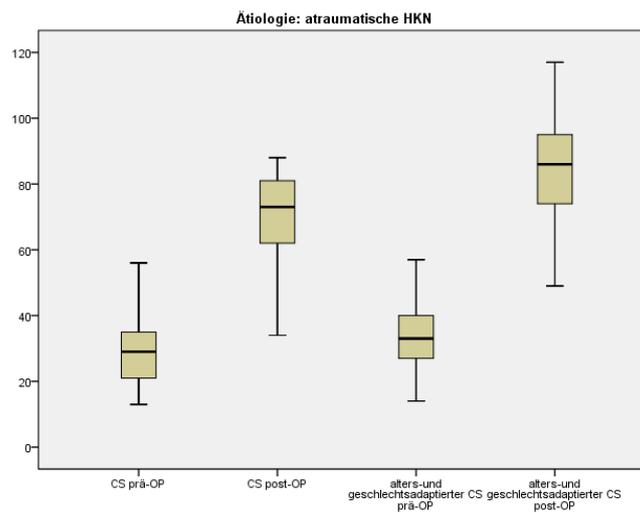


Abbildung 21: Constant Score und alters- und geschlechtsadaptierter CS (atraumatische AHN)

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,82	2,270	2	10
Aktivität	7,12	3,199	2	14
Mobilität	14,47	6,911	4	28
Stärke	2,47	2,982	0	8
CS	28,88	11,341	13	56
alters- & geschlechtsadaptierter CS	33,65	11,073	14	57
Anteversion	108,24°	42,608	40°	180°
Abduktion	93,53°	40,341	35°	170°
ARO	44,12°	25,571	0°	90°

Tabelle 11: präoperative Werte bei atraumatischer AHN

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	13,41	1,734	9	15
Aktivität	17,29	2,995	10	20
Mobilität	30,00	8,216	12	38
Kraft	8,59	5,075	0	17
CS	69,29	15,020	34	88
alters- & geschlechtsadaptierter CS	83,65	16,933	49	117
Anteversion	139,12°	37,593	45°	180°
Abduktion	123,24°	40,733	45°	180°
ARO	75,29°	25,463	0°	90°

Tabelle 12: postoperative Werte bei atraumatischer AHN

3.3. Nach Nekrorestadien

In unserem Patientenkollektiv lagen drei verschiedene Stadien der AHN vor. Hier soll nun geprüft werden inwiefern das Ausmaß der Humeruskopfnekrose einen Einfluss auf das postoperative Ergebnis hatte.

3.3.1. Vergleich der einzelnen Nekrorestadien

Im Vergleich der postoperativen Ergebnisse zwischen den Gruppen mit den unterschiedlichen Nekrorestadien liegen zwar deutliche Unterschiede vor, diese sind jedoch nur in der Kategorie der Kraft signifikant.

Insgesamt erzielte die Patientengruppe mit einer AHN Stadium 3 bessere postoperative Ergebnisse als Patienten mit den Nekrorestadien 4 und 5. Die Gruppe des AHN-Stadiums 3 erzielte beim postoperativen CS mit 74 Punkten weit mehr Punkte als die Gruppen mit dem Stadium 4 (57,7 Punkte) und Stadium 5 (51,1 Punkte).

Diese Unterschiede waren beim alters- und geschlechtsadaptierten CS geringer ausgeprägt. Dieser ergab beim Stadium 3 den Mittelwert von 78,7% und beim Stadium 4 71,57%, fast gleich mit Stadium 5 71,56%.

In der Kategorie Schmerz waren die Unterschiede zwischen den Gruppen nur gering ausgeprägt. Hier zeigte sich für die Gruppe mit dem Stadium 3 ein Mittelwert von 14,67 Punkten, die Gruppe mit dem Stadium 4 lag bei 12,61 Punkten und Stadium 5 bei 12,44 Punkten.

Bei der Aktivität erreichte das Stadium 3 im Mittel 17,67 Punkte, gefolgt von Stadium 4 mit 15,07 Punkten und Stadium 5 mit 13,89 Punkten. Ähnlich war es bei der Mobilität, das Stadium 3 erzielte mit 29,33 Punkten wieder ein besseres Ergebnis als das Stadium 4 mit 23,93 Punkten und das Stadium 5 mit 20,67 Punkten.

Der wie oben bereits erwähnt einzig signifikante Unterschied zwischen den drei untersuchten Nekrosegruppen lag in der Kategorie Kraft ($p= 0,048$) vor. Hier erzielte das Stadium 3 mit 12,61 Punkten mehr als doppelt so viele Punkte wie das Stadium 4 mit 6,11 Punkten. Das Stadium 5 erreichte 5,11 Punkte.

Bei den subjektiven Parametern wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen beobachtet.

Die Unterschiede bei den Bewegungsumfängen waren zwischen den Gruppen nicht signifikant, dennoch lagen beim Nekrorestadium 3 die weitaus besseren Ergebnisse vor.

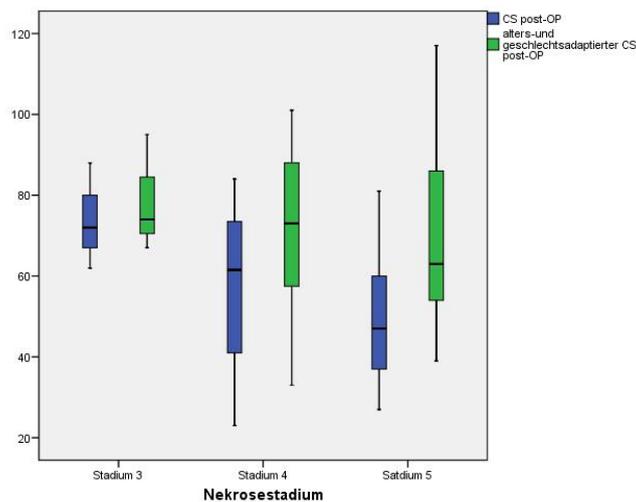


Abbildung 22: Constant Score nach Nekrorestadien

Nekrosegrad	3	4	5
postoperativer Schmerz	14,67	12,61	12,44
postoperative Aktivität	17,67	15,07	13,89
postoperative Mobilität	29,33	23,93	20,67
postoperative Stärke	12,33	6,11	4,11
CS post-OP	74,00	57,71	51,11
alters- und geschlechts- adaptierter CS post-OP	78,67	71,57	71,56

Tabelle 13: Ergebnisse nach Nekrosegrad

3.3.2. Nekrosegrad 3

Im Vergleich zur präoperativen Situation kam es bei Patienten mit einer HKN Grad 3 einer Verbesserung des CS, des alters- und geschlechtsadaptierten CS, sowie der CS-

Untergruppen. Dies zeigte sich jedoch nur beim Schmerz und bei der Aktivität als signifikant. Auch die subjektiven Parameter und die Bewegungsmaße zeigten postoperativ bessere Werte, hier lag aber ebenfalls keine signifikante Steigerung vor.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	3,33	1,528	2	5
Aktivität	9,00	1,000	8	10
Mobilität	20,00	7,211	14	28
Stärke	4,67	3,055	2	8
CS	37,00	6,000	31	43
alters-und geschlechtsadaptierter CS	39,00	7,550	32	47
Anteversio	133,33°	41,633	100°	180°
Abduktion	113,33°	40,415	90°	160°
ARO	61,67°	24,664	45°	90°

Tabelle 14: präoperative Werte Nekrosegrad 3

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	14,67	,577	14	15
Aktivität	17,67	3,215	14	20
Mobilität	29,33	7,572	24	38
Stärke	12,33	3,786	8	15
CS	74,00	13,115	62	88
alters-und geschlechtsadaptierter CS	78,67	14,572	67	95
Anteversio	150°	43,589	100°	180°
Abduktion	150°	43,589	100°	180°
ARO	75°	25,981	45°	90°

Tabelle 15: postoperative Werte Nekrosegrad 3

3.3.3. Nekrosegrad 4

Bei den Patienten mit einer HKN des Stadium 4 zeigte sich insgesamt eine signifikante Verbesserung von prä- zu postoperativ in allen untersuchten Kategorien, dem CS mit seinen Untergruppen, dem alters- und geschlechtsadaptierten CS, den subjektiven Parametern und den Bewegungsumfängen, abgesehen von der Anteversio, deren Bewegungsmaßes nicht signifikant verbessert waren.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,50	2,396	0	10
Aktivität	6,64	3,822	0	16
Mobilität	11,29	5,993	4	28
Stärke	1,43	2,426	0	7
CS	23,86	10,676	6	56
alters-und geschlechtsadaptierter CS	28,61	10,918	9	57
Anteversio	98,57°	35,352	40°	180°
Abduktion	75,36°	38,656	20°	170°
ARO	29,11°	29,878	0°	90°

Tabelle 16: präoperative Werte bei Nekrosegrad 4

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,61	2,455	7	15
Aktivität	15,07	4,064	5	20
Mobilität	23,93	10,435	6	40
Stärke	6,11	5,252	0	17
CS	57,71	18,744	23	84
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	71,57	19,712	33	101
Anteversion	111,96°	40,331	30°	180°
Abduktion	101,07°	38,306	40°	170°
ARO	49,64°	32,940	0°	90°

Tabelle 17: postoperative Werte bei Nekrosegrad 4

3.3.4. Nekrosegrad 5

Die postoperative Verbesserung der Schulterfunktion verbesserte sich bei der Gruppe mit dem Nekrosegrad 5 ebenfalls signifikant in fast allen untersuchten Kategorien. Lediglich die Anteversion wies keine signifikante Steigerung auf (Signifikanz 0,06).

