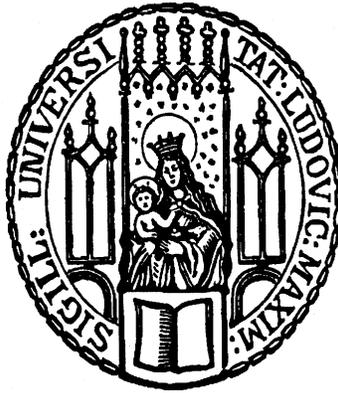


Aus der ATOS Praxisklinik Heidelberg
Praxis für Schulter- und Ellenbogenchirurgie
Prof. Dr. med. habil. P. Habermeyer



Endoprothetische Versorgung der posttraumatischen Omarthrose
-Klinische und radiologische Ergebnisse von 68 Patienten -

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

vorgelegt von
Sebastian Adeberg

aus Mainz

2014

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

1. Berichterstatter: Hr. Prof. Dr. med. Peter Habermeyer

Mitberichterstatter: Hr. Priv. Doz. Dr. med. Matthias Pietschmann

Mitberichterstatter: Hr. Priv. Doz. Dr. med. Christian P. Schneider

Mitbetreuung durch den

promovierten Mitarbeiter: Fr. Dr. med. P. Magosch

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

Tag der mündlichen Prüfung: 16.01.2014

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Allgemeiner Teil	2
2.1 Historische Entwicklung der Schulterendoprothetik	2
2.2 Anatomie der oberen Extremitäten.....	4
2.2.1 Glenohumeralgelenk	5
2.2.2 Innervation der Schulterkapsel und Schultermuskulatur	6
2.2.3 Arterielle Versorgung des Humeruskopfes	6
2.3 Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Glenohumeralgelenks.....	8
2.3.1 Allgemein.....	8
2.3.2 Bewegungsumfang des Glenohumeralgelenks	9
2.4 Stabilisatoren des Schultergelenks	10
2.4.1 Statische (passive) Stabilisatoren	10
2.4.2 Dynamische Stabilisatoren	13
2.5 Frakturklassifikationen	13
2.5.1 Klassifikationen der akuten proximalen Humerusfrakturen	13
2.5.2 Klassifikation der posttraumatischen Fehlstellungen des proximalen Humerus.....	17
2.5.3 Glenoidale Pfannenmorphologie nach Walch.....	18
2.6 Proximale Humeruskopffraktur	19
2.6.1 Allgemein.....	19
2.6.2 Frakturmorphologie	21
2.7 Bankart-Fraktur	23
3. Material und Methode	24
3.1 Allgemein	24
3.2 Datenerhebung	24
3.3 Auswertung	25
3.3.1 Constant Murley Score	25
3.3.2 Kraftmessung mit dem Isobex	26
3.4 Röntgentechniken und andere bildgebende Verfahren	28
3.4.1 Röntgenaufnahmen.....	28
3.4.2 Computertomographie.....	29
3.4.3 Kernspintomographie (MRT)	30
3.5 Radiologische Auswertung.....	30
3.6 Statistische Auswertung	35
3.7 Univers TM 3-D Schulterendoprothese.....	36
3.7.1 Konzeption	36
3.7.2 Prothesenaufbau	36
3.7.3 Prothesenschaft	37
3.7.4 Kalottenträger.....	38
3.7.5 Prothesenkopf	39
3.7.6 Prothesengrößen.....	39
3.7.7 Zementfreie Glenoid-Komponente	39
3.7.8 Zementierte Glenoidkomponente	40
3.8 Indikationen und Kontraindikationen	41
3.9 OP-Technik.....	42

3.10	Nachbehandlungsschema.....	45
4.	Ergebnisse.....	48
4.1	Patientengut.....	48
4.1.1	Seitenverteilung.....	48
4.1.2	Einteilung der posttraumatischen Fehlstellungen des Humeruskopfes in die Frakturklassifikation nach Boileau.....	49
4.1.3	Einteilung der glenoidalen Gelenkfläche in die Pfannentypen nach Walch.....	49
4.2	Klinische Ergebnisse.....	50
4.2.1	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße des Gesamtkollektivs.....	50
4.2.2	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Hemiendoprothesen.....	52
4.2.3	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Totalendoprothesen.....	54
4.2.4	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Hemiendoprothesen verglichen mit Werten der Patienten mit Totalendoprothesen.....	56
4.2.5	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau.....	58
4.2.6	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau.....	59
4.2.7	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau.....	61
4.2.8	Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau. Vergleich der Subgruppen mit Hemiendoprothesen und Totalendoprothesen.....	63
4.2.9	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau. Vergleich der Subgruppen mit Hemiendoprothesen und Totalendoprothesen.....	65
4.2.10	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Boileau Typ-I Frakturen verglichen mit Werten der Patienten mit Boileau Typ-IV Frakturen.....	66
4.2.11	Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau.....	68
4.2.12	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau.....	70
4.2.13	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau verglichen mit Werten der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau.....	72
4.2.14	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße voroperierter Patienten.....	75
4.2.15	Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße nicht-voroperierter Patienten.....	77
4.2.16	Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der voroperierten Patienten verglichen mit Werten der nicht voroperierten Patienten.....	79
4.3	Radiologische Ergebnisse.....	82

4.3.1	Allgemein.....	82
4.3.2	Laterales glenohumerales Offset (LGHO)	82
4.3.3	Acromiohumeraler Abstand (AHA)	83
4.3.4	Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand (KTMA)	84
4.3.5	Greater Tuberosity Offset (GTO)	85
4.3.6	Posteriores Offset (PO)	86
4.3.7	Klinische und radiologische Korrelationen.....	87
4.3.8	Lysesäume	89
4.4	Komplikationen.....	90
5.	Diskussion	92
5.1	Radiologische Ergebnisse.....	105
6.	Schlussfolgerung	111
7.	Zusammenfassung	113
8.	Quellenangaben	116
9.	Abbildungsverzeichnis	123
10.	Tabellenverzeichnis.....	126
11.	Abkürzungsverzeichnis	128
12.	Anhang.....	129
13.	Danksagung.....	132
14.	Eidesstattliche Versicherung	133

1. Einleitung

Die posttraumatische Arthrose des Glenohumeralgelenks ist eine durch eine traumatische Ätiologie entstehende Erkrankung des Schultergelenks. Nach initialer Verletzung der Knochen und Weichteile mit Gelenkbeteiligung kann es nach Jahren, durch die Weichteilschäden, Osteonekrose und Fehleinheilungen zu einer Fehlbelastung der Gelenkflächen kommen. Als Folge kommt es zum Verlust des hyalinen Gelenkknorpels. Sowohl bei Voroperierten als auch bei initial konservativ behandelten Patienten kann die posttraumatische Omarthrose mit einem verminderten Bewegungsumfang und einer zunehmenden Schmerzsymptomatik einhergehen. Da Patienten in der Regel jünger und aktiver sind als Patienten mit primärer Omarthrose ist eine präoperative Prognose entscheidend für die Wahl der Therapie. [11]

Die operative Therapie der posttraumatischen Arthrose des Glenohumeralgelenks ist mit seinen variablen anatomischen Ausprägungen immer noch eine Herausforderung für Operateure. Der künstliche Gelenkersatz als wertvolle Therapieoption hat die Zielsetzung eine möglichst anatomische Rekonstruktion des Schultergelenks zu erreichen. Hervorzuheben ist die entscheidende Rolle eines physiologisch gestellten Tuberculum majus. Als Ansatzpunkt für die Rotatorenmanschette spielt es eine zentrale Rolle in der postoperativen Funktion.

Objektivierbar ist die Ausprägung der posttraumatischen Omarthrose durch klinische und radiologische Parameter. Eine geringe Veränderung der anatomischen Relationen des Schultergelenks kann erhebliche Auswirkungen auf die Bewegungsausmaße haben. Die Ergebnisse von vorangehenden Arbeiten haben gezeigt, dass die Funktion und das klinische Ergebnis von der Art der posttraumatischen Veränderung abhängen. [3][11][12][42][81]

Um die prädikativen Faktoren bezüglich der Therapie und Prognose zu erfassen, etablierte Boileau eine Einteilung der posttraumatischen Omarthrose. Gemäß Literatur sind unterschiedliche Frakturtypen mit verschiedenen Prothesentypen, bzw. Operationsmethoden zu versorgen. [12]

In der vorliegenden Studie soll geprüft werden, ob Patienten mit posttraumatischen Omarthrose postoperativ von einer Behandlung mit einer anatomischen Humeruskopfprothese (UniversTM-Prothese) profitieren. Es ist bekannt, dass patientenbezogene Faktoren Einfluss auf das postoperative funktionale Ergebnis haben können. Eine weitere Zielsetzung dieser Studie ist es diese Faktoren zu erkennen und mit den klinischen Ergebnissen zusammenzuführen. Evaluiert wurden prä- und

postoperative radiologische Parameter des proximalen Humerus um diese als prädiktive Faktoren für das klinische und radiologische Ergebnis nach Prothesenimplantation zu identifizieren und unsere Ergebnisse mit der aktuellen Literatur zu diskutieren.

2. Allgemeiner Teil

2.1 Historische Entwicklung der Schulterendoprothetik

Die Anfänge der Schulterendoprothetik werden im 19. Jahrhundert datiert. Dabei fällt als Erstanwender stets der Name Jules-Émile Péan, der 1893 die erste Implantation einer Schulterendoprothese bei einem an Tuberkulose erkrankten Patienten dokumentierte. Dieser Eingriff und die Wahl der Prothese beziehen sich jedoch auf den in Rumänien geborenen Themistocles Gluck. Dieser entwickelte nach einer Reihe von Tierversuchen Konzepte für den Gelenkersatz der großen Körpergelenke. Es sind fünf Gelenkersatzoperationen um 1890 dokumentiert worden. Darunter der Gelenkersatz von Ellenbogen, Knie- und Handgelenk deren Hauptbestandteile Elfenbein und Kadaverknochen waren.

Mit der Weiterentwicklung seiner Konzepte entwickelte Gluck 1891 eine Schulterprothese mit verschiedenen Kugel- und Pfannenkonstruktionen. Jedoch sind keine dokumentierten Fallbeispiele von Gluck bekannt. Die erste Implantation eines künstlichen Schultergelenks wurde von Pean vollzogen und ist auf 1893 datiert. [117]

In den darauf folgenden Dekaden sind nur wenige Einzelbeispiele in der Literatur zu finden.

Die moderne Ära der Schulterendoprothetik hatte seine Anfänge 1951 mit dem von Charles Neer II eingeführten „Neer“-Prothesensystem, siehe auch Abbildung (Abb.) 1. Dieses wurde ursprünglich für die Versorgung von Humeruskopf-Trümmerbrüchen entwickelt. Diese Prothese wies erste individuelle Anpassungsmöglichkeiten, in Form von variablen Schaftlängen und -dicken, sowie unterschiedliche Kopfgrößen des Prothesenkopfes auf. Allerdings bot das System nur einen Kopfradius von 44 Millimeter (mm) und zwei unterschiedliche Kalottenhöhen von entweder 15 mm oder 22 mm auf. Somit bestand weder in der koronaren, noch in der axialen Ebene die Möglichkeit die Geometrie des Humeruskopfes individuell anzupassen.

Eine innovative Neuerung war hingegen der Pfannenersatz welcher den exakten Krümmungsradius des Prothesenkopfes hatte. Dadurch wurde eine hohe Stabilität geschaffen. Der Roll-Gleit-

Mechanismus konnte damit jedoch nicht wiederhergestellt werden, woraus eine erhöhte Pfannenlockerungsrate resultierte [87].

Aus der Weiterentwicklung, des modularen Systems der Neer-II-Prothese (Abb. 1), resultierte die 2. Generation der Schulterprothesen. Dieses Konzept bietet verschieden dimensionierte Kopf- und Schaftgrößen und vereinfacht dadurch die korrekte Anwendung.

Des Weiteren kann durch Vergrößerung des Glenoidradius (sog. nonkonformes Glenoid oder mismatch) die natürliche Translation des Humeruskopfes auf dem Glenoid imitiert werden [36].



Abbildung 1: Neer-II-Prothese

Die dritte Generation (Aequalis™ Schulterprothese) wurde 1991 von Walch und Boileau in Form von einem dreifach modularen System konzipiert und ergänzt die noch fehlende dritte Achse- die Torsion des Schaftes und Kalotte. Diese wurde mit dem Ziel konzipiert die Prothese dem Humeruskopf anatomisch optimal anzupassen und nicht durch Resektion den proximalen Humerus der Prothese anzugleichen. [87]

Der Inklinationswinkel kann mit dem Winkeladapter in 5°-Schritten zwischen 125° und 140° individuell angepasst werden. Dadurch muss die Resektionsebene nur noch selten nachträglich angepasst werden.

Des Weiteren kann die Kopfkalotte auf dem Winkeladapter exzentrisch verankert werden, wodurch es möglich wird das nach dorso-medial versetzte Drehzentrum prothetisch nachzubilden.

Eine stufenfreie Modularität um drei Achsen (Inklinationswinkel, Ante- und Retrotorsion, Exzentrizität) im Sinne einer dreidimensionalen Variabilität bietet die vierte Generation der Prothesen, die Mitte der 90iger Jahre vorgestellt wurde. Den bestehenden Prothesenmodellen wurde hierbei die dritte Ebene hinzugefügt – die Retroversion der Kalotte. 1997 wurde von Gerber als auch von Habermeyer ein System vorgestellt. In Abb. 15 ist die UniversTM-3-D-Prothese (Arthrex) dargestellt, die in der vorliegenden Studie als Humeruskomponente verwendet wird.

2.2 Anatomie der oberen Extremitäten

Der Arm wird in vier Anteile gegliedert: Schultergürtel, Oberarm, Unterarm und Hand. Die knöchernen Grundlagen der Schulter werden von Scapula (Schulterblatt), Clavicula (Schlüsselbein) und dem Humerus (Oberarmgürtel) gebildet. Funktionell setzt sich die Schulter aus dem Glenohumeralgelenk, Akromioclaviculargelenk, Sternoclaviculargelenk, Scapulothorakalgelenk und dem subacromialen Nebengelenk zusammen [88].

Der Humerus selbst geht distal in die Epicondylen über. An dessen proximalen Ende schließt sich das Caput humeri an, welches den Gelenkkopf für das glenohumerale Gelenk bildet. Die Diaphyse wird durch das Collum anatomicum von der Gelenkfläche getrennt. Der anatomische Hals befindet sich unmittelbar unterhalb des Kopfes und dient der Gelenkkapsel als Ansatzstelle. Daran angrenzend setzen sich das Tuberculum minus und majus in gleichnamigen Leisten, die Cristae tuberculi fort. Das Tuberculum majus ist nach dorso-lateral gerichtet und ist Ansatzpunkt für die von der Scapula aus ziehenden Musculi (Mm.) supraspinatus, infraspinatus und teres minor. Der Musculus (M.) subscapularis komplettiert als vierter Muskel die Rotatorenmanschette und hat seinen Ansatz am nach ventro-medial gerichteten Tuberculum minus. Die Crista tuberculi majores ist ventro-lateral Ansatz für dem M. pectoralis major und die Crista tuberculi minus ist ventro-medial Ansatz für den M. latissimus dorsi. Zwischen den beiden Tuberculi und Muskelleisten wird ein Sulcus gebildet, durch den die lange Bicepssehne verläuft. Distal der Tuberculi schließt sich das Collum chirurgicum an, welches die häufigste Lokalisation für Humerusfrakturen ist. Weitere Schwachstellen sind die Tuberculi selbst, die genau wie der chirurgische Hals einem ehemaligen Ossifikationszentrum entsprechen und deren Fusionslinien demzufolge als Bruchstelle prädestiniert sind. [23]

2.2.1 Glenohumeralgelenk

Die Gelenkpfanne des Schultergelenks besteht aus der Cavitas glenoidalis, welche den lateralen Rand der Scapula bildet und dem Collum scapulae aufsitzt. Dieses artikuliert mit dem oben erwähnten Caput humeri. Kranial wird das Gelenk durch das Acromion, einem flach auslaufenden Fortsatz der Spina scapulae, unterstützt. Die im Verhältnis zum Kopf sehr kleine Pfanne, wird durch ein ringsum laufendes Gelenkklippe aus Faserknorpel, das Labrum glenoidale, vergrößert. Die Gelenkkapsel ist am Collum scapulae und am Labrum glenoidale und distal am Collum anatomicum befestigt.

Am Unterrand der Cavitas glenoidalis befindet sich das Tuberculum infraglenoidale, welches Ursprung für die lange Tricepssehne ist. Das Tuberculum supraglenoidale am

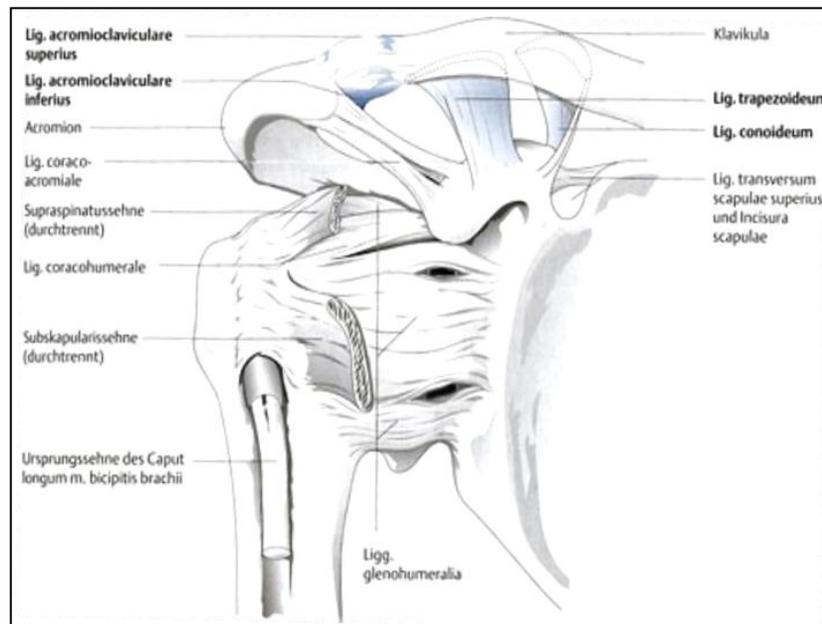


Abbildung 2: Die Sicherung des Glenohumeral-Gelenks durch die Ligamenta glenohumeralia

Oberrand dient als Ursprung für die lange Bicepssehne. Das Schultergelenk wird zum größten Teil durch die Rotatorenmanschette und deren in die Gelenkkapsel einstrahlende Sehnen als auch über oberflächliche Muskeln stabilisiert.

Als Verstärkung dient sowohl das Ligamentum (Lig.) coracohumerale, als auch das in drei Anteile zu unterscheidende Lig. Glenohumerale (Abb: 2). Letzteres setzt sich aus dem Lig. glenohumerale inferius, medius und superius zusammen, die Z-förmig auf der Kapselwand verlaufen. Bei der ARO

sind alle Bandanteile gespannt. Während bei der ABD die oberen Bandanteile angespannt sind, entspannen die unteren Bandanteile. Bei der Innenrotation (IRO) sind alle Anteile entspannt. Durch die Z-förmige Anordnung des Lig. glenohumerale entstehen zwei Schwachstellen in der Kapsel, das Foramen Weitbrecht und das inferior gelegene Foramen Rouviere.

Die Sicherung durch den Bandapparat ist gering. Für die Gelenkführung sind der Muskelmantel und die durch die Gelenkkapsel verlaufende lange Bicepssehne zuständig. [37][116]

2.2.2 Innervation der Schulterkapsel und Schultermuskulatur

Nerval werden die vorderen tiefen Gelenkstrukturen des Schultergelenks vom N. axillaris versorgt. Die hinteren Abschnitte werden überwiegend vom N. subscapularis und weniger vom N. axillaris innerviert [22].

Die Innervation der gesamten Schultermuskulatur geschieht durch den Plexus brachialis (C5- Th1). In der ventralen Gruppe werden der M. supraspinatus und M. infraspinatus durch den N. suprascapularis (C4 - C6) innerviert. Der M. deltoideus (C5 - C6) und der M. teres minor (C4 - C6) werden vom N. axillaris versorgt. Der N. thoracodorsalis (C5 - C7) innerviert den M. teres major. Die Mm. rhomboidei major und minor werden vom N. dorsalis scapulae (C5) versorgt.

In der ventralen Gruppe wird der M. subscapularis vom N. subscapularis (C5 - C7) und der M. coracobrachialis vom N. musculocutaneus (C5 - C7) innerviert. [102]

2.2.3 Arterielle Versorgung des Humeruskopfes

Die Durchblutung folgt den durch den Epiphysenverlauf entwicklungs geschichtlich abgegrenzten vier Hauptfragmenten des Humerus. Die Hauptversorgung erfolgt durch die aus der A. subclavia entspringenden Arteria (A.) circumflexa humeri anterior und ihrem Endast, A. arcuata [63][77]. Dieser verläuft am Unterrand der Subskapularissehne zum Collum chirurgicum, überquert die lange Bicepssehne und tritt letztlich in den M. deltoideus ein.