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,89	2,147	3	10
Aktivität	5,67	4,093	0	10
Mobilität	9,33	4,796	2	18
Stärke	,44	,882	0	2
CS	20,33	8,352	9	33
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	28,78	11,819	13	48
Anteversion	73,89°	34,258	0°	130°
Abduktion	54,44°	35,483	0°	120°
ARO	17,78°	24,763	0°	70°

Tabelle 18: präoperative Werte bei Nekrosegrad 5

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,44	2,963	7	15
Aktivität	13,89	3,983	8	20
Mobilität	20,67	11,225	8	38
Stärke	4,11	3,140	0	8
CS	51,11	18,944	27	81
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	71,56	25,962	39	117
Anteversion	112,22°	42,361	60°	170°
Abduktion	97,78°	41,466	40°	160°
ARO	50,00°	30,311	0°	90°

Tabelle 19: postoperative Werte bei Nekrosegrad 5

3.4. Nach Funktion der Rotatorenmanchette

Aufgrund der verschiedenen Ätiologien bestanden bei unseren Patienten unterschiedliche Grundvoraussetzungen für die Funktion des Schultergelenks. Neben dem Grad der

Nekrose lagen auch andere Weichteilverhältnisse vor. Hier soll insbesondere auf die Funktion der Rotatorenmanschette eingegangen werden, des Weiteren wurde hier auch die Funktion des M. deltoideus berücksichtigt.

Anhand der prä- und intraoperativen Angaben bzw. Befunde beurteilten wir die Rotatorenmanschetten in Bezug auf die Funktionsfähigkeit und Morphologie. Wir unterschieden hier in drei Gruppen. Die erste Gruppe wies eine normale Funktion und Morphologie der RM auf. In der zweiten Gruppe war die Funktion größtenteils erhalten, während bereits Schäden der RM und/oder des Deltamuskels vorlagen. Hier traten Adhäsionen, geringgradige Atrophien und SSP-Rupturen auf. In die dritte Gruppe wurden Schultern mit insuffizienter Funktion der RM und erheblichen Weichteilschäden eingeschlossen. Zunächst werden die postoperativen Ergebnisse der drei Gruppen verglichen und anschließend der jeweilige Erfolg der einzelnen Gruppe beschrieben.

3.4.1. Vergleich der verschiedenen Funktionsgrade der RM

Im Vergleich zwischen den Gruppen mit den unterschiedlichen Funktionsgraden der RM konnte nur in einer Kategorie, der Körperpflege, ein signifikanter Unterschied beobachtet werden. Mit Ausnahme vom Schmerz wies die Gruppe 1 mit intakter Funktion ohne Weichteilschäden in den untersuchten Kategorien die besten postoperativen Ergebnisse auf.

Der CS lag hier mit 62,67 Punkten vor der Gruppe mit intakter Funktion bei Weichteilschäden (58,22 Punkte) und der mit insuffizienter RM (49,80 Punkte).

Die gleiche Reihenfolge ergab sich beim alters- und geschlechtsadaptierten CS (79,75 % > 71,72 % > 63,6 0%). Der postoperative Schmerz war in allen Gruppen ähnlich gering ausgeprägt, die Gruppe 2 (12,89 Punkte) war hier minimal der Gruppe 1 (12,75 Punkte) überlegen, dicht gefolgt von Gruppe 3 (12,40 Punkte). Auch in der alltäglichen Aktivität lagen keine großen Unterschiede vor. Gruppe 1 erzielte 15,83 Punkte, Gruppe 2 erzielte 15,28 Punkte und Gruppe 3 erzielte 13,50 Punkte. Die Gruppe 1 erreichte bei der Mobilität 27,33 Punkte, vor der Gruppe 2 mit 23,56 Punkten und der Gruppe 3 mit 19,20 Punkten. Dies zeigt sich nicht nur im CS und dem alters- und geschlechtsadaptierten CS. Bei der Kraft ergaben sich für die Gruppe 1 (6,75 Punkte) und die Gruppe 2 (6,50 Punkte) ähnliche postoperative Ergebnisse. Die Gruppe 3 erlangte hier postoperativ 4,70 Punkte.

Ergebnisse

Bei den subjektiven Parametern gab die Gruppe 1 jeweils die besseren Bewertungen als Gruppe 2 und 3 an.

In der Anteversion schnitt wie in den anderen Kategorien abgesehen vom Schmerz die erste Gruppe mit 121,25° am besten ab, diesmal gefolgt von der Gruppe 3 mit 115°, welche hier einmalig besser als Gruppe 2 mit 110,56° war.

Bei der Abduktion und ARO war je die Gruppe 1 am besten, gefolgt von der Gruppe 2. Je mit größerem Abstand war hier die Gruppe 3 wieder mit schlechteren Ergebnissen zugegen (Abd. 88° und ARO 36°).

Während Gruppe 1 in der Abduktion 112,92° und die Gruppe 2 106,94° erzielten. In der ARO lagen der Bewegungsumfang der ersten Gruppe bei 61,67° und die der zweiten Gruppe bei 53,61°.

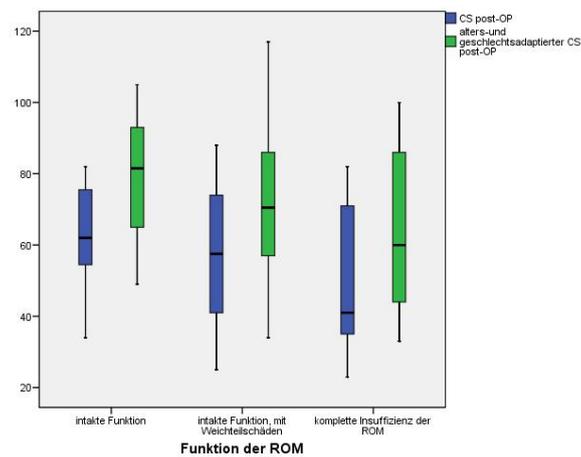


Abbildung 23: Constant Score gruppiert nach präoperativen Zustand der RM/Deltamuskel

RM	intakt	intakt mit Weichteilschäden	insuffizient
postoperativer Schmerz	12,75	12,89	12,40
postoperative Aktivität	15,83	15,28	13,50
postoperative Mobilität	27,33	23,56	19,20
postoperative Stärke	6,75	6,50	4,70
CS post-OP	62,67	58,22	49,80
alters- und geschlechtsadaptierter CS post-OP	79,75	71,72	63,60

Tabelle 20: postoperative Werte unterteilt nach präoperativem Zustand der Rotatorenmanschette

3.4.2. Intakte Rotatorenmanschette

Hier kam es zu einer signifikanten Verbesserung des CS, des alters- und geschlechtsadaptierten CS und allen Untergruppen. Dies zeigte sich auch bei den subjektiven Parametern. Nur die Bewegungsumfänge wiesen keine signifikante Verbesserung auf.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	3,92	2,392	1	10
Aktivität	6,33	4,619	0	16
Mobilität	13,83	6,235	4	28
Stärke	1,25	1,960	0	6
CS	25,33	10,210	13	43
alters-und geschlechtsadaptierter CS	30,75	10,897	14	47
Anteversion	105,83°	37,528	40°	180°
Abduktion	89,17°	31,754	40°	160°
ARO	38,33°	26,572	0°	90°

Tabelle 21: präoperative Werte bei intakter Rotatorenmanschette

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,75	2,633	7	15
Aktivität	15,83	3,927	10	20
Mobilität	27,33	8,500	12	36
Stärke	6,75	4,309	0	14
CS	62,67	15,192	34	82
alters-und geschlechtsadaptierter CS	79,75	17,638	49	105
Anteversion	121,25°	41,238	45°	180°
Abduktion	112,92°	36,084	45°	170°
ARO	61,67°	29,797	0°	90°

Tabelle 22: postoperative Werte bei intakter Rotatorenmanschette

3.4.3. Intakte Funktion bei Schäden der Rotatorenmanschette

Hier zeigte sich eine signifikante Verbesserung des Constant Scores und seiner Untergruppen. Dies zeigte sich auch bei den subjektiven Parametern und den Bewegungsumfängen, abgesehen von der Anteversion.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	5,06	1,798	1	8
Aktivität	6,72	3,322	2	14
Mobilität	10,44	6,845	2	28
Stärke	1,78	2,840	0	8
CS	24,00	11,985	9	56
alters-und geschlechtsadaptierter CS	28,67	12,024	13	57
Anteversion	92,50°	41,666	0°	180°
Abduktion	66,39°	48,044	0°	170°
ARO	22,78°	27,982	0°	80°

Tabelle 23: präoperative Werte bei nichtfunktionseinschränkenden Schäden der Rotatorenmanschette

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,89	2,374	8	15
Aktivität	15,28	3,627	9	20
Mobilität	23,56	10,551	6	38
Stärke	6,50	5,480	0	17
CS	58,22	19,240	25	88
alters-und geschlechtsadaptierter CS	71,72	20,169	34	117
Anteversio	110,56°	44,783	30°	180°
Abduktion	106,94°	45,605	40°	180°
ARO	53,61°	31,521	0°	90°

Tabelle 24: postoperative Werte bei nichtfunktionseinschränkenden Schäden der Rotatorenmanschette

3.4.4. Insuffiziente Rotatorenmanschette

Hier kam es zu einer signifikanten Steigerung der Schmerzen, der Aktivität und der Kraft, des CS und des adaptierten CS. Auch die Mobilität, die subjektiven Parameter wie Überkopparbeiten, das Schlafen und die Körperpflege sowie die gemessenen Bewegungsumfänge wiesen eine Verbesserung von prä- zu postoperativ auf, diese war jedoch nicht signifikant.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,20	2,860	0	10
Aktivität	6,70	3,831	0	11
Mobilität	10,60	4,719	4	20
Stärke	1,10	2,132	0	6
CS	22,60	8,859	6	33
alters-und geschlechtsadaptierter CS	29,20	10,283	9	43
Anteversio	89,00°	30,714	40°	150°
Abduktion	67,50°	28,407	30°	120°
ARO	29,00°	36,117	0°	90°

Tabelle 25: präoperative Werte bei Insuffizienz der Rotatorenmanschette

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
postoperativer Schmerz	12,40	2,836	7	15
postoperative Aktivität	13,50	4,720	5	20
postoperative Mobilität	19,20	11,516	8	40
postoperative Stärke	4,70	5,397	0	13
CS post-OP	49,80	21,426	23	82
alters-und geschlechtsadaptierter CS post-OP	63,60	22,809	33	100
Anteversio postoperativ	115,00°	37,193	70°	170°
Abduktion postoperativ	88,00°	34,577	40°	170°
ARO postoperativ	36,00°	32,301	0°	90°

Tabelle 26: postoperative Werte bei Insuffizienz der Rotatorenmanschette

3.5. Nach Prothesenversorgung

In Bezug auf die verwendete Prothese sind ebenfalls unterschiedliche Ergebnisse zu erwarten, dies ergibt sich schon aus der Indikationsstellung für die jeweilige Prothese unter Berücksichtigung der Gelenkschädigung, des Zustands der RM und des jeweiligen Alters des Patienten. Um dies zu untersuchen werden in diesem Kapitel die Ergebnisse nach Prothesenart verglichen und einzeln dargestellt.