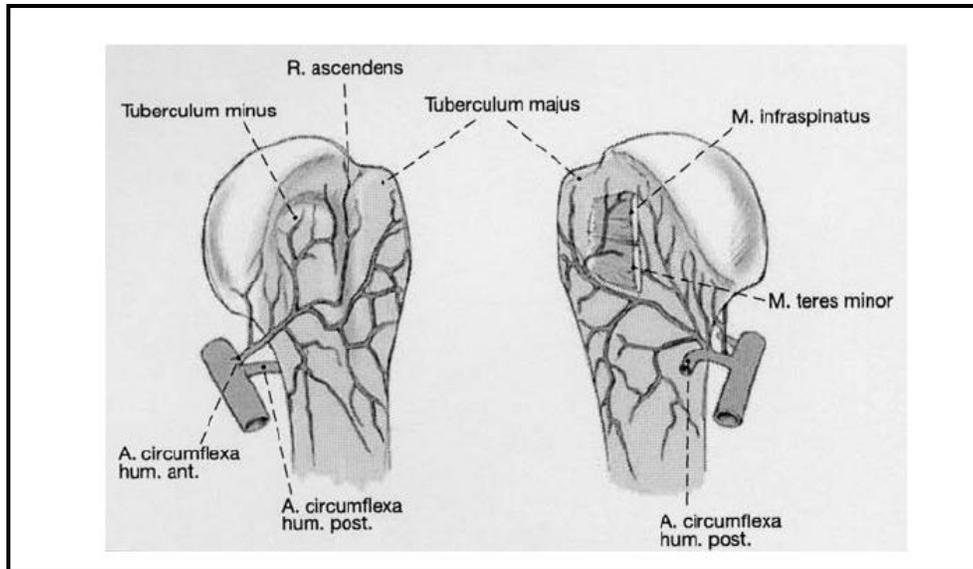


Abbildung 3: Die Arterielle Versorgung des Humeruskopfes [89]

Vorher gibt sie den Ramus ascendens ab, der am Tuberculum majus medial in den Humeruskopf einfließt. Dort bildet der Ramus ascendens am postero-medialen Anteil des Humerus intraossäre Anastomosen mit der A. circumflexa humeri posterior, metaphysären Gefäßen und Gefäßen der Tuberculi [15](Abb. 3). Außerdem werden die Tubercula majus und minus an den Ansatzstellen der Rotatorenmanschette durch Mikroanastomosen versorgt. Es konnte im Experiment gezeigt werden, dass das Anastomosennetz, welches sich durch die dorsalen Gefäße des Periostes und der Rotatorenmanschette gebildet hat [31], bei einem Ausfall der A. circumflexa humeri die Versorgung kompensieren kann [52]. In weiteren Experimenten konnte durch Perfusion der A. arcuata mit Farbstoff der gesamte epiphysäre Kalottenteil angefärbt werden. Trotz zahlreicher Anastomosen zwischen der anterioren und posterioren A. circumflexa humeri war die Perfusion des gesamten Kopfes nur von ventral möglich [37].

Das Tuberculum majus wird gesondert von der A. circumflexa posterior versorgt.

Des Weiteren bestehen Verbindungen von der A. suprascapularis, A. thoracoacromialis, A. subscapularis und A. profunda brachii, die aber eine untergeordnete Rolle spielen.

Neben der Anzahl der Frakturfragmente ist der Frakturverlauf, welcher ausschlaggebend für die Durchtrennung oder Schonung der versorgenden Gefäße ist, entscheidend für die Prognose [99].

Die Durchblutung des Humeruskopfes ist für die Prognose der Fraktur am proximalen Humerus von Bedeutung. Dabei wird die Durchblutungssituation nicht nur durch das Unfallgeschehen beeinflusst, sondern auch durch das Vorgehen des Operateurs und das Behandlungsverfahren.

Klinisch bedeutet dies, dass eine Fraktur am anatomischen Hals mit Verschiebung der Fragmente über 5mm gegeneinander zum Abriss des medialen Periostschlauches führt. Die Verletzung der A. arcuata und der postero-medialen periostalen Gefäße zieht ein hohes Nekroserisiko mit sich. Eine extrakapsuläre Fraktur am Collum chirurgicum, bei der diese Gefäße intakt bleiben, gefährdet die Durchblutung nicht [37].

2.3 Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Glenohumeralgelenks

2.3.1 Allgemein

Das Schultergelenk ist eine komplexe kinetische Kette und erlaubt ein hohes Maß an Bewegung in allen sechs Freiheitsgraden. Dabei unterscheidet man drei rotatorische und zwei translatorische Freiheitsgrade des Glenohumeralgelenkes, sowie einen Freiheitsgrad aus dem Zusammenspiel mit dem gesamten Schultergürtel [37]. Die Bewegungsausmaße der Schulter erlauben unter anderem eine Elevation und ABD. Diese werden durch das Zusammenspiel des Glenohumeral- und Scapulothorakgelenks ermöglicht. Die Rotationsbewegung hingegen findet fast ausschließlich im Glenohumeralgelenk statt. Endgradig kommt es hier zu einer geringfügigen Beteiligung der Scapula an der Bewegung [97]. Das Scapulothorakgelenk bezeichnet die Gleitfläche zwischen der Thoraxwand und muskulären Aufhängung der Scapula. Die oberflächliche Rückenmuskulatur führt in Verbindung mit dem tieferen Anteil der Scapulaaufhängung, welche überwiegend aus dem M. serratus anterior besteht, zu einer muskulären Stabilisierung der Scapula an der Thoraxwand. Letztlich wird das Bewegungsausmaß der Scapula durch das Bewegungsmaß der Clavikulargelenke definiert.

Hierbei ist wichtig zu erwähnen, dass hierdurch nicht nur der Aktionsradius des Humerus vergrößert, sondern vielmehr die Einstellung des Glenoids bezüglich der Kraftleitung optimiert wird.

In Neutralstellung des Armes wird das Glenohumeralgelenk ebenfalls von dem Muskeltonus der Schultermuskulatur stabilisiert. Die Gelenkkapsel ist nur in endgradigen Bewegungsabläufen gespannt und spielt in der Neutralstellung eine untergeordnete Rolle bezüglich der Stabilisierung.

Die exakt abgestimmten Kräfte der Rotatorenmanschette ermöglichen eine geringe Migration des Rotationszentrums. Diese vier zirkulär angeordneten Muskeln garantieren ein ständiges Anpressen

des Humeruskopfes an das verhältnismäßig kleine Glenoid. Dies ermöglicht den oberflächlichen Muskeln die volle Kraft für die Elevation des Arms über 90° zu nutzen.

2.3.2 Bewegungsumfang des Glenohumeralgelenks

Das Glenohumeralgelenk ist ein Kugelgelenk und das beweglichste Gelenk des Menschen. Die Bewegung findet in den folgenden drei Achsen statt, siehe Tabelle (Tab.) 1

1. die sagittale Achse mit Abduktion (ABD) / Adduktion
2. die transversale Achse mit Anteversion (Flexion (FLEX)) / Retroversion (Extension)
3. die Vertikale Achse mit Außenrotation (ARO)/ Innenrotation (IRO)

Abduktion	- Schultergelenk allein	90°
	- mit Schultergürtelmuskulatur	150°
	- mit Außenrotation des Humerus und Neigung der Wirbelsäule zur kontralateralen Seite	180°
Adduktion	bei leichter Anteversion	45°
Anteversion (Flexion)	- Schultergelenk alleine	90°
	- mit Schultergürtelmuskulatur	170°
	- mit Dorsalextension der Wirbelsäule	180°
Retroversion (Extension)		40-50°
Außenrotation	bei seitlich anliegendem Arm und 90° gebeugtem Ellbogen	60°
Innenrotation	bei seitlich anliegendem Arm und 90° gebeugtem Ellbogen	90°

Tabelle 1: Bewegungsausmaß des Glenohumeralgelenks [23]

Bei diesen Angaben ist das Zusammenspiel des Schultergelenks mit dem Acromioclavicular- und Sternoclaviculargelenk berücksichtigt. Bei der Rotation findet die Bewegung hauptsächlich im Glenohumeralgelenk statt. Dabei steht die Gelenkfläche des Humeruskopfes und die Cavitas glenoidalis in einem Flächenverhältnis von 4:1[90]. Erst aus der funktionellen Einheit der Cavitas glenoidalis mit dem ringsum laufenden Labrum glenoidale resultiert eine Gelenkpfanne mit signifikanter Tiefe [49]. In der Endphase der IRO wird die Scapula vom Thorax abgehoben. Bei der ARO übt die Scapula vermehrt Druck auf den Thorax aus. Von 0°-30° spielt sich die Elevation im Glenohumeralgelenk ab. Beginnend bei einer ABD von 40° in der Frontalebene bewegt sich die

Scapula nach ventral mit. Der Bewegungsumfang beschränkt sich im Glenohumeralgelenk bei fixierter Scapula auf eine ABD von 90°. Durch die Beteiligung des Schultergürtels werden weitere 90° erreicht. Gleiches gilt für die Anteversion und Retroversion. Eine Eingrenzung der Bewegung nach ventral, dorsal und kranial wird durch den aus Acromion, Lig. coracoacromiale und Processus coracoideus gebildeten Fornix humeri gewährt. Dieser stabilisiert das Glenohumeralgelenk gegen Translationskräfte. Bei der Zirkumduktion wird das gesamte Bewegungsausmaß der Schulter deutlich. Dabei beschreibt der Humeruskopf eine elliptische Bahn, der dem Tätigkeitsbereich der Hände entspricht.

2.4 Stabilisatoren des Schultergelenks

Da die Schulter über einen sehr großen Bewegungsumfang verfügt, sind mehrere Einheiten für ihre Stabilisierung notwendig.

Man unterscheidet dabei zwischen statischen und dynamischen Stabilisatoren [47]. Zu den statischen Stabilisatoren gehören die Gelenkkapsel, inklusive der glenohumeralen Bänder, der negative intraartikuläre Druck, die Adhäsions- und Koadhäsionskräfte und die Propriozeption.

Zu den dynamischen Stabilisatoren gehören die muskuläre Balance und die Kompression des Humeruskopfes in die Kavität.

2.4.1 Statische (passive) Stabilisatoren

2.4.1.1 Gelenkkapsel und glenohumerale Bänder (GHL)

Die Gelenkkapsel und die glenohumeralen Bänder wirken als Zügel, die das Bewegungsausmaß begrenzen. Die Gelenkkapsel windet sich dabei spiralförmig um den Humeruskopf [37] und wird mit ihren verstärkenden glenohumeralen Bändern bei Extrembewegungen wirksam. Das Lig. coracohumerale strahlt vom Processus coracoideus nach lateral in die Gelenkkapsel ein und teilt sich in zwei Stränge zum Tuberculum majus und minus ziehend auf [9]. Die vordere Begrenzung des Sulcus intertubercularis wird durch das Lig. intertubercularis gebildet. Auf der Innenseite der Gelenkkapsel wölbt sich das superiore glenohumerale Band (SGHL) vom Tuberculum supraglenoidale zum Tuberculum minus ziehend vor [33]. Das mediale glenohumerale Band (MGHL), welches in verschiedenen Varianten vorzufinden ist, zieht vom Tuberculum

supraglenoidale zum Tuberculum minus. Es ist ein wichtiger anteriorer Stabilisator bei der ABD und ARO des Armes.

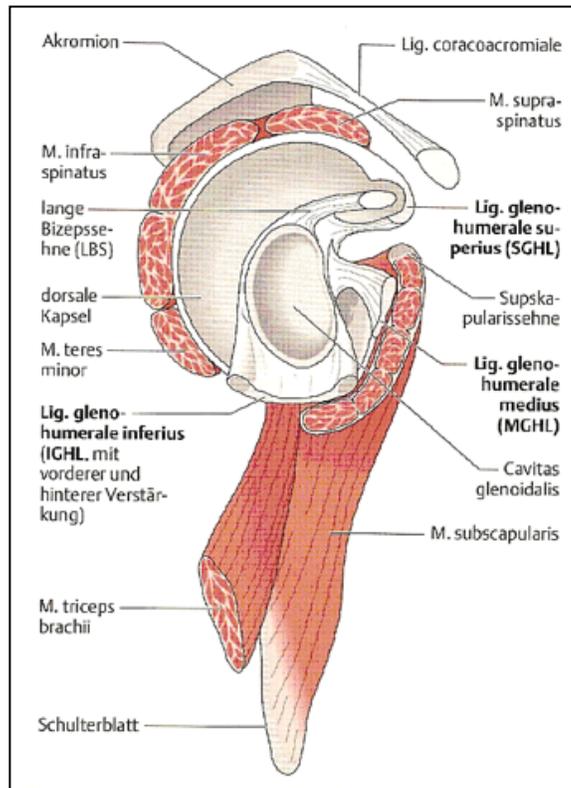


Abbildung 4: Rotatorenmanschette und die glenoidale Gelenkfläche

Das inferiore glenohumerale Band (IGHL), bestehend aus einem kräftigen vorderen und hinteren Band schließt in seiner Mitte den Recessus axillaris ein. Beide Anteile des IGHL haben eine stabilisierende Wirkung bei ABD und Rotation des Humeruskopfes. Verbindungsfasern des IGHL laufen antero-superior bogenförmig nach kranial und verstärken zusammen mit dem SGHL das Labrum an dieser Stelle (Abb. 4). Bei einer endgradigen ARO mit abduziertem Arm über 90°, stellt das IGHL die wichtigste Struktur dar, da es eine anteriore Luxation verhindert [55][85][112]. Außerdem ist die Gelenkkapsel im antero-inferioren Bereich am kräftigsten ausgeprägt. Dort treten auch die stärksten mechanischen Belastungen durch Hebelkräfte auf den Humerus auf [31][37].

2.4.1.2 Negativer intraartikulärer Druck

Der volumenmindernde Effekt der Gelenkkapsel erzeugt ein intraartikuläres Vakuum, dem ein stabilisierender Effekt zugeschrieben ist. In biomechanischen Studien wurde diese Wirksamkeit am Leichengelenk nachgewiesen. Die Versuche wurden in geringer ABD und bei eher geringen Translationskräften, welche deutlich unterhalb des Grenzwertes einer plastischen Deformation von ligamentären Strukturen liegen, durchgeführt. Hier wurde eine passive Stabilität des Glenohumeralgelenks festgestellt, obwohl die Schultermuskulatur nicht dazu beitragen konnte. Durch eine intakte versiegelte Kapsel kann keine Flüssigkeit oder Luft eindringen. Das Gelenkvolumen wird gleichgehalten. Ist das Glenohumeralgelenk nun einer Translationkraft ausgesetzt entsteht ein relatives Vakuum, das der Bewegung entgegen wirkt [32]. Die Bedeutung wird zurzeit aber eher als gering eingeschätzt [5][32][62].

2.4.1.3 Adhäsionen und Kohäsionen

Passgenaue Oberflächen haften aufgrund der elektrischen und molekularen Anziehungskräfte aneinander. Verstärkt wird diese Eigenschaft durch einen dünnen Synovialflüssigkeitsfilm [54]. Veranschaulichen kann man diesen Prozess mit zwei feuchten aufeinander liegenden Glasplatten, die zwar leicht verschieblich, jedoch nur schwer voneinander zu trennen sind [37].

2.4.1.4 Propriozeption

Ein entscheidender Aspekt für die Koordination der stabilisierenden Schultermuskeln ist die Propriozeption im Schultergelenk.

So existieren Mechanorezeptoren in der Kapsel. In erster Linie sind dies schnell adaptierende Vater-Pacini-Lamellenkörperchen die propriozeptive Eigenschaften als Druck- und Vibrationsrezeptoren aufweisen und Ruffini-Körperchen, welche langsam adaptierend sind und auf statische Kräfte reagieren. Des Weiteren sind in diesem komplexen System Golgi-ähnliche Endigungen und freie Nervenfasereendigungen beteiligt. Diese Wahrnehmung enthält unterschiedliche Qualitäten wie z.B. den Lagesinn, Bewegungssinn und Kraftsinn. Insgesamt ist die Propriozeption ein komplexes System aus der Gesamtheit der sensorischen Afferenzen aus Gelenken, Sehnen, Muskeln, Haut und anderen Sinnesorganen. Gohlke et al. [34] nahmen eine Hilfestellung der Pacini-Körperchen zur

Positionierung des Arms im Raum bei schnellen Bewegungen an. Die dadurch entstehende Balance zwischen Agonisten und Antagonisten verhindert eine Luxation [113].

2.4.2 Dynamische Stabilisatoren

2.4.2.1 Muskuläre Balance

Hierbei ist optimalerweise die Lage der Pfanne zum Humeruskopf so positioniert, dass der Netto-Kraftvektor aller beteiligten Muskeln durch das Zentrum verläuft. Die Größe des Gesamtvektors ist dabei praktisch irrelevant, solange die Balance gehalten wird.

Entfernt sich der Kraftvektor vom Zentrum der Pfanne, z.B. durch eine Rotatorenmanschettenruptur, wird das Gleichgewicht zunehmend labil und das Glenohumeralgelenk wird instabil. [49][50][65][27]

2.4.2.2 Kompression in die Kavität

Das Labrum glenoidale trägt etwa die Hälfte zur tatsächlichen Kavität der knöchernen Pfanne bei [49]. Dieser Effekt nimmt mit gesteigerter Kompression durch die Rotatorenmanschette nicht proportional zu, da sich das Labrum komprimieren lässt.

Weitere Effekte, die der stabilisierenden Muskulatur zugeschrieben werden, sind die Depression des Humeruskopfes und die Erhöhung der Vorspannung der Gelenkkapsel.

2.5 Frakturklassifikationen

2.5.1 Klassifikationen der akuten proximalen Humerusfrakturen

2.5.1.1 AO Klassifikation

Von Bedeutung ist die Einteilung nach der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen). Diese teilt die Frakturen in drei Gruppen (A, B, C) ein, welche die Gefäßversorgung des proximalen Humerus zur Grundlage hat und somit das Nekrosierisiko durch den Frakturverlauf mit berücksichtigt (Abb. 5). Man unterscheidet extrakapsuläre Typ-A-Frakturen, mit zwei von vier betroffenen Segmenten, intrakapsuläre Typ-B-Frakturen, bestehend aus zwei bzw. drei Fragmenten und Typ-C-

Frakturen, mit Gelenkbeteiligung. Diese können noch in insgesamt 27 Untergruppen eingeteilt werden. Der Schweregrad und das Nekrosierisiko sind von A nach C ansteigend. [110]

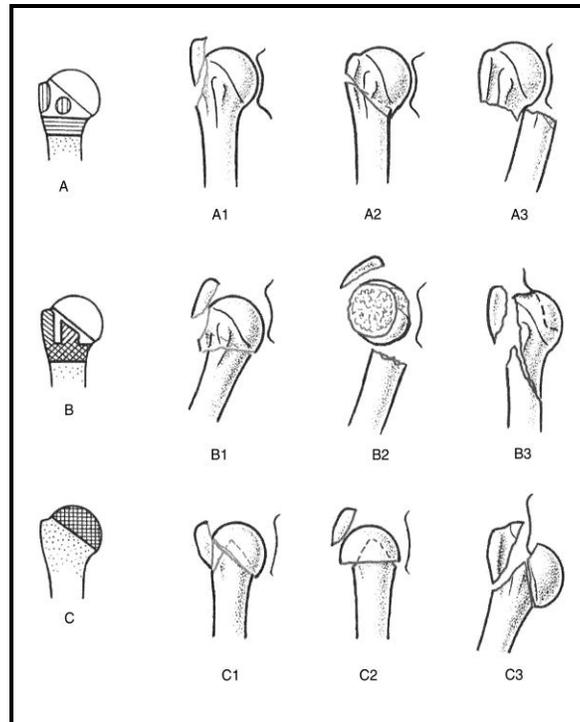


Abbildung 5: AO Klassifikation der proximalen Humerusfrakturen [58]

2.5.1.2 Einteilung nach Neer

Sie ist die weltweit gebräuchlichste Einteilung, beschreibt die Anzahl der Fragmente, die Stellung bzw. den Dislokationsgrad und beruht auf einer Einteilung von Codman 1934 [37][53][77][96][98]. Es werden vier Hauptfragmente berücksichtigt: Kalotte, Tuberculum minus, Tuberculum majus und Schaft (Abb. 6). Ab einer Verschiebung der Segmente um mehr als 1 Zentimeter (cm) bzw. einer Winkelschiefstellung von mehr als 45° bezeichnet Neer die Fraktur als relevant disloziert. Aufgrund des Weichteilverbundes werden nicht oder wenig dislozierte Frakturen als 1-Segmentfrakturen bezeichnet und können konservativ behandelt werden. Der Anzahl der dislozierten Fragmente entsprechend werden 2-, 3- und 4-Fragmentfrakturen unterschieden [61][98]. Luxationsfrakturen eingeteilt nach Luxationsrichtung (vorne und hinten) mit 2, 3 oder 4 Fragmenten, als auch die Head-Splitting-Frakturen werden gesondert erfasst.

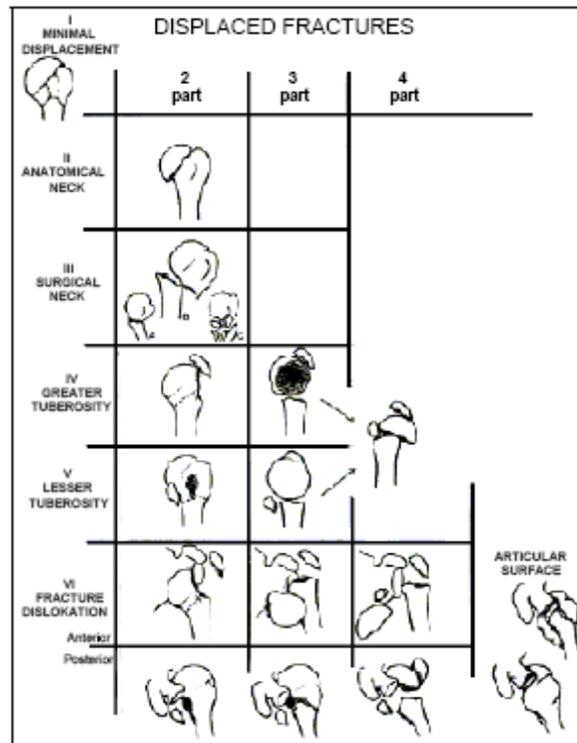


Abbildung 6: Neer-Klassifikation der proximalen Humerusfrakturen [79]

2.5.1.3 Modifikation der Neer-Einteilung nach Habermeyer

Sie berücksichtigt die Vierfragmenteinteilung nach Neer, als auch die prognostisch wichtige Höhe des Frakturverlaufs und das zunehmende Nekroserisiko. Im Focus steht hierbei die Prognose. Unterteilt wird in fünf Gruppen (Abb. 7): Typ 0 sind unverschobene Brüche, Abrissfrakturen der Tubercula zählen zu Typ A, Frakturen mit Beteiligung des chirurgischen Halses werden Typ B und Frakturen mit Beteiligung des anatomischen Halses werden Typ C zugeteilt. Zusätzlich dazu werden Luxationsfrakturen mit X codiert [37].