3.5.1. Vergleich der Ergebnisse nach Prothesenart

Wie in den untenstehenden Abbildungen nachvollziehbar, ergab sich zwischen den verschiedenen Gruppen der Prothesenversorgung Unterschiede im erreichten Constant Score. Beim postoperativen CS und der Kraft unterschieden sich die Gruppen signifikant, während die anderen gemessenen Kategorien zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede aufwiesen.

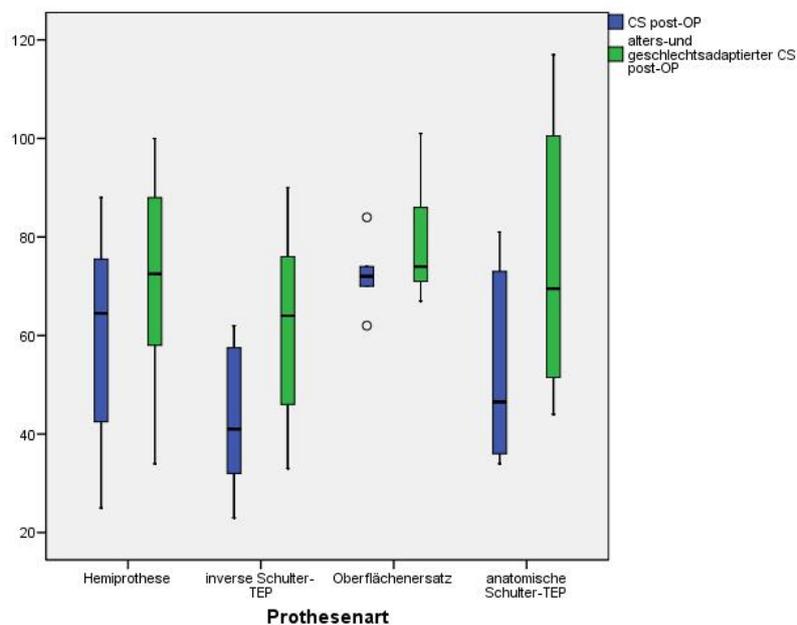


Abbildung 24: Constant Score und geschlechts- und altersadaptierter CS (nach Prothesenart)

	Hemiprothese	inverse TEP	Oberflächenersatz	anatomische TEP
Schmerz	13,45	11,29	12,80	12,13
Aktivität	15,65	11,57	17,40	14,88
Mobilität	24,90	18,29	29,60	21,25
Stärke	6,25	2,43	12,60	5,00
CS	60,25	43,57	72,40	53,25
adaptierter CS	72,50	61,57	79,80	75,50
Anteversion	118,00°	111,43°	126,00°	103,13
Abduktion	105,25°	100,00°	120,00°	94,38
ARO	52,25°	29,29°	67,00°	60,00

Tabelle 27: Ergebnisse nach Prothesenart

3.5.2. Im prä.- vs. postoperativen Vergleich

Oberflächenersatz

In dieser Prothesengruppe war insgesamt der geringste Unterschied im prä- vs. postoperativen Vergleich zu verzeichnen. Der CS, der alters- und geschlechtsadaptierte CS und all seine Unterfaktoren wiesen eine signifikante Verbesserung auf ($p < 0,05$).

Bei den subjektiven Parametern war nur der Schlaf signifikant weniger beeinträchtigt.

Die Bewegungsumfänge wiesen keine signifikante Steigerung auf.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,00	1,414	2	5
Aktivität	7,20	3,033	2	10
Mobilität	17,20	7,430	8	28
Stärke	4,00	2,550	1	7
CS	32,40	11,781	13	43
alters-und geschlechtsadaptierter CS	34,00	12,510	14	47
Anteversion	144,00°	28,810	110°	180°
Abduktion	110,00°	46,368	70°	160°
ARO	54,00°	26,077	30°	90°

Tabelle 28: präoperative Werte bei Oberflächenersatz

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,80	2,387	9	15
Aktivität	17,40	2,074	14	19
Mobilität	29,60	4,775	24	36
Stärke	12,60	3,578	8	17
CS	72,40	7,925	62	84
alters-und geschlechtsadaptierter CS	79,80	13,809	67	101
Anteversion	126,00°	27,019	100°	170°
Abduktion	120,00°	35,355	80°	170°

Ergebnisse

ARO	67,00°	17,889	45°	90°
-----	--------	--------	-----	-----

Tabelle 29: postoperative Werte bei Oberflächenersatz

Hemiprothese

Hier kam es zu einer signifikanten Steigerung beim CS mit all seinen Unterfaktoren, dem alters- und geschlechtsadaptierten CS und den subjektiven Parametern. Lediglich der Unterschied bei der Anteversion war nicht signifikant. Die Funktionsverbesserung war daher nur bei der Abduktion und ARO signifikant.

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	4,55	2,038	1	8
Aktivität	7,45	3,776	1	16
Mobilität	11,10	6,172	4	28
Stärke	1,70	2,677	0	8
CS	24,80	11,053	13	56
alters-und geschlechtsadaptierter CS	28,80	10,928	14	57
Anteversion	99,00°	32,751	60°	180°
Abduktion	71,50°	42,118	15°	170°
ARO	28,00°	32,823	0°	90°

Tabelle 30: präoperative Werte bei Hemiprothese

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	13,45	2,188	8	15
Aktivität	15,65	3,870	9	20
Mobilität	24,90	10,612	6	40
Stärke	6,25	5,159	0	15
CS	60,25	18,663	25	88
alters-und geschlechtsadaptierter CS	72,50	18,297	34	100
Anteversion	118,00°	45,376	30°	180°
Abduktion	105,25°	46,946	40°	180°
ARO	52,25°	31,684	0°	90°

Tabelle 31: postoperative Werte bei Hemiprothese

Anatomische TEP

Hier kam es zu einer signifikanten Steigerung beim CS mit all seinen Unterfaktoren, dem alters- und geschlechtsadaptierten CS. Bei den subjektiven Parametern waren nur die Körperpflege und der Schlaf signifikant weniger beeinträchtigt.

Im Bereich der Funktion wiesen die Anteversion, Abduktion und ARO keine signifikante Steigerung auf.

Totalendoprothese	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	5,50	3,117	1	10
Aktivität	5,88	3,523	0	10
Mobilität	11,25	5,548	4	20
Stärke	,25	,707	0	2
CS	22,88	7,586	13	33
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	32,75	10,687	20	48
Anteversion	81,25	26,424	40°	130°
Abduktion	73,75	23,867	40°	120°
ARO	29,38	28,839	0°	70°

Tabelle 32: präoperative Werte bei TEP

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	12,13	2,997	7	15
Aktivität	14,88	4,121	10	20
Mobilität	21,25	11,311	10	38
Stärke	5,00	3,665	0	8
CS	53,25	19,876	34	81
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	75,50	27,584	44	117
Anteversion	103,13°	43,666	45°	170°
Abduktion postoperativ	94,38°	39,046	40°	160°
ARO postoperativ	60,00°	32,842	20°	90°

Tabelle 33: postoperative Werte bei TEP

Inverse Prothese

Hier kam es zu einer signifikanten Verbesserung beim CS mit seinen Unterfaktoren Schmerz, Aktivität und Mobilität sowie dem alters- und geschlechtsadaptierten CS.

Die Kraft war zwar verbessert jedoch nicht signifikant, so auch das Überkopfarbeiten und die Bewegungsumfänge.

Die Schlafqualität und die Körperpflege wurden als signifikant besser beobachtet.

Prothese	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	3,57	2,299	0	7
Aktivität	4,57	4,315	0	10
Mobilität	8,86	4,880	2	18
Stärke	,29	,756	0	2
CS	17,29	7,804	6	25
alters-und geschlechtsadap- tierter CS	24,14	10,463	9	36
Anteversion	67,86°	36,039	0°	100°
Abduktion	52,86°	31,072	0°	100°
ARO	13,57°	11,073	0°	30°

Tabelle 34: prä- und postoperative Werte bei inverser Prothese

	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Schmerz	11,29	2,628	7	15
Aktivität	11,57	3,780	5	15
Mobilität	18,29	10,484	8	36
Stärke	2,43	2,507	0	6
CS	43,57	15,747	23	62
alters-und geschlechtsadaptierter CS	61,57	21,717	33	90
Anteversio	111,43°	38,048	70°	170°
Abduktion	100,00°	27,080	80°	160°
ARO	29,29°	33,220	0°	90°

Tabelle 35: postoperative Werte bei inverser Prothese

3.6. Nach Alter

Wir haben den cut-off auf 55 Jahre festgesetzt und die Altersgruppe <55 Jahre mit der Gruppe ≥ 55 Jahre verglichen. Hierbei schnitt die jüngere Gruppe etwas besser ab, jedoch wies der altersadaptierte Constant Score keinen signifikanten Unterschied auf. Die unter 55 jährigen kamen auf einen Mittelwert von 77 Punkten, während die ältere Gruppe auf einen Wert von 68 Punkten kam.

4. Diskussion.

4.1. Einführung

In der Literatur gibt es bisher wenige Studien zur AHN. Bei den vorliegenden Studien wurden gute Ergebnisse bei endoprothetischer Versorgung nachgewiesen. Bei allen ließ sich eine deutliche Schmerzreduktion und erhebliche Verbesserung der Schulterfunktion beobachten. Der Vergleich unseres Gesamtkollektivs mit anderen Studien ist von daher schwierig, da die anderen Studien entweder bezogen auf die Ätiologie spezifischer sind, oder eine geringere Vielfalt an Prothesentypen behandelten. Die Nekrotestadien werden nur in 2 anderen Studien beschrieben und nur in einer davon bei den Endergebnissen berücksichtigt. Dennoch lassen sich die einzelnen Ergebnisse vergleichen. Desweiteren lag keine Studie vor, die das umgebende Gewebe, sprich die Rotatorenmanschette, berücksichtigt. Hierzu haben wir daher keine Vergleichsvorlagen.

4.2. Ergebnisse der Schulterendoprothetik bei avaskulärer Humeruskopfnekrose

Unsere Studie zeigt eine signifikante Verbesserung der Schulterfunktion bei endoprothetischer Versorgung von AHN. Unsere Ergebnisse weisen eine signifikante Verbesserung des Constant Scores samt seiner Untergruppen auf. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass die Streuung jeweils sehr groß war. Dies ist durch die unterschiedlichen Ausgangssituationen zu erklären. Bei unseren Patienten lagen unterschiedliche Ätiologien vor, wobei erwartungsgemäß die atraumatische Gruppe im postoperativen Vergleich signifikant bessere Ergebnisse erzielte als die posttraumatische Gruppe. Dieser Unterschied spiegelt sich in den meisten Studien wieder, wobei jedoch einige keine von der Ätiologie abhängigen Differenzen fanden. Unsere Untersuchung auf postoperative Unterschiede in Bezug auf das Nekrotestadium ergab, dass die postoperativen Ergebnisse umso besser waren, je geringer die Nekrose ausgebildet war. So schnitt wie erwartet die Gruppe mit dem geringsten Nekrotestadium, dem Stadium 3 am besten ab. Bezogen auf die RM zeigte sich, dass solche mit einer präoperativ intakten RM-Funktion bessere postoperative Ergebnisse erzielten, als solche mit einer Insuffizienz der RM. Wobei wiederum solche mit intakter Funktion ohne Weichteilschäden eine höhere postoperative

Funktion erlangten, als solche mit intakter Funktion und geringgradig ausgeprägten Weichteilschäden.

Die verschiedenen Prothesengruppen zeigten im postoperativen Vergleich keine signifikanten Unterschiede untereinander. Am besten schnitt bei uns der Oberflächenersatz mit einem CS von 72 Punkten und einem alters- und geschlechtsadaptierten Score von 79,8% ab, hier lag jedoch auch präoperativ die geringste Einschränkung vor.

Die Steigerung der Funktion und die Schmerzreduktion bei Humeruskopfnekrose durch Endoprothesen in unserer Studie lassen sich durch andere Publikationen bestätigen. Einige maßen wie wir die Ergebnisse mit dem Constant Score, andere verwendeten den ASES und L'Insalata Score. Der ASES-Score wurde von amerikanischen Chirurgen entwickelt, ähnlich dem Constant Score setzt er sich aus demographischen Angaben, subjektive Parametern wie Schmerzempfindung und der objektiven Messung von Bewegungsgraden, Kraft und der Stabilität des Gelenkes zusammen. (33)

So veröffentlichte Raiss 2009 eine Studie über den Einsatz vom Oberflächenersatz bei AHN, wobei es wie bei uns zu einer signifikanten Verbesserung des Constant Score samt Untergruppen im Gesamtkollektiv und in der atraumatischen und der posttraumatischen Gruppe.

Das Gesamtkollektiv verbesserte sich im CS von präoperativ 30,8 Punkten auf postoperativ 61,6 Punkte, was tendenziell besser war als bei unserem Gesamtkollektiv (57,45 Punkte), jedoch etwas schlechter als unsere Ergebnisse bei Einsatz eines Oberflächenersatzes (72,40 Punkte). Der Schmerz wurde stark reduziert und lag bei 12,7 Punkten, was in etwa unserem Wert entspricht (12,73 Punkte im Gesamtkollektiv).

Die postoperative Anteversion ($138,5^\circ$) und die Abduktion ($120,3^\circ$) waren viel höher als bei uns (Anteversion $114,88^\circ$ und Abduktion 104°). Dafür betrug die ARO nur $26,5^\circ$ (bei uns $51,63^\circ$). Betrachtet man die Patienten in Bezug auf ihre Genese, so waren die Werte ebenfalls mit unseren vergleichbar. Die atraumatische Gruppe erreichte 69,8 Punkte (bei uns 69,29 Punkte) und gab beim Schmerz 14,2 Punkte (bei uns 13,41 Punkte) an. Diese Gruppe war im CS, der Abduktion ($141,7^\circ$, bei uns $123,24^\circ$) und Kraft (6 Punkte) signifikant besser als die posttraumatische Gruppe. Auch der präoperative CS war hier höher, Ausnahmen stellten jedoch der Schmerz (3,3 Punkte) und die Flexion, die in beiden Gruppen präoperativ $86,7^\circ$ betrug. Der postoperative CS lag bei den post-

traumatischen Patienten bei 52,4 Punkte, etwas höher als bei uns, während der Schmerz mit 11 Punkten vergleichbar war (bei uns 12,22 Punkte).

Allgemein lässt sich anmerken, dass das Gesamtkollektiv bei Raiss mit im Mittel 48 Jahren jünger war als bei uns (54 Jahre). (47)

Besonders gute Ergebnisse zeigte eine Studie von Ohl, bei der das Outcome von Hemiprothesen untersucht wurde.

Jedoch lagen hier andere Bedingungen vor, eingeschlossen waren Patienten mit primärer oder sekundärer Osteoarthritis oder AHN ohne Glenoidläsion, was bereits präoperativ zu besseren Werten führte. Von 19 betroffenen Schultern handelte es sich 11mal um eine AHN. In seiner Studie konnte ebenfalls eine signifikante Reduzierung des Schmerzes und ein signifikant höherer CS (37 bis 89 Punkte, 41% bis 107%) festgestellt werden. Diese Werte lagen weit über unseren, während das mittlere OP-Alter ähnlich unserem bei 54,5 Jahren lag. (43)

Auch Feeley publizierte 2008 eine Studie mit einer deutlichen Steigerung der Funktion, ausgewertet wurden die Daten mit dem ASES und L'Insalata.

Bezogen auf die Ätiologie war es ebenfalls eine gemischte Studie. Es lagen steroidinduzierte, posttraumatische und idiopathische Humeruskopfnekrosen sowie Humeruskopfnekrose im Rahmen einer Sichelzellanämie vor. Bei den Prothesen handelte es sich um HEP und TEP. Die Beweglichkeit war mit unserer Studie vergleichbar, die Elevation betrug 127° und die ARO 49° . Anders als bei uns, lagen hier in den Ergebnissen keine Unterschiede hinsichtlich der Ätiologie vor, nur die Bewegungsgrade waren signifikant niedriger bei posttraumatischen Patienten. Ebenfalls gab es keinen signifikanten Unterschied beim Ergebnis des ASES und dem Bewegungsgrad zwischen TEP und HEP. Die TEP war nur bei der Anteversion etwas schlechter, ARO und IRO waren nicht unterschiedlich. Als Gründe für besseres Abschneiden der HEP nennt Feeley, dass die Patienten mit einer HEP einen niedrigeren Nekrosegrad hatten und dass ein größerer Kollaps mehr Gewebekontraktur mit sich bringt, welches das postoperative Ergebnis negativ beeinflusst. Außerdem kommt es zu weniger Weichteilschädigung bei der Implantation der HEP. Auch in dieser Studie konnte keine signifikante Korrelation bezüglich Alter und Geschlecht nachgewiesen werden. In der atraumatischen Gruppe mit 43 Schultern konnte die HEP ebenfalls in beiden Scores signifikant besser abschneiden. Auch die Anteversion war besser, nur ARO und IRO waren gleich.

Bei den 17 posttraumatischen Humeruskopfnekrose kam es zu keinem signifikanten Unterschied in ASES und L'Insalata. Jedoch waren hier die Flexion, IRO und ARO signifikant niedriger bei der TEP. Insgesamt hatte die posttraumatische Gruppe signifikant niedrigere Flexion und ARO, wahrscheinlich durch mehr Narbengewebe infolge von Frakturheilung oder Voroperationen. (16)

In einer von Hatrup veröffentlichten Studie gaben 79,5% eine subjektive Verbesserung an und 77,3% verneinten gelegentlichen mittleren Schmerz. Der mittlere ASES ergab 63 Punkte. Wie bei uns schnitt die Gruppe mit der steroidinduzierten Humeruskopfnekrose am besten ab, während die posttraumatische Humeruskopfnekrose signifikant schlechtere Ergebnisse lieferte. (25)

Orfaly veröffentlichte 2007 Daten seiner prospektiven monozentrischen Studie über Eingriffe mit HEP und TEP bei posttraumatischer, steroidinduzierter und idiopathischer Humeruskopfnekrose mit vergleichbar guten Ergebnissen.