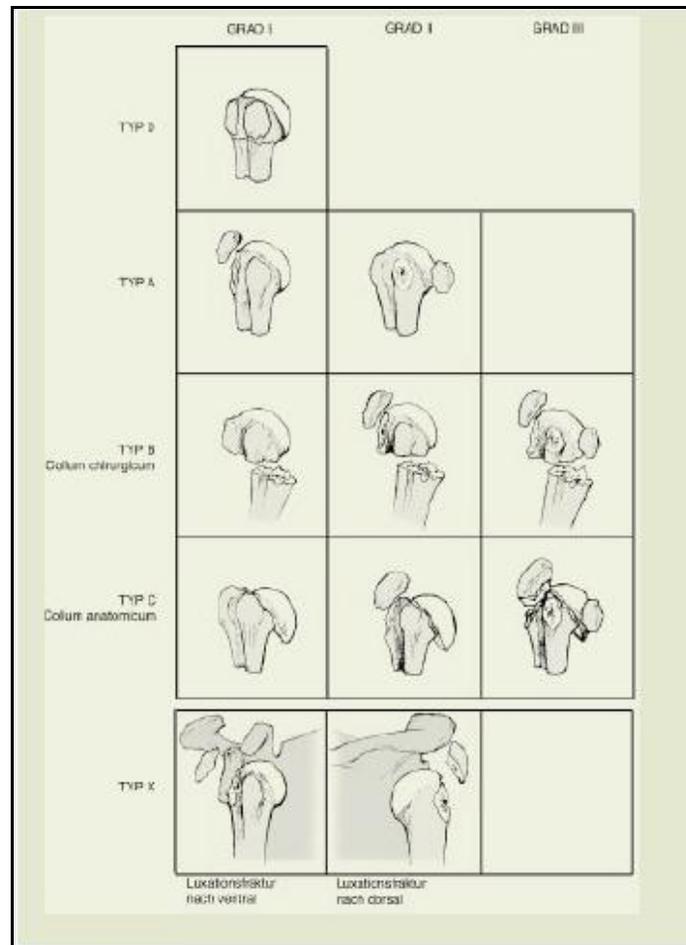


Abbildung 7: Modifikation der Neer Klassifikation nach Habermeyer [37]

2.5.1.4 Einteilung nach Hertel

Diese Klassifikation basiert auf den ursprünglichen Zeichnungen von Codman [16]. Darin werden 14 mögliche Fragmentmuster beschrieben. Hertel reduziert diese auf 12 grundlegende Frakturschemen in fünf Frakturebenen (Abb. 8). Diese liegen zwischen dem Tuberculum majus und dem Humeruskopf, dem Tuberculum majus und dem Schaft, dem Tuberculum minus und dem Kopf, dem Tuberculum minus und dem Schaft, und zwischen den beiden Tubercula. Es gibt sechs mögliche Frakturen, die den Humerus in zwei Fragmente teilt, fünf Möglichkeiten, die den Humerus in drei Fragmente teilt und eine Möglichkeit, die den Humerus in vier Fragmente spaltet. Die Einteilung erfolgt über fünf Entscheidungsfragen („ja / nein“) und wird deshalb auch als binäre Beschreibung bezeichnet. [45]

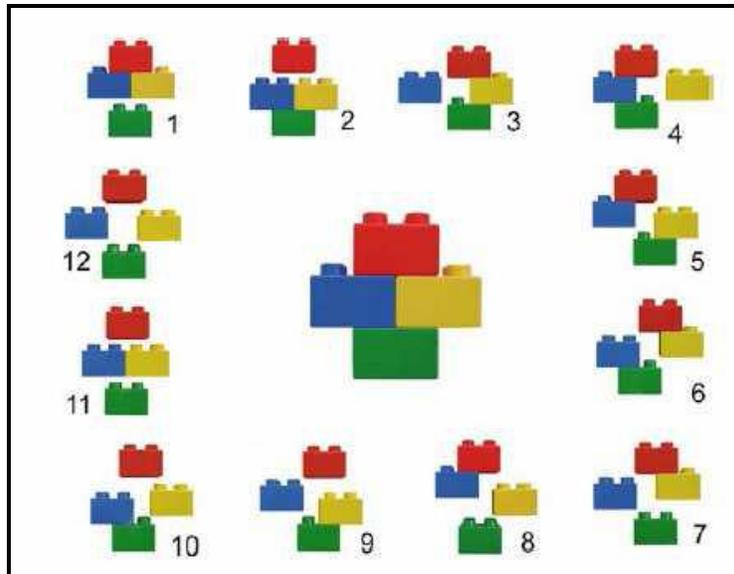


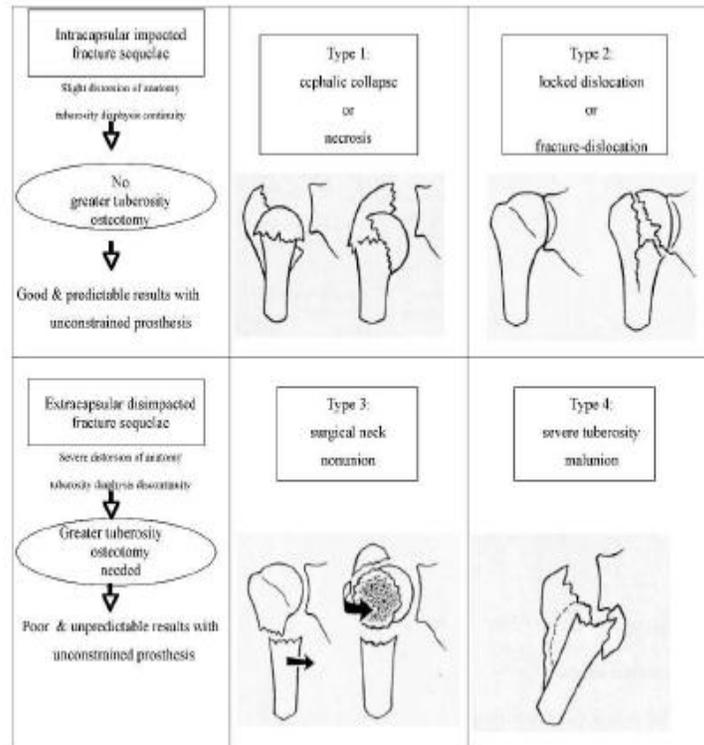
Abbildung 8: Das „LEGO“ Einteilungssystem der proximalen Humerusfrakturen nach Hertel [44]

2.5.2 Klassifikation der posttraumatischen Fehlstellungen des proximalen Humerus

2.5.2.1 Einteilung der posttraumatischen Fehlstellungen nach Boileau

Boileau unterscheidet in seiner Klassifikation intrakapsuläre (Typ-I und -II) und extrakapsuläre Frakturen (Typ -III und -IV) (Abb. 9).

Intrakapsuläre impaktierte Frakturen mit Kollaps des Humeruskopfes oder Nekrose mit geringgradiger Tuberculum-majus Fehlstellung, werden als Typ-I bezeichnet. Typ-II Frakturen sind durch eine chronisch verhakte Luxation oder eine intrakapsuläre Luxationsfraktur charakterisiert. Zum Typ-III werden extrakapsuläre Frakturen des chirurgischen Halses mit signifikanter Fehlstellung der Tubercula gegenüber dem Schaft gezählt. Extrakapsuläre Frakturen mit schwerer Fehlstellung der Tubercula, zum Beispiel als Zustand nach dislozierter 4-Fragment-Fraktur werden als Typ-IV bezeichnet.



**Abbildung 9: Posttraumatische Fehlstellungen des proximalen Humerus:
Frakturklassifikation nach Boileau [11]**

2.5.3 Glenoidale Pfannenmorphologie nach Walch

In einer CT basierten Studie untersuchte G J Walch [114] die Morphologie des Glenoids bei Patienten mit Omarthrose. In seiner prognostischen Klassifikation werden folgende Typen unterschieden (Abb. 10):

Typ A (konzentrischer Glenoidverbrauch):

Liegt ein konzentrischer Glenoidverbrauch vor, so ist der Humeruskopf zentriert, und die Kraftübertragung ist gleichmäßig auf die glenoidale Gelenkfläche verteilt. Die Glenoidretroversion wird nach Walch mit $11,5^\circ$ beschrieben.

Man unterscheidet gemäß dem Ausmaß der Knorpelerosion noch in Typ A1 und A2, wobei bei A1 eine leichte Erosion zu finden ist.

Bei A2 ist die zentrale Erosionsfläche stärker ausgeprägt. Diese führt zu einer zentrierten Glenoidkuppel und kann bei ausgeprägten Fällen zur Protrusion des Humeruskopfes in die glenoidale Gelenkpfanne führen.

Typ B (exzentrischer Glenoidverbrauch):

Bei einem exzentrischen Glenoidverbrauch ist der Humeruskopf posterior subluxiert. Die Retroversion der glenoidalen Gelenkfläche wird laut Walch mit durchschnittlich 18° angegeben. Man unterscheidet zwischen den Subtypen B1 und B2. B1 ist durch die Abnutzung und Senkung der posterioren Glenoidfläche, subchondrale Sklerosierung und Osteophyten charakterisiert.

Bei B2 kann man posterior eine bikonkave Kuppel mit nach posterior dezentriertem Humeruskopf auffinden.

Typ C (Glenoiddysplasie):

Die Glenoiddysplasie wird bei einer Retroversion des Glenoids von mehr als 25° beschrieben.