Schmerz und Funktion verbesserten sich postoperativ signifikant. Anteversion stieg von 88° zu 123° und ARO von 7° zu 34° . Auch hier zeigte sich das Outcome unabhängig von Geschlecht und Alter. Patienten mit steroidinduzierter und idiopathischer Humeruskopfnekrose hatten präoperativ mehr Schmerzen und eine höhere Funktionseinschränkung als posttraumatische. Postoperativ hatten die Gruppen bei Orfaly ein ähnlich gutes Ergebnis beim American Shoulder and Elbow Surgeons Shoulder Score Index (SSI), 78 vs. 82 Punkte. Diese präoperativen Unterschiede waren bei uns nicht in der Art vorhanden, der Schmerz war bei beiden Gruppen ähnlich ausgeprägt und die Bewegungsmaße waren in der atraumatischen Gruppe tendenziell höher. (44)

In einer Studie von Tauber verbesserte sich bei 38 posttraumatischen Patienten das funktionelle und klinische Ergebnis von insgesamt 27 Punkten zu 57 Punkten. Dies entsprach hier einem alters- und geschlechtsadaptierten CS von 35% präoperativ und 76% postoperativ, bei einem insgesamt älteren Kollektiv als unserem (mittleres Alter 64 Jahre). Diese Werte sind besser als die unserer posttraumatischen Gruppe (CS 48,7 Punkte) und sogar besser als die unseres Gesamtkollektivs. Allerdings lag bei unserer posttraumatischen Gruppe bereits präoperativ eine schlechtere Funktion vor mit einem CS von 20,48 Punkten und einen adaptierten CS von 26,3%. Ähnlich war es bei der Beweglichkeit, hier wurden postoperativ bei der Abduktion 116° erreicht und bei der Flexion 120° . Die Werte unserer posttraumatischen Patienten waren bei der Abduktion $89,78^\circ$ und bei

der Anteversion $96,96^\circ$. Die Außenrotation schnitt jedoch mit 39° schlechter ab als unser Gesamtkollektiv ($51,63^\circ$), lag jedoch höher als bei unseren posttraumatischen Patienten (bei uns $34,13^\circ$). Tauber schloss aus seiner Studie, dass Patienten mit posttraumatischer Humeruskopfnekrose deutlich besser von einer Endoprothese profitieren, umso besser die Fraktur anatomisch verheilt war, weil bei ihm Patienten mit einer präoperativ guten anatomischen Frakturheilung unabhängig von dem Nekrosegrad ein gutes funktionelles Ergebnis erzielten.

Bei den 31 Patienten mit einer HEP kam es zu einem adaptierten CS von 78% postoperativ. Die 3 Patienten mit TEP hatten eine ähnliche Verbesserung von 31% auf 76% und bei den 4 inversen Prothesen kam es von 36% präoperativ zu 65% postoperativ. Diese postoperativen Werte sind unseren ähnlich. (53)

Auch bei uns erzielte die HEP die höchste Punktzahl, gefolgt von der anatomischen TEP. Am schlechtesten schloss je die inverse TEP ab.

Bei uns und auch bei Tauber lag keine gleichmäßige Verteilung der Prothesen vor.

Parsch und Lehner veröffentlichten Daten von Patienten mit atraumatischer Humeruskopfnekrose nach Einsatz von Total- und Hemiprothesen. Abgesehen von einem Patienten mit subtotaler Glenoiddestruktion wurde bei Glenoidabnutzung immer eine TEP eingesetzt. Präoperativ war der mittlere CS mit 18 Punkten bzw. 24% viel niedriger als bei unserer atraumatischen Gruppe (28,88 Punkte und 33,65%), wobei bei uns Patienten dabei waren, die nur einen Oberflächenersatz benötigten. Bei der Nachuntersuchung erreichten die Patienten 51 Punkte bzw. 69%, was eine signifikante Verbesserung darstellt. Jedoch ebenfalls weit unter unseren Werten lag (69,29 Punkte und 83,65%).

Alle Unterscores besserten sich ebenfalls signifikant, waren aber auch unter unseren Ergebnissen. So verbesserte sich die postoperative Punktzahl des Schmerzes von 2 nur zu 8 Punkten, was nicht so gut war wie bei uns (postoperativ 13,41 Punkten). Die Patienten über 65 Jahre erreichten einen geringeren CS (58%) als Patienten unter 65 Jahren (82%). (45) Das bessere Abschneiden der Jüngeren zeigte auch unser Vergleich, wobei bei uns ein cut-off bei 55 Jahren lag.

Auch bei Mansat erreichten HEP-Patienten einen höheren Constant Score und bessere Bewegungsmaße als TEP-Patienten. In dieser Studie wurden Patienten mit atraumatischer Humeruskopfnekrose nachuntersucht, welche eine HEP oder TEP erhalten hatten.

In Bezug auf den postoperativen geschlechts- und altersadaptierten CS war diese Studie mit 78% mit unserer atraumatischen Gruppe vergleichbar (bei uns 83,65%).

Schmerz verbesserte sich von 1,5 zu 11,5 Punkten. Bei der Anteversion wurden 107° (bei uns 139,12°) erreicht und bei der ARO 20° (bei uns 75,29°). Eine Patientin war in der Beweglichkeit aufgrund einer vorangegangenen Radiotherapie bei Mammakarzinom sehr eingeschränkt, sie hatte eine Paralyse der oberen Extremität. Schließe man sie aus, wäre die mittlere Flexion mit im Mittel 125° besser gewesen. Die Bewegungsmaße waren dennoch insgesamt niedriger als bei unseren atraumatischen Patienten. (39)

Im Rahmen unserer Studie erzielten die Patienten mit einem Nekrorestadium 3 die besten postoperativen Ergebnisse. So ergaben sich hier für den CS 74 Punkte und für den alters- und geschlechtsadaptierten CS 78,67%. Das Stadium 4 erreichte beim CS 57,71 Punkte und das Stadium 5 erreichte 51,1 Punkte. Beim Stadium 3 lag auch präoperativ ein geringerer Funktionsverlust vor als bei den Patienten mit einer AHN in den Stadien 4 und 5. Lediglich die präoperativen Schmerzen wurden hier präoperativ stärker angegeben als bei den beiden schlechteren Stadien.

Die Funktionssteigerung und Schmerzlinderung durch die Implantation der Endoprothese war jeweils bei dem Nekroseggrad 4 und 5 in allen untersuchten Kategorien, abgesehen von der Anteversion signifikant. Patienten mit einem Stadium 3 profitierten ebenfalls in allen Bereichen von der Funktionszunahme, signifikante Verbesserungen wurden jedoch nur bei der Schmerzlinderung und der gesteigerten Aktivität im Alltag gemessen. Bei Parsch werden die Stadien der AHN im Patientenkollektiv beschrieben, jedoch wurden diese nicht bei der Beurteilung der Endergebnisse mit einbezogen. Hier wurde lediglich beschrieben, dass die Patienten, die eine AHN des Stadium 5 oder postoperativ bei Z.n. Hemiprothesenimplantation Gleonoidschäden aufwiesen, mit ihrem postoperativen Ergebnis nicht zufrieden waren.

In Parsch`s Studie wurde die AHN nach Cruess eingeteilt. Hier lag bei 5 Schultern das Stadium 5, bei 4 Schultern das Stadium 4 und bei 2 Schultern das Stadium 3 vor. Wie bei unserem Patientenkollektiv fehlten die Stadien 1 und 2. (45)

L`Insalata beschrieb die Ergebnisse verschiedener Therapiekonzepte, welche er je nach Ausprägungsgrad und Leidensdruck anwendete. Hierzu zählten die konservative Behandlung der Nekrose, das Aufbohren des Humeruskopfes sowie die Versorgung durch eine Prothese. In der Gesamtgruppe der operierten Schultern lagen ebenfalls nur die

Stadien 3 (14mal), 4 (16mal) und 5 (3mal) vor. Die postoperativen Ergebnisse wurden anhand der Patientenzufriedenheit, der Schmerzen und der Schulterfunktion gemessen und in poor (schlecht) und satisfactory (zufriedenstellend) eingeteilt.

Initial wurden hier 13 Schultern bei hohem Leidensdruck sofort operiert, 22 Schultern wurden erst im Verlauf (im Mittel 2 Jahre nach Erstvorstellung) operiert und 17 Schultern blieben konservativ. Laut L'Insalata sind die Ergebnisse der Nekrorestadien 3-5 schlechter im Vergleich zu jenen mit den Stadien 1-2. (37)

Unter Berücksichtigung der Funktion und Morphologie der RM teilten wir unser Patientenkollektiv in drei Gruppen ein.

Postoperativ wiesen die Patienten mit einer präoperativ intakten RM der betroffenen Schulter die besten Ergebnisse auf. Allgemein konnte jedoch kein signifikanter Einfluss der RM auf die Endergebnisse des CS und seiner Untergruppen beobachtet werden. Im Rahmen aller untersuchten Kategorien zeigte sich lediglich bei der Körperpflege ein signifikanter Unterschied zwischen den unterschiedlichen Stadien der RM-Funktion. Der CS der Gruppe mit intakter Funktion ohne Weichteilschäden liegt dementsprechend mit 62,67 Punkten vor der Gruppe mit intakter Funktion bei Weichteilschäden (58,22 Punkte) und der mit insuffizienter RM (49,80 Punkte). Die gleiche Reihenfolge ergab sich auch beim alters- und geschlechtsadaptierten CS (79,75% > 71,72% > 63,60%).

Lediglich der Schmerz stellte hier eine Ausnahme dar. In der Gruppe mit intakter Funktion, jedoch mit teilweiser Schädigung der RM, war der postoperative Schmerz am geringsten ausgeprägt, wobei der Unterschied zu Gruppe mit intakter Funktion und intakter Morphologie hier nur minimal war. Bei den subjektiven Parametern gab die Gruppe 1 jeweils die besseren Bewertungen als Gruppe 2 und 3 an.

In einer Studie wird zwar eine Aussage zu dazu getroffen, dass das klinische Ergebnis nicht durch das Alter, Geschlecht, die Ätiologie, den Prothesentyp oder vorliegende Schäden der RM beeinflusst wird, auf vorliegende Daten wird hier jedoch nicht eingegangen. (43)

4.3. Subjektive Zufriedenheit

Die Patienten unserer Studie gaben eine hohe Zufriedenheit mit ihrem postoperativen Ergebnis an. Die Bewertung lag im Schnitt zwischen sehr zufrieden und zufrieden.

Maßgeblich hatten dazu die Schmerzreduktion und die bessere Alltagstauglichkeit der Schulter beigetragen. Entscheidend ist hier eher das bessere Empfinden des Patienten als die erreichte Höhe des Constant Scores.

Die Zufriedenheit in anderen Studien zu Schulterprothetik bei avaskulärer Humeruskopfnekrose war vergleichbar hoch. (39, 53, 16, 47)

4.4. Komplikationen

In unserer Studie kam es in vier Fällen (10%) zu Komplikationen, die einer Behandlung bedurften, bei keinem davon war eine Revision erforderlich.

Diese Komplikationsrate korreliert mit den Daten anderer Studien, die jedoch meist höher lagen.

Bei Tauber et al. kam es bei 38 Patienten zu zwei Revisionen. Aufgrund einer Insuffizienz der Subskapularissehne musste acht Monate postoperativ ein Pectoralis major Transfer vorgenommen werden. Symptomatisch lagen hier Schmerz und eine Innenrotationsdefizienz vor. 29 Monate später hatte der Patient ein gutes Ergebnis mit einem adaptierten CS von 84%. Ein anderer Patient entwickelte eine schwere Bewegungseinschränkung mit persistierendem Schmerz. Hier wurde nach einer Osteotomie der großen Tuberosita mit anatomischer Reduktion und Cerclage ein CS-Wert von 68% erzielt. (53) In der von Raiss veröffentlichten Studie mussten keine Revisionen der Endoprothesen vorgenommen werden. Eine Reoperation wurde 18 Tage postoperativ durchgeführt, hierbei handelte es sich um ein Debridement aufgrund einer superfizialen Wundinfektion. Ein anderer Patient entwickelte 44 Monate postoperativ eine neuralgische Schulteramyotrophie, jedoch bei Z.n. Radiotherapie. Ein anderer posttraumatischer Patient litt an anhaltenden Schmerzen. In der Röntgenkontrolle gab es keine Anzeichen auf Implantatlockerung, kein Zeichen auf Glenoidverschleiß oder Humeruskopfdislokation. (47) Bei Ohl kam es operationsbedingt zu einer tiefen Infektion und ein anderer entwickelte eine Algodystrophie. Revisionen werden nicht erwähnt ($>0,5$ mm). (43)

Bei Feeley mussten 8 Reoperationen durchgeführt werden, was mit 5,12% eine relativ häufige Revisionsrate im Vergleich mit den anderen Studien ist.

Dabei wurden bei den HEP zwei Revisionen aufgrund von exzessiven glenoidalen Abriebs und den TEP fünf Revisionen durchgeführt, einmal wegen einer Lockerung der humeralen Komponente und viermal bei Lockerung der glenoidalen Komponente. Eine

weitere Reoperation wurde wegen einer superfiziellen Wundinfektion als Débridement durchgeführt. (16)

In der Studie von Hatstrup waren keine Revisionen nötig. Die häufigste Komplikation waren hier RM-Einrisse (18.1%), vor allem bei voroperierten Schultern. (25)

In der Studie von Orfaly wurde eine Revision (0,23%) bei symptomatischer Lockerung der Glenoidkomponente nach drei Jahren vorgenommen. (44)

Auch bei Mansat wurden keine Revisionen durchgeführt. (39)

Weitgehend asymptotische Komplikationen wie radiographisch nachweisbare Lockerungszeichen und Glenoidnotching sind bei uns auch aufgetreten. Im Vergleich mit den anderen Studien sind diese Vorkommnisse bei uns tendenziell seltener.

Bei uns kam es in 10% der Fälle zu einem inferioren Glenoid-Notching. Desweiteren kam es zu mehreren Lockerungszeichen wie heterotoper Ossifikationen (5%) und Saumbildung (10%). In sechs Fällen konnte ein leichter Humeruskopfhochstand bzw. eine anterior-superiore Luxation beobachtet werden. Neben dem inferioren Glenoidnotching kam es zweimal zur kranialen Einarbeitung ins Glenoid und einmal zum ventralen Abrieb der Glenoidkomponente.

Bei der von Parsch und Lehner veröffentlichten Studie wurden in zwei von 13 Fällen Lysesäume nachgewiesen. Der eine an der humeralen und der andere an der glenoidalen Komponente. In keinem der Fälle wurde eine Migration nachgewiesen. Bei zwei von acht HEP-Patienten kam es zu einer progressiven Glenoiderosion. (45)

In der kürzlich von Ohl veröffentlichten Studie entwickelten 36% (4 von 11 Patienten) der Patienten mit AHN einen signifikanten Glenoidabrieb. (43)

Bei den von Mansat 19 untersuchten Schultern gab es zweimal die glenoidale Komponente umreihende Lysezeichen, davon eine mit glenoidaler Lockerung.

Bei zwei HEP's wurden Glenoiderosionen nachgewiesen mit Verlust des Gelenkspalts. Abgesehen von dieser einen Lockerung und den Glenoiderosionen kam es zu keinen weiteren Komplikationen. (39)

4.5. Alternativen

Neben der operativen Therapie gibt es auch konservative Möglichkeiten. Eine konservative Therapie ist aber nur bei einem niedrigen Nekrosegrad sinnvoll, hier sollte soweit wie möglich die Grunderkrankung behandelt und eine symptomatische Therapie vorge-

nommen werden. (7) Um eine Deformierung zu verhindern sollten die auf das Gelenk wirkenden Kräfte reduziert werden. Cruess beschreibt außerdem ein Programm mit Pendelbewegungen mit einer Bewegungsbegrenzung, so dass der Arm nicht über den Kopf gehoben werden darf. (12) Bei seiner 1976 veröffentlichten Studie wurde das Outcome dieser Therapieoption bei 18 Patienten/ 20 Schultern untersucht. Hierbei ist es bei 9 Patienten mit nur minimalen Deformitäten zur Heilung kommen. 6 Patienten entwickelten eine moderate bis schwere Deformität. Das funktionelle Ergebnis war jedoch nicht so gut. Alle waren in Bezug auf Beweglichkeit eingeschränkt, v.a. in der Abduktion und ARO und alle waren in der alltäglichen Aktivität eingeschränkt. Die letzte Gruppe mit 4 Patienten hatte starke Schmerzen und fortgeschrittene radiologisch nachweisbare Läsionen, die Außenrotation war fast unmöglich. Insgesamt kam es 14mal zu einem befriedigenden Outcome und fünf Patienten/ sechs Schultern brauchten letztendlich eine Prothese (insgesamt 18 Patienten/20 Schultern). (12) Die Ziele der konservativen Therapie sollten sein, den Patienten die Beschwerden (Symptome) zu nehmen, ein weiteres Fortschreiten der Erkrankung zu verhindern und die Schulterfunktion zu verbessern. (22)

Zu den operativen Alternativen im Frühstadium zählen das Anbohren des Nekroseareals und die Hohlräumfräsung. Beides dient vor allem der Markkraumentlastung, welche wiederum eine bessere Versorgung mit sich zieht und so die Erholung des Gewebes verbessert. (14) Für das meist gute Ergebnis ist hier eine frühzeitige Intervention wichtig. (28)

Im Rahmen einer Arthroskopie kann eine Synovektomie, ein Debridement und Entfernung von Osteophyten und freier Gelenkkörperchen vorgenommen werden. Daneben bietet die Arthroskopie auch eine gute Möglichkeit zur Inspektion, Biopsie und trägt zur Entscheidung zum weiteren therapeutischen Vorgehen bei. (22) Bei fortgeschrittener Destruktion kann neben dem Einsatz einer Endoprothese auch eine Arthrodesse als ultimo Ratio vorgenommen. (14) Dies jedoch nur als Ausnahme bei jüngeren Patienten, oder nach mehreren Prothesenwechseln. (7)

Bei einer von L'Insalata 1996 veröffentlichten Studie wurden 42 Patienten/ 65 Schultern zunächst konservativ behandelt. Das mittlere Alter betrug 46 Jahre, bei zwei Patienten lag eine posttraumatische Genese vor, der Rest hatte eine atraumatische Humeruskopfnekrose. Die Therapie setzte sich aus Anpassung der Aktivität, Physiotherapie, Be-

handlung der zugrunde liegenden Erkrankung und antiinflammatorische Therapie zusammen. Die Beurteilung erfolgte anhand subjektiver Parameter wie Gesamteinschätzung, Schmerz, Funktion und Zufriedenheit. Zudem wurde der Befund radiologisch kontrolliert: Kongruenz des Gelenkes, Staging der Osteonekrose und Beurteilung über die Progression.

Bei 13 Schultern musste aufgrund starker Schmerzen und Behinderung umgehend eine Prothesenversorgung vorgenommen werden. Bei restlichen 52 Schultern konnte die konservative Therapie durchgeführt werden. Dabei kam es bei 22 Schultern zu einem Fortbestehen oder einer Progression der AHN und der Beschwerden, so dass im Mittel von zwei Jahren Schulterprothesen eingesetzt werden mussten, bzw. in einem Fall eine Arthrodesis vorgenommen wurde. Die 30 konservativ behandelten Schultern wurden im Mittel bei einem follow-up von zehn Jahren nachuntersucht. Hierbei kam es für 15 Schultern zu einem befriedigenden Ergebnis und für 15 zu einem schlechten Ergebnis. Vier Schultern davon wurden zu Kandidaten für eine TEP und der Rest der Patienten ist allgemein eingeschränkt oder zeigt sich hinsichtlich der Funktion nicht anspruchsvoll und wurde daher konservativ behandelt. Bei fünf Schultern wurde eine Anbohrung des Humeruskopfes vorgenommen, vier befanden sich im Stadium 3, bei der fünften Schulter lagen keine vorhergehenden Röntgenbilder zur Stadieneinteilung vor. Bei allen fand danach eine Progression statt. Vier Schultern wurden später mit einer Endoprothese versorgt. Auch die fünfte Schulter entwickelte sich auch im Laufe von 4 Jahren zu einem Prothesenkandidaten. Das Anbohren im Stadium 3 hatte keinen Schutz bezüglich der klinischen und radiographischen Progression.