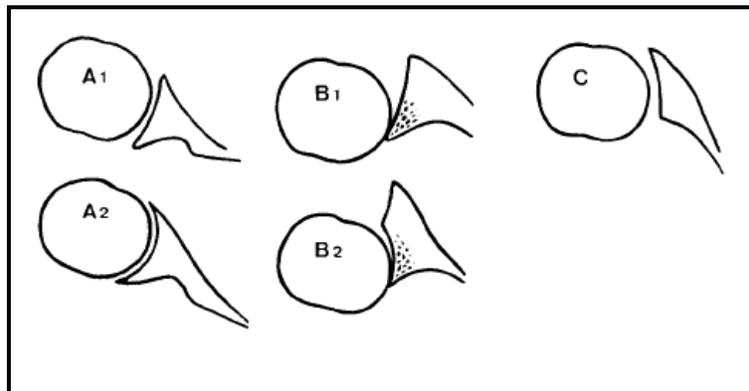


Abbildung 10: Glenoidklassifikation nach Walch [114]

2.6 Proximale Humeruskopffraktur

2.6.1 Allgemein

Die proximale Humeruskopffraktur ist die dritthäufigste Fraktur des höheren Lebensalters und nimmt einen Gesamtanteil von 5% [37] an. Häufige Ursachen einer Humeruskopffraktur sind Stürze auf den gestreckten Arm, Stürze über Niveau, direkte Schläge von der Seite, exzessive Rotation des abduzierten Arms und Grand-mal-Anfälle. Dabei müssen die Unterschiede der Unfallmechanismen in den einzelnen Altersgruppen beachtet werden. Bei jungen Patienten ist häufig ein hochenergetisches Trauma für die Fraktur verantwortlich. Oft liegen Luxationsfrakturen (ggf. mit zusätzlichen Weichteilschäden oder im Rahmen von Mehrfachverletzungen) vor, wobei im höheren

Alter bei bestehender Osteoporose in erster Linie indirekte Mechanismen mit niedriger Krafteinwirkung Ursache für die Fraktur sind. Das Ausmaß der Verletzung nimmt mit zunehmendem Alter ab [38][57][95]. Darüber hinaus treten im Bereich des Humerus häufig pathologische Frakturen auf. Die Inzidenz der proximalen Humerusfraktur steigt ab einem Lebensalter von über 40 Jahren von 46 auf 76 % an, wobei Frauen dreimal so häufig betroffen sind wie Männer. Dies ist wiederum auf die höhere Wahrscheinlichkeit der Osteoporose bei Frauen zurückzuführen [4][104].

Ca. 85% der Humeruskopffrakturen sind einfache Frakturen, die nach den oben genannten Einteilungen nicht oder wenig disloziert sind und durch die Rotatorenmanschette und dem intaktem Weichteilmantel stabil gehalten werden. Diese Frakturen zeigen bei konservativer frühkonventioneller Therapie gute Ausheilungsergebnisse [21][91][105]. Mit zunehmendem Verletzungsgrad ist eine konservative Behandlung kontraindiziert, da das Risiko einer avaskulären Humeruskopfnekrose und schmerzhaften Funktionseinschränkung steigt [37].

Vor allem drei und vier Fragmentfrakturen stellen aufgrund der komplizierten operativen Eingriffe eine Herausforderung dar. Bei älteren Patienten mit osteoporotischen Knochen sind die Verankerungsmöglichkeiten schlecht, woraus häufig unzufriedenstellende Ergebnisse resultieren. Für den Patienten selbst kann dies ein Verlust der Unabhängigkeit und Selbstständigkeit bedeuten [103][105]. Die zunehmende Anzahl der Frakturfragmente und deren Dislokationsgrade, als auch Frakturlokalisation im anatomischen Hals mit Lateralisation und Periostschlauchabriss erhöhen das Osteonekrosrisiko [18][37][44].

Das Spektrum der angewandten Behandlungsoptionen ist breit, jedoch setzen viele Eingriffe eine intensive Erfahrung mit der Behandlungsmethode voraus.

Bei Verschiebung des distalen Teils oder Abkippen des Kopfes um mehr als 45° besteht die Indikation zur Reposition. Eine semikonservative Behandlung nach Böhler ist bei nicht eingestauchten subkapitalen Frakturen oder nach geschlossener Reposition bei instabilen Brüchen indiziert. Dabei werden perkutan Kirschnerdrähte auf Höhe des Delta-Muskelansatzes eingebracht.

Resch entwickelte die Technik von Böhler weiter, wobei nach einer Reposition und Mini-Inzision die verbliebenen Fragmentfehlstellungen gelöst, reponiert und perkutan fixiert werden.

Der Frakturverlauf der Zweifragment-Fraktur am chirurgischen Hals gefährdet nicht die Kopfdurchblutung, sodass die Plattenosteosynthese indiziert ist. Zum Einsatz kommen T- oder L-Platten, die auf der Zuggurtungsseite befestigt werden. Alternativ kann eine Zuggurtungs-

Osteosynthese durchgeführt werden, falls metaphysär eine ausreichende Stützung garantiert ist. Bei instabilen Fraktursituationen kann eine retrograde Nagelung angewandt werden. Nach Reposition verklemmen 3-5 Nägel von dorsal proximal der Fossa olecrani in aufsteigender Form den Humeruskopf. Bei Frakturen im anatomischen Hals wird eine offene Reposition mit kopferhaltender Schraubenosteosynthese durchgeführt. Bei Tuberculum majus Frakturen besteht die Möglichkeit der gedeckten Reposition und transkutaner Verschraubung oder die klassische offene Reposition mit anschließender Verschraubung. Dislozierte Dreifragmentfrakturen können mit kopferhaltenden Osteosynthesen versorgt werden. Bei den häufigsten Frakturverläufen kommen hierbei die gedeckte Minimal-Osteosynthese, Pinfixierung, Kirschnerdrähte, Kleinfragment-Titanschrauben und Platten-Osteosynthese zur Anwendung. Die Auswahl ist abhängig von der Reponierbarkeit, Fehlstellung und Stabilität der Fraktur. Bei den dislozierten Vierfragmentfrakturen stellte sich die Frage nach der prothetischen Versorgung. Die Antwort darauf ist von dem biologischen Alter des Patienten, der anatomischen Rekonstruierbarkeit der Gelenkflächen, als auch von der Gefäßversorgung abhängig. Sollte die Rekonstruierbarkeit gegen eine Osteosynthese sprechen, so wird eine Hemi- oder Totalarthroplastik empfohlen. [1][6][7][75][30][43][46][48][64][70][74][92][105][118]

2.6.2 Frakturmorphologie

Bei Humeruskopffrakturen entstehen nach Codman vier Hauptfragmente (Abb. 11): Tuberculum majus und minus, Kopfkalotte und das proximale Humerusschaftfragment.

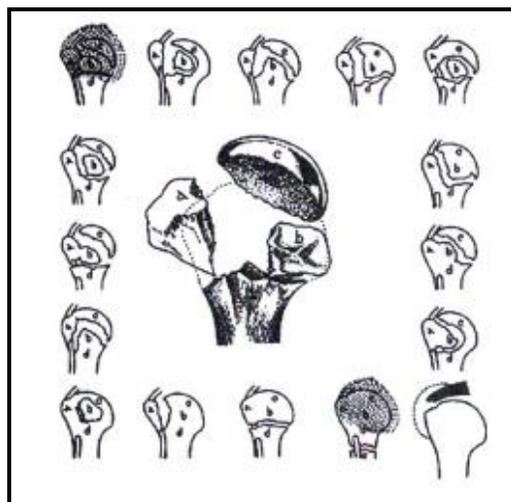


Abbildung 11: Humerus Frakturklassifikation nach Codeman [60][61]

Die Kopfkalotte wird durch das Collum anatomicum vom proximalen Humerusschaft getrennt, wodurch hingegen das Collum chirurgicum den Übergang der Tubercula zum Humerusschaft begrenzt. Prognostisch ist eine Differenzierung zwischen den Frakturen des anatomischen und chirurgischen Halses in Bezug auf die Vaskularisierung des Humeruskopfes sinnvoll.

Muskulär ist der Oberarm durch die thorakohumeralen und skapulohumeralen Muskelgruppen am Thorax fixiert. Diese haben Einfluss auf den Frakturmechanismus und Frakturtyp. Am intakten Humerus zeigt der resultierende Kraftvektor der Rotatorenmanschette nach medial und kaudal. Der M. pectoralis major zieht den Schaft nach medial und wird in seiner Wirkung vom M. latissimus dorsi und M. teres major unterstützt. Gleichzeitig bewirken diese eine innenrotatorische Bewegung des Schaftes. Der M. deltoideus, M. biceps und M. triceps brachii (Caput longum) heben den Arm gegen die Schwerkraft an. Entscheidend für einen physiologischen subacromialen Gleitmechanismus ist ein nach medio-ventral gerichteter Kraftvektor der Rotatorenmanschette, welcher der nach oben gerichteten Kraft des Deltamuskels entgegengesetzt wirkt. Folglich kann die subacromiale Kinematik durch eine anatomische Veränderung zwischen artikulärem Fragment und Tuberculum majus oder minus gestört werden. [106]

Diese kinematische Störung entsteht durch die Veränderungen der Muskelzugrichtung im Vergleich zum Drehpunkt des Kopfes, durch Verkürzung des Hebelarms des anhängenden Muskels bei Medialisierung des Tuberculum oder auch durch direkte mechanische Behinderung des Gleitvorgangs am Acromion.

Stufenbildungen des Tuberculum majus von > 5mm werden nicht toleriert, da sie den Kraftaufwand des M. deltoideus signifikant erhöht. Hingegen können Veränderungen im subcapitalen Bereich besser toleriert werden.

Das Tuberculum majus, minus und das Schaftfragment sind mit Muskeln verbunden. Dadurch ist ihre Lage abhängig vom Frakturgeschehen, da man davon ausgeht, dass sich die Muskeln zur Zeit des Sturzes reflektorisch kontrahieren und maximal an den Fragmenten gezogen haben [106].

Das Tuberculum majus zeigt nach latero-dorsal und disloziert durch den Ansatz der außendrehenden Rotatorenmanschette bei einem Abriss nach hinten, sowie in den Subacromialraum. In seltenen Fällen einer isolierten Fraktur des Tuberculum minus disloziert dieses durch den Zug der Subskapularissehne nach medial und kann eine Pseudarthrose oder Innenrotationsblockade verursachen. Gleichzeitig reißt das Rotatorenintervall ein und die lange Bizepssehne subluxiert nach ventral. Bei einer Vierfragmentfraktur dislozieren die Tubercula in Richtung der ansetzenden Muskelsehnen, der Humerusschaft wird von der Sehne des M. pectoralis major nach ventral und

medial gezogen, während die Kopfkalotte entweder impaktiert wird oder nach hinten unten abkippt und rotiert. [37]

2.7 Bankart-Fraktur

Benannt nach dem englischen Chirurgen Arthur S.B. Bankart (1879-1951) bildet die Bankartfraktur Fraktur eine Subgruppe der glenoidalen Frakturen. Hierbei frakturiert der anterior-inferiore Rand des Glenoid in der 3- bis 6- Uhr-Position. Zusätzlich zu einem knöchernen Ausriss der Fossa glenoidales entsteht ein Abriss des glenoidalen Labrums in antero-inferiorer Position. Die häufigsten Unfallmechnismen sind Aufprallereignisse mit niedriger Energie, Schulterluxationen und Luxationsfrakturen. [37]

3. Material und Methode

3.1 Allgemein

Wir führten eine prospektive Studie über die funktionellen und radiologischen Ergebnisse nach Prothesenimplantation bei posttraumatischer Omarthrose durch. In diese Studie konnten 68 Patienten aufgenommen werden, die vom März 1997 bis zum September 2002 bei posttraumatischer Omarthrose mit einer Schulterprothese versorgt wurden.

Es handelte sich um 36 Männer und 32 Frauen. Das durchschnittliche Alter bei Operation betrug 53,6 Jahre (31-84 Jahre). Bei 33 Patienten wurde eine HEP eingesetzt und bei 35 war der komplette Gelenkersatz mittels TEP notwendig.