Insgesamt hatten 52 Schultern eine klinische Progression der Erkrankung. (37) In einer 1993 von Mont veröffentlichten Studie wurde das Outcome 5,6 Jahre nach Knochenmarksdekompression untersucht. Zwei Drittel der Patienten hatten ein exzellentes Ergebnis und 6% ein gutes. 24% hatten schlechte Ergebnisse und erhielten im Verlauf eine endoprothetische Versorgung. Hier war eine Korrelation mit dem Ausgangsstadium zu erkennen. Je höher der Nekrosegrad, umso höher war die spätere Endoprothesenrate. (40) Neuere Therapieoptionen wären ebenfalls vasoaktive Medikamente in den frühen Stadien der Osteonekrose, um die Reparatur zu stimulieren, sowie elektromagnetische oder mechanische Stimulation wie z.B. die Stoßwellentherapie, die hyperbare

Oxygenierung oder der Einsatz von Zytokinen, um die Reparaturfähigkeit zu stimulieren und damit den klinischen Verlauf zu verbessern.(27)

4.6. Limitierung dieser Studie

Unser Patientengut weist eine geringe Zahl auf, die retrospektiv untersucht werden konnten. Außerdem liegt hier eine große Streuung bezüglich des Nachuntersuchungszeitraumes vor, was sich negativ auf die Vergleichbarkeit der postoperativen Ergebnisse auswirkt. Da es sich bei unserer Studie um eine retrospektive Arbeit handelt, kann es bei den subjektiven präoperativen Parametern, die im follow-up abgefragt wurden, im Laufe der Zeit zu veränderter Einschätzung gekommen sein. Bei der Einteilung nach dem Zustand der RM lag eine sehr weite Streuung vor, wobei die Grenzen schwer zu ziehen waren. Die Beurteilung der Funktionalität und Morphologie stützte sich vorrangig auf die OP-Berichte. Nicht jeder Patient hatte präoperativ eine Ultraschalluntersuchung erhalten. Hinzu kommt, dass hier einige mit insuffizienter RM intraoperativ zusätzliche Weichteileingriffe erhielten, z. B. eine Arthrolyse, Tenodese oder sogar Transposition einer Sehne. Auch über den Status der RM-Muskulatur liegen keine vollständigen Daten vor, was insbesondere aufgrund der Metallartefakte bei den posttraumatischen AHN weder im CT oder MRT möglich war. Leider fanden die meisten Frakturversorgungen außerhalb statt, so dass bei der posttraumatischen Gruppe nicht bei allen Patienten Informationen über den Frakturtyp vorlagen. Ein ähnliches Problem stellte ein Teil der vorhergegangenen Operationen dar. Da viele Frakturen außerhalb versorgt wurden, waren die Informationen über den Verlauf unbekannt und nicht mehr nachvollziehbar.

5. Zusammenfassung

Im Zeitraum von Dezember 1996 bis Februar 2008 wurden an der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus insgesamt 58 Eingriffe zur endoprothetischen Versorgung bei avaskulärer HKN durchgeführt. Hiervon wurden 37 Patienten, dies entspricht in unserem Fall 40 betroffenen Schultern, im Rahmen unserer Studie nachuntersucht. Das mittlere Operationsalter lag bei 54,4 Jahren, dabei erstreckte sich das Alter von 24 bis 78 Jahren. Die linke und rechte Schulter waren gleich häufig betroffen, je 20mal. Bei 19 Schultergelenken handelte es sich um die dominante Seite (47,5%) und 21mal war die nicht-dominante Seite betroffen (52,5%). 23 Schultern waren bereits voroperiert.

Bei 25 erkrankten Schultern hatte sich die AHN nach einem Trauma entwickelt und bei 15 Schultern war sie atraumatischer Genese. In unserem Patientenkollektiv lagen drei Nekrotestadien vor. Nach Einteilung gemäß der ARCO-Klassifikation befanden sich präoperativ 3 betroffene Schultern im Stadium 3, 28 Schultern befanden sich in einem AHN-Stadium 4 und 9 im Stadium 5.

Bei 12 betroffenen Schultern war die Rotatorenmanschette präoperativ sowohl funktionell als auch morphologisch mittels bildgebenden Verfahren evaluiert worden. 18 Schultern waren zwar funktionell intakt, wiesen jedoch morphologische Schäden im Sinne von leichteren Weichteilschäden vor, wobei teils neben der RM auch der Deltamuskel und/oder der M. supraspinatus betroffen waren. Eine Insuffizienz von zwei oder mehr Muskeln der Rotatorenmanschette lag präoperativ bei 10 Schultern vor, vorrangig aufgrund von Atrophie, fettiger Atrophie der Muskulatur und narbiger Verkürzung. Vollständige Defekte, der SSP-, ISP- und SSC-Ruptur traten einmal auf.

Es wurden 20 Hemiprothesen (50%), 8 Totalendoprothesen (20%), sieben inverse Prothesen nach Grammont (17,5%) und fünf Kappenprothesen nach Copeland(12,5%) eingesetzt.

Die klinische und radiologische Nachuntersuchungen zur Studie fanden im Mittel 50,9 Monate (Minimum acht Monate, Maximum 141 Monate) nach der Implantation der jeweiligen Schulterendoprothese statt. Dies geschah im Rahmen der normalen klinischen Verlaufskontrolle.

Als Bewertungsmaßstab für die Funktion wurde der Constant Score verwendet. Der Constant Score verbesserte sich von präoperativ 24,05 Punkten auf postoperativ 57,45 Punkte.

Auch im alters- und geschlechtsadaptierten Constant Score kam es zu einer signifikanten Verbesserung. Hier lag die Differenz zwischen prä- und postoperativ bei 42,7 Punkten. Im Mittel wurde postoperativ 72,1% des alters- und geschlechtsadaptierten CS erreicht, wobei die Spannweite von 33% bis 117% sehr groß war. Alle Untergruppen des CS wiesen ebenfalls eine Verbesserung auf. Bei allen war eine deutliche Schmerzreduktion aufzuweisen. Die Aktivität und der Bewegungsumfang wurden gesteigert. Die geringste Verbesserung war in der Kraft nachzuweisen.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 17 Patienten mit dem Resultat der Prothesenversorgung sehr zufrieden, 21 Patienten waren zufrieden und zwei Patienten waren enttäuscht. Keiner der Patienten war unzufrieden.

In der radiologischen Untersuchung konnte bei einer Patientin mit anatomischer TEP bei posttraumatischer AHN mit Z.n. Radiatio bei Mammakarzinom eine Implantatlockerung festgestellt werden, welche jedoch auf Wunsch der Patientin nicht revidiert wurde. Bei vier Fällen einer anatomischen Endoprothese wurde ein Humeruskopfhochstand, vermutlich als Folge einer Subscapularis-Insuffizienz beobachtet.

Ein Glenoid Notching konnte bei 4 von 7 inversen TEP nachgewiesen werden, in allen Fällen handelte es sich um ein Grad 1-Notching nach Sirveaux.

Die Ausbildung heterotoper Ossifikationen ließ sich bei zwei Patienten röntgenologisch darstellen. Eine Saumbildung des proximalen Schaftes war in vier Fällen nachweisbar.

Bei einer Patientin mit einer inversen Prothese entwickelte sich sechs Monate postoperativ ein Ermüdungsbruch des Akromions, welche sich bis 2008 verschlechterte. Ab 2008 war der Verlauf jedoch konstant, ohne Bedarf einer Reoperation. Das Akromion verblieb in 40° nach kaudal gekippt in Fehlstellung verheilt.

Die Patienten mit einer atraumatischen Humeruskopfnekrose erzielten ein signifikant besseres Ergebnis als Patienten mit einer proximalen Humeruskopffraktur in der Vorgeschichte, wobei in der ersten Gruppe der klinische Ausgangsbefund günstiger und die morphologischen Vorschäden an Weichteilen und Knochensubstanz eindeutig geringer waren. Beide Patientengruppen erzielten eine signifikante Steigerung der Schulterfunktion. Im Vergleich gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den un-

terschiedlichen Nekrosestadien. In Bezug auf die Ausprägung des Nekrosegrades zeigte sich bei Patienten mit dem Nekrosegrad 3 das beste klinische Ergebnis, dicht gefolgt vom Nekrosegrad 4 und 5, die Unterschiede waren auch hier nicht signifikant.

In einigen Punkten schnitten manche Patienten mit insuffizienter RM sogar leicht besser ab, wobei hier der Einfluss des verwendeten Typs eine wesentliche Rolle spielt (Inverse TEP). Die Bewegungsumfänge waren jedoch postoperativ bei der Gruppe mit der intakten RM besser. Bezogen auf den eingesetzten Prothesentyp erhielten die Patienten mit einem Oberflächenersatz die besten Ergebnisse, wobei in dieser Gruppe auch die geringsten Vorschäden an der Gelenkpfanne, der Rotatorenmanschette, des Deltamuskels und im periartikulären Gleitlager vorlagen. Die Unterschiede zwischen den Prothesentypen waren jedoch nicht signifikant. Am schlechtesten schnitt die inverse Prothese ab, wobei die Negativ-Selektion infolge der schlechteren Ausgangsposition zu berücksichtigen ist.

Den Ergebnissen zufolge ist es insbesondere bei atraumatischer Genese am besten einen frühzeitigen Gelenkersatz anzustreben, noch bevor der Gelenkknorpel der Gelenkpfanne zerstört ist und eine sekundäre Einsteifung bzw. kontrakte Verkürzung der Rotatorenmanschette vorliegt. Dies gilt auch für die posttraumatischen Situationen, wobei als Folge der Voreingriffe, z.B. fehlgeschlagener Osteosynthesen, diese oft nicht mehr intakt waren und zudem ausgedehnte narbige Verwachsungen vorlagen. In diesem Stadium war ein akzeptables funktionelles Ergebnis nur noch durch die Implantation einer inversen TEP zu erzielen.

6. Literaturverzeichnis

1. Aubigné, D. (1965). "IDIOPATHIC NECROSIS OF THE FEMORAL HEAD IN ADULTS " Journal of Bone and Joint Surgery (British Volume) 47: 612–633.
2. Biomet "<http://www.biomet.de/de-medical/de-Gelenkersatz/de-Schulter/de-copeland>."
3. Biomet Orthopedics (2001). "Copeland™/Copeland™ EAST™ Humeral Resurfacing Head."
4. Boileau P, W. D., Hatzidakis AM, Balg F. (2005). "Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics." J Shoulder Elbow Surg 14: 147S-161S.
5. Boileau P, W. D., Hatzidakis AM, Hovorka I (2006). "Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty." J Shoulder Elbow Surg. 15: 527-540.
6. Boyer, P., J. M. Alsac, et al. (2007). "Four-part fracture after intrathoracic displacement of the humeral head: a case report and review of the literature." Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 127(8): 651-654.
7. Breusch, M., Sabo (2006). "Schultergelenk." Klinikleitfaden Orthopädie.
8. Bruns J, Steinhagen J (2007). "Aseptische Knochennekrosen und Osteochondrosis dissecans." Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie, Georg Thieme Verlag, Herausgeber: Wirth, Mutschler.
9. Cofield, R. H. (1994). "Osteonecrosis." in Friedmann editor. Arthroplasty of the shoulder. New York: Thieme Medical Publishers: p. 170-182.
10. Constant CR, M. A. (1987). "A clinical method of functional assessment of the shoulder." Clin Orthop Relat Res. 214: 160-164.
11. Crane, D. J. (2007). "Pathogenesis of Osteonecrosis." SA Orthopaedic Journal 6: 36-42

12. Cruess, R. L. (1976). "Steroid-induced avascular necrosis of the head of the humerus. Natural history and management." J Bone Joint Surg Br 58(3): 313-317.
13. Cruess, R. L. (1978). "Experience with steroid-induced avascular necrosis of the shoulder and etiologic considerations regarding osteonecrosis of the hip." Clin Orthop Relat Res(130): 86-93.
14. Dotti R., Müller D.M., Benini A. (2002). "Klinik, Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und Therapie der aseptischen Knochennekrosen – eine aktuelle Literaturanalyse." PRAXIS 91(5): 163–176.
15. Farron, A. (2006). "Die Schultergelenkprothese." Schweiz Med Form 6: 53-58.
16. Feeley BT, F. S., Dines DM, Warren RF, Craig EV. (2008). "Hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty for avascular necrosis of the humeral head." J Shoulder Elbow Surg. 17: 689-694.
17. Ficat (1985). "Idiopathic bone necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment." J Bone Joint Surg Br 67: 3-9.
18. Garden (1961). "LOW-ANGLE FIXATION IN FRACTURES OF THE FEMORAL NECK." Journal of Bone and Joint Surgery (British Volume) 43: 647-663.
19. Gerber, A. S. a. T. V. "The arterial vascularization of the humeral head. An anatomical study." Journal of Bone and Joint Surgery 72: 1486–1494.
20. Gerber, C., O. Hersche, et al. (1998). "The clinical relevance of posttraumatic avascular necrosis of the humeral head." J Shoulder Elbow Surg 7(6): 586-590.
21. Gohlke, F. (2000). "Biomechanik der Schulter." Orthopäde.
22. Gruson KI, K. Y. (2009). "Atraumatic osteonecrosis of the humeral head." Bull NYU Hosp Jt Dis. 2009 67: 6-14.
23. Hasan SS, Romeo AA. (2002). "Nontraumatic osteonecrosis of the humeral head." J Shoulder Elbow Surg 11(3): 281-298.
24. Hattrup SJ, C. (1999). "Osteonecrosis of the humeral head: relationship of disease stage, extent and cause to natural history." Journal of Shoulder and Elbow Surgery 8(6): 559-564.
25. Hattrup SJ, C. R. "Osteonecrosis of the humeral head: results of replacement." J Shoulder Elbow Surg. 9(3): 177-182.

26. Hedtmann, G. "Endoprothetik des Schultergelenks." Gohlke, F., Hedtmann, Orthopädie und orthopädische Chirurgie.
27. Hofmann, M. (2000). "Osteonekrose: Natürlicher Verlauf und konservative Therapie." Orthopäde 29(5): 403-410.
28. Imhoff (1999). "Fortbildung Orthopädie." Fortbildung Orthopädie, Steinkopff Verlag.
29. Jacobs (1992). "Alcoholism-induced bone necrosis." N Y State J Med 92(8): 334-338.
30. Jerosch, H. (09/2003). "Schulterendoprothetik: eine Standortbestimmung." Deutsches Ärzteblatt 100(37): 2366-2377.
31. Jerosch, H. (2002). "Schulterendoprothetik." Schulterendoprothetik, Steinkopffverlag.
32. Kelly JD Jr, Norris TR (2003). "Decision making in glenohumeral arthroplasty." The Journal of Arthroplasty 18(1): 75-82.
33. King GJ, Richards RR, Zuckerman JD, Blasier R, Dillman C, Friedman RJ, Gartsman GM, Iannotti JP, Murnahan JP, Mow VC, Woo SL. (1994). "A standardized method for the assesment of shoulder function." Journal of Shoulder and Elbow Surgery 3(6): 347-352
34. Krämer, K.-L., Maichl, F.-P., Stock, M. (1993). "Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie." Thieme.
35. Levy O, C. S. (2001). "Cementless surface replacement arthroplasty of the shoulder. 5- to 10-year results with the Copeland mark-2 prosthesis." Journal of Bone and Joint Surgery (British Volume) 83(2): 213-221.
36. Levy O, Funk L, Sforza G, Copeland SA. (2004). "Copeland Surface Replacement Arthroplasty of the Shoulder in Rheumatoid Arthritis." The Journal of Bone and Joint Surgery (American) 86(3): 512-518.
37. L'Insalata JC, Pagnani MJ, Warren RF, Dines DM(1996). "Humeral head osteonecrosis: Clinical course and radiographic predictors of outcome." Journal of Shoulder and Elbow Surgery 5(5): 355-361.
38. Lippert (2003). "Arm (Membrum superius)." Lehrbuch Anatomie.

39. Mansat, P., L. Huser, et al. (2005). "Shoulder arthroplasty for atraumatic avascular necrosis of the humeral head: Nineteen shoulders followed up for a mean of seven years." Journal of Shoulder and Elbow Surgery 14(2): 114-120.
40. Mont, M., Urquhart, Lennox, Hungerford (1993). "Avascular necrosis of the humeral head treated by core decompression." J Bone Joint Surg (BE) 75(5): 785-788.
41. Nixon, J. E. (1983). "Avascular necrosis of bone: a review." Journal of the Royal Society of Medicine Volume 76(8): 681–692.
42. Nixon, J. E. (1984). "Early diagnosis and treatment of steroid induced avascular necrosis of bone." Br Med J (Clin Res Ed) 288(6419): 741–744.
43. Ohl, X., C. Nérot, et al. (2010). "Shoulder hemi arthroplasty radiological and clinical outcomes at more than two years follow-up." Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research 96(3): 208-215.
44. Orfaly RM, R. C. J., Esenyel CZ, Wirth MA (2007). "Shoulder arthroplasty in cases with avascular necrosis of the humeral head." J Shoulder Elbow Surg 16(3): S27-S32.
45. Parsch, D., B. Lehner, et al. (2003). "Shoulder arthroplasty in nontraumatic osteonecrosis of the humeral head." Journal of Shoulder and Elbow Surgery 12(3): 226-230.
46. Pavelka, K. (2000). "Osteonecrosis." Baillière`s Clinical Rheumatology 14(2): 399-414.
47. Raiss P, K. P., Baumann F, Moser M, Rickert M, Loew M. (2009). "Treatment of osteonecrosis of the humeral head with cementless surface replacement arthroplasty." J Bone Joint Surg Am. 91(2): 340-349.
48. Raiss P, P. G., Becker S, Rickert M, Loew M. (2010). "Cementless humeral surface replacement arthroplasty in patients less than 55 years of age." Orthopäde 39(2): 201-208.
49. Schmitt-Sody, M., C. Kirchhoff, et al. (2007). "Avascular necrosis of the femoral head: inter- and intraobserver variations of Ficat and ARCO classifications." International Orthopaedics 32(3): 283-287.
50. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Molé D. (2004). "Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral oste-

- oarthritis with massive rupture of the cuff." Journal of Bone and Joint Surgery (British Volume) 86: 388-395.
51. Steinberg ME, Hayken GD, Steinberg DR (1995). "A quantitative system for staging avascular necrosis." Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume 77(1): 34-41.
52. Sugano, N. (2002). "section 6, chapter 9 Osteonecrosis." Orthopaedics.
53. Tauber M, K. S., Matis N, Schwartz M, Resch H (2007). "Shoulder arthroplasty for traumatic avascular necrosis: predictors of outcome." Clin Orthop Relat Res. 465: 208-214.
54. Tornier, F. "Aequalis Fraktur-System." www.tornier.de.
55. Tornier, F. "Aequalis Schulterendoprothese." www.tornier.de und http://www.tornier.de/images/upload/bloc_droite/Schulter/Produktgruppe_Degenerativ/fp_aeq_std_udaf082_all.pdf.
56. Wang, G. J. (2000). "pathogenesis and prevention of steroid induced osteonecrosis." Clin Orthop Relat Res Volume 370: 295-310.

Anhang (Danksagung und Lebenslauf)

Danksagung

Ich möchte mich hiermit bei Herrn Prof. Dr. med. Frank Gohlke für die Überlassung des interessanten Themas und die Möglichkeit, diese Arbeit unter seiner Leitung durchführen zu dürfen, bedanken.

Besonderer Dank gilt auch Frau Dr.med. Birgit Werner für die Betreuung meiner Arbeit und dafür, dass sie jederzeitig für mich ansprechbar war und mir mit vielen Ratschlägen zur Seite stand.

Desweiteren danke ich allen Mitarbeitern des König-Ludwig-Hauses, die mich während der Datenerhebung unterstützt haben, den Ärzten und Arzthelferinnen der Poliklinik, den Mitarbeitern der Röntgenabteilung sowie den Angestellten des Archivs.

Besonders herzlich möchte ich mich auch bei meinen Eltern für ihre Unterstützung während meines Studiums bedanken.

1