Als Einschlusskriterien galt die posttraumatische Omarthrose, die anhand der präoperativen Röntgenbilder nach der Klassifikation der posttraumatischen Fehlstellungen des proximalen Humerus nach Boileau et al. [12] eingeteilt wurden und mit einer HEP oder TEP versorgt wurden. Die Indikation für eine HEP oder TEP wurde streng anhand des Glenoidverbrauchs mittels der Glenoid Einteilung von Walch et al. [114] gestellt. Nur bei Patienten mit A1 Glenoid wurde eine HEP implantiert. Ab A2 wurden eine TEP eingesetzt.

Eine floride Infektion gilt bei jeglicher Prothesenimplantation als absolute Kontraindikation. Eine relative Kontraindikation ist die N. axillaris- oder Plexus brachialis Parese. Des Weiteren ist zu den relativen Kontraindikationen die fehlende Compliance und Alkoholismus des Patienten zu zählen, da das postoperative Ergebnis von der Qualität der Nachbehandlung abhängt.

3.2 Datenerhebung

Die Prä- und intraoperativen Daten wurden anhand eines Dokumentationsbogens (CS und Bewegungsausmaße) erhoben.

Die Nachuntersuchungen wurden 6 Wochen, 3 Monate, 6 Monate postoperativ und danach jährlich durchgeführt. Dabei fand die letzte Nachuntersuchung durchschnittlich 43,4 Monate (von 18 bis 155 Monate, Standardabweichung: 26,61) postoperativ statt. Inhalt jeder Untersuchung war die Erhebung des CS und die Anfertigung der Röntgenserie (siehe Abb. 22).

3.3 Auswertung

3.3.1 Constant Murley Score

Der CS ist, seit seiner Erstpublikation 1987 [20], der in der Schulterchirurgie am häufigsten angewandte Score für viele Schultererkrankungen. Er erfasst sowohl subjektive als auch objektive Parameter und gewichtet diese bei einer Gesamtpunktzahl von 100 mit 35 zu 65 zu Gunsten des objektiven bzw. funktionellen Bereiches (Tab. 2).

Zu den subjektiven Parametern zählen Wertungen des Schmerzes und die Aktivitäten des täglichen Lebens. Dabei wird eine Analogskala von 0-15 Punkten angewandt, wobei die absolute Schmerzfreiheit mit maximal 15 Punkten bewertet wird. Funktionell bewertet der CS die schmerzfreie FLEX, ABD, ARO und IRO mit jeweils gleicher Gewichtung (Abb. 12-15).

Schmerz (visuelle Analogskala) (0=maximaler Schmerz, 15=kein Schmerz)	0-15
Alltagsaktivität	0-20
Arbeitsfähigkeit (visuelle Analogskala)	0-4
Freizeitaktivität / Sportfähigkeit	0-4
Schlaf (2=ungestört, 1=gelegentlich gestört, 0=jede Nacht gestört)	0-2
Bis zu welcher Höhe kann der Arm problemlos eingesetzt werden?	
Unterhalb der Taille (Constant <i>et al.</i> , 2008)	0
Bis zur Taille	2
Bis zum Xiphoid	4
Bis zum Hals	6
Bis zum Scheitel	8
Über den Kopf hinaus	10
Bewegungsumfang	0-40
<i>Elevation</i> (°)	
0-30	0
31-60	2
61-90	4
91-120	6
121-150	8
151-180	10
<i>Abduktion</i> (°)	
0-30	0
31-60	2
61-90	4
91-120	6
121-150	8
151-180	10
<i>Außenrotation</i>	
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach vorne gehalten	2
Hand am Hinterkopf mit Ellenbogen nach hinten gehalten	2
Hand auf dem Kopf mit Ellenbogen nach vorne gehalten	2
Hand auf dem Kopf mit Ellenbogen nach hinten gehalten	2
Volle Elevation vom Scheitel ausgehend	2
<i>Innenrotation</i>	
Handrücken auf der Außenseite des Oberschenkels	0

Handrücken auf Gesäß	2
Handrücken auf lumbosacralem Übergang	4
Handrücken auf Taille (3. LWK)	6
Handrücken auf TH 12	8
Handrücken zwischen den Schulterblättern (TH 7)	10
Kraft (Kraft (kg) X 25 / 12)	0-25
Total	Max. 100

Tabelle 2: Constant und Murley Score [19][20]



Abbildung 12: Constant-Score: FLEX 135°



Abbildung 14: Constant-Score: IRO



Abbildung 13: Constant-Score: ABD



Abbildung 15: Constant-Score: ARO

3.3.2 Kraftmessung mit dem Isobex

Die Kraftmessung mit dem Isobex (Cursor AG, Bern, Schweiz) erfolgt in aufrechter Sitzposition mit 90° abduziertem und 30° nach vorne geneigtem Arm (Abb. 16 a+b). Das Isobex ist unterhalb des zu messenden Arms am Boden fixiert. Der Daumen ist dabei nach unten geneigt und die Zugrichtung zeigt nach oben.

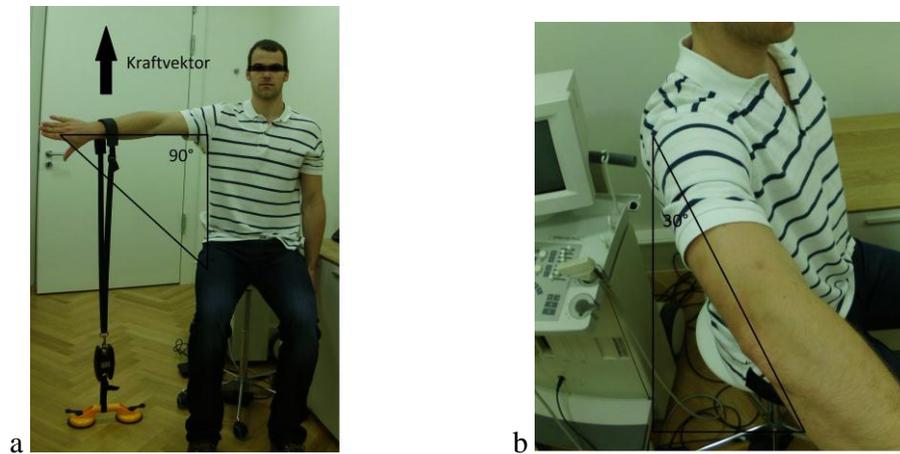


Abbildung 16: Kraftmessung mit dem Isobex mit 90° abduziertem (a) und 30° nach vorne geneigtem (b) Arm

Der Score nimmt durch einen Kraftverlust mit zunehmendem Alter und geschlechtsabhängig ab. Deshalb ist es empfehlenswert den Score alters- und geschlechtsgewichtet anzugeben. In unserer Studie sind die Endergebnisse des CS absolut, als auch alters- und geschlechtsgewichtet angegeben. Für die Bewertung des CS wurde die Beurteilung nach Boehm herangezogen (Tab. 3). Dieser führte für die Beurteilung des normalisierten CS Ergebnisses, die Kategorisierung von ausgezeichnet bis schlecht in fünf Kategorien ein [10].

Alter (Jahre)	Männlich (%)	Weiblich (%)
21-30	98	97
31-40	93	90
41-50	92	80
51-60	90	73
61-70	83	70
71-80	75	69
81-90	66	64
91-100	56	52

Tabelle 3: Alters- und geschlechtsgewichteter CS

3.4 Röntgentechniken und andere bildgebende Verfahren

3.4.1 Röntgenaufnahmen

Bei der Humeruskopffraktur wird eine Röntgentraumaserie (Abb. 17) mit folgenden Aufnahmen angefertigt:

1. true-a.-p.-Aufnahme
2. Scapula-Y-Aufnahme
3. axiale Aufnahme
4. Velpeau-Aufnahme

Die true anterior-posteriore (a.-p.) Aufnahme:

Das Schulterblatt der betroffenen Seite muss der Röntgenkassette flach anliegen, weshalb die unverletzte Thoraxseite um 30° bis 45° schräg nach vorne zeigt. Der Daumen des gestreckten Armes zeigt nach vorne. Der zentrale Strahl ist auf die Coracoidspitze gerichtet und um 20° nach kaudal geneigt. In dieser Aufnahme erfolgt die orthograde und überlagerungsfreie Darstellung des glenohumeralen Gelenkspalts.

Die Scapula-Y-Aufnahme:

Die Scapula-Y-Aufnahme steht senkrecht zur a.-p.-Aufnahme. Der Patient wird sitzend oder stehenden mit 60° nach vorne gedrehtem Oberkörper aufgenommen. Der Zentralstrahl verläuft dabei tangential zur Scapula. Diese Aufnahme zeigt die Stellung des Humeruskopfes zur Gelenkpfanne und erlaubt die Stellung der Frakturfragmente zu beurteilen.

Die axiale Aufnahme:

Die Röntgenkassette befindet sich über dem Schultergelenk, der Strahlengang verläuft kranio-kaudal, wobei der Zentralstrahl auf die Mitte des Glenohumeralgelenks gerichtet ist. In dieser Aufnahme wird die Lage des Kopfes zur Pfanne, als auch das Tuberculum minus und majus dargestellt.

Die Velpeau-Aufnahme:

Bei schmerzhafter Abduktionssperre ersetzt diese die axiale Projektion. Zur Aufnahme sitzt der Patient mit 30° nach dorsal gelehntem Oberkörper am Röntgentischrand. Der Zentralstrahl zeigt kranio-kaudal auf das Schultergelenk wobei die Röntgenkassette sich unter der Schulter befindet. Die

Velpeau-Aufnahme ermöglicht eine gute Beurteilung des Glenoids und der Tubercula als alternative zur axialen Aufnahme.

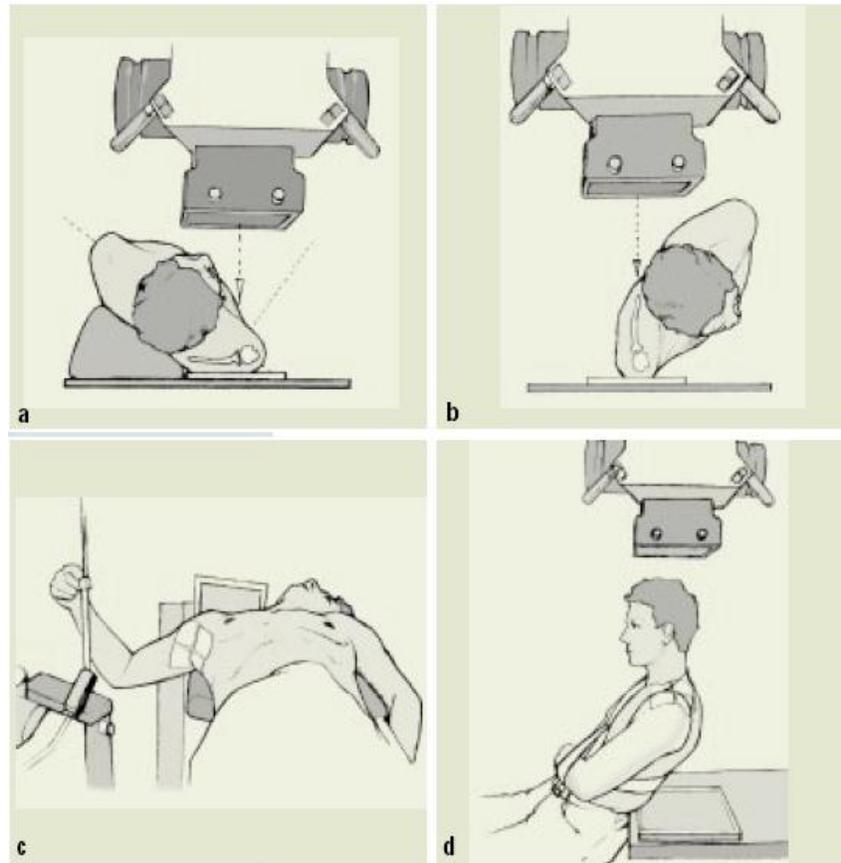


Abbildung 17: Röntgentraumaserie: (a) true-a.-p.-Aufnahme; (b) Scapula-Y-Aufnahme; (c) axiale Aufnahme; (d) Velpeau-Aufnahme [37]

3.4.2 Computertomographie

Bei komplizierten Mehrfragmentfrakturen ergibt sich die Indikation zur Nativ-Computertomographie und erlaubt eine erweiterte Beurteilung des Kopfkalottenfragmentes. Die Bilder werden zur Operationsplanung bei höhergradigen Frakturen mit Kopfimpression und Mehrfachbeteiligung der Kalotte herangezogen und liefern wichtige Informationen hinsichtlich kopferhaltender oder prothetischer Versorgung. Besonders geeignet ist die Computertomographie zur Evaluation des Glenoidverbrauchs. Eine 3-D-Rekonstruktion der CT-Bilder kann in diesen Fällen eine räumliche

Hilfestellung bieten. Bei chronischen Frakturen hilft die CT-Bildgebung zur Beurteilung der Frakturfragmente und der Knochensubstanz des Glenoids.

3.4.3 Kernspintomographie (MRT)

Die MRT kann zum Ausschluss von Weichteildefekten und zur Beurteilung von pathologischen Frakturen herangezogen werden. In Bezug auf chronische proximale Humerusfrakturen werden MR-Bilder zur Untersuchung der Rotatorenmanschette und Einschätzung der Weichteilverfettung, welche die Auswahl des Prothesendesigns beeinflusst.

3.5 Radiologische Auswertung

Für 66 Patienten dieser Studie konnten die präoperativen -, die 6 Wochen postoperativen- und die neusten Bilder der letzten Nachuntersuchung ausgewertet werden. Jeweils wurden die axiale und die anterior-posteriore Aufnahmen herangezogen.

Bestimmt wurde die Schaftzentrierung des Prothesenschaftes zum Humerusschaft. Weiter wurde die Mitigrationsrichtung im Verlauf bestimmt (kranial-inferior, anterior-posterior).

Zum Nachweis einer möglichen Prothesenlockerung, wurden alle vorhandenen Bilder auf Lysesäume (RLL) untersucht. Am Schaft wurden hierbei 8 Zonen (Abb. 18 a) definiert. [86][100] (siehe Abb. 18a). Die Zonen des Glenoids wurden nach Mole [76] eingeteilt. Klassifiziert werden sechs mögliche Lockerungszonen um das Glenoid, bei kielförmigen Glenoidkomponenten (Abb. 24 b). Eine umschriebene Saumbildung von < 1 mm ergab 1 Punkt, 1-2 mm ergaben 2 Punkte und > 2 mm ergab 3 Punkte. Für jede Zone werden 1-3 Punkte vergeben und anschließend alle Punkte zu einem Score addiert. Ein Gesamtscore von 0-6 Punkten zeigen keine Lockerung an, wohingegen 7 bis 12 Punkte auf eine mögliche Glenoidlockerung hindeuten. 13 bis 18 Punkte sind Hinweis auf eine definitive Lockerung der Komponente.

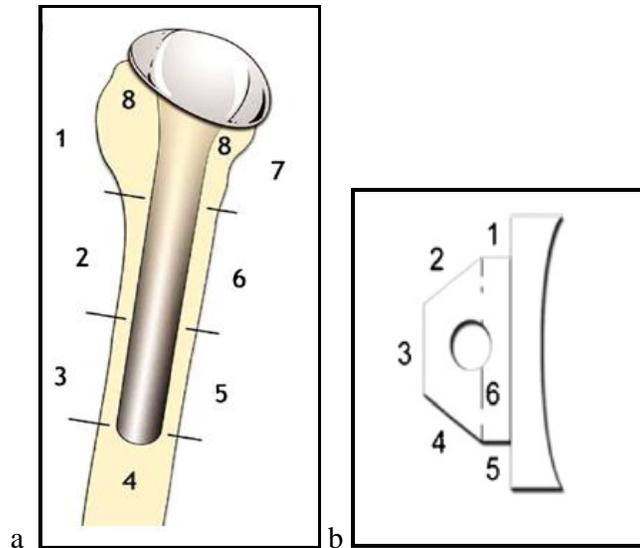


Abbildung 18: a: Radiolucent Zonen der Humeruskomponente und b: Radiolucent Zonen der Glenoidkomponente [72]

Des Weiteren wurde die Prothesenschaft-Positionierung relativ zum Humerusschaft eingestuft. Die Qualitäten wurden in drei Gruppen eingeteilt: korrekt (parallel zur Kortikalis), valgus (Schaftspitze zum Oberkörper zeigend und $> 2^\circ$ Abweichung) oder varus (Schaftspitze vom Oberkörper weg zeigend und $> 2^\circ$ Abweichung). Eine Achsenabweichung des Prothesenschaftes zum Humerusschaft (Kortikalis) $> 2^\circ$ wurde als nicht korrekte Positionierung gewertet.

Als Dezentrierung des Humeruskopfes wurde ein Abweichen des Zentrums des Humeruskopfes von der transversalen Ebene von ± 5 mm in Relation zu der glenoidalen Zentrallinie gerechnet. Die Zentrallinie durch das Glenoid, ist als die Ebene, in der die Skapula durch das Glenoid kreuzt, definiert. Ein dezentrierter Humeruskopf nach TEP-Implantation kann durch posteriore Abnutzung zu einem frühzeitigen Verschleiß des PE-Inlays oder der Lockerung der Glenoidkomponente führen. [39]

Der Verlauf des Acromio - Humeralen bzw. Acromion – Kalotten Abstands (AHA) wurde bei allen drei Untersuchungsterminen in der a.p.-Aufnahme aufgezeichnet. Dieser spiegelt den freien Raum für die Rotatorenmanschette zwischen Kopf und Acromion wieder.

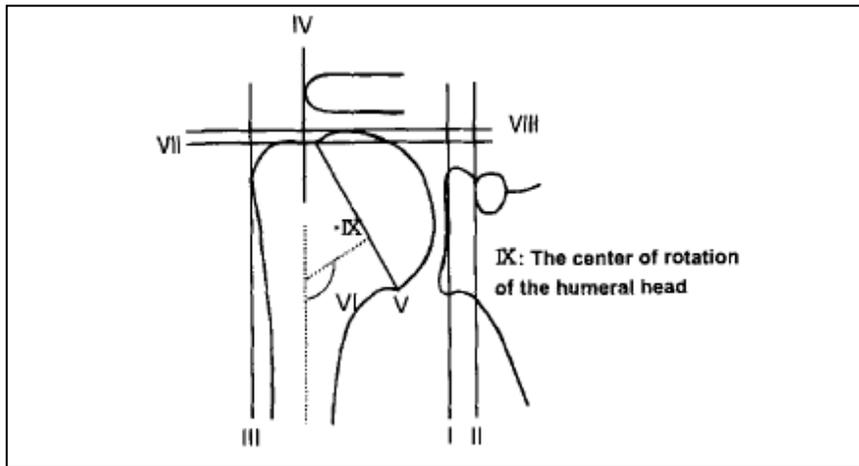


Abbildung 19: Schematische Darstellung des Humerus in der a.p.-Aufnahme. Definition der Messpunkte, aus denen das LGHO, KTMA und AHA errechnet werden kann (siehe Aufzählung) [107]

1. Distanz zwischen I und III: Laterales Glenohumerales Offset (LGHO)
2. Distanz zwischen VII und VIII: Kalotten Tuberculum Majus Abstand (KTMA)
3. Distanz zwischen der Unterkante des Acromions und VIII: Acromio-Humeraler-Abstand (AHA)

Zur Bestimmung des AHA wird je eine Gerade durch den höchsten Punkt der Kalotte und den unteren Rand des Acromion angelegt. Beide Geraden verlaufen parallel. Die orthogonale Distanz dieser beider Parallelen stellt den AHA dar (Abb. 19). Der Normbereich bei gesunden Patienten wird als ≥ 7 mm und ≤ 22 mm definiert [37].

Die Verheilung des Tuberculum majus ist als kritischer Faktor beim Wiedererlangen der glenohumeralen Funktion anzusehen.

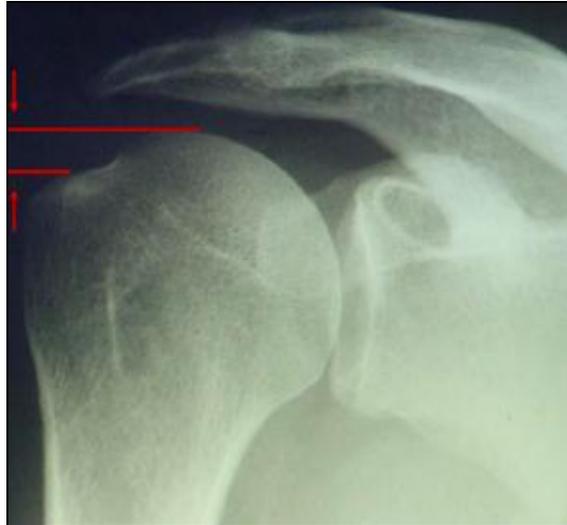


Abbildung 20: Messmethode des Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand in der true a.-p.- Aufnahme

Gemessen wird mit dem in Abb. 20 veranschaulichten Model. Durch den höchsten Punkt des Tuberculum majus wird eine Gerade gezeichnet. Der höchste Punkt ist definiert als der Wendepunkt zwischen dem supero-lateralen Rand der Gelenkfläche und dem supero-medialen Rand des Tuberculum majus. Eine zweite, parallele Gerade wird durch den höchsten Punkt der Kalotte angelegt. Der orthogonale Abstand zwischen beiden parallel verlaufenden Geraden repräsentiert den KTMA [93]. In einer Serie [66] bei gesunden Patienten wurde eine durchschnittliche Distanz von 6.7 mm (Range 2 bis 12 mm) beschrieben. Alle Werte ≤ 10 mm und ≥ 4 mm wurden als physiologisch gewertet.

War die Lage des Tuberculums aufgrund der Frakturverhältnisse superior der Kalotte gelegen, so wurden die erzielten KTMA-Werte mit einem negativem Vorzeichen versehen.

Zur Beschreibung des proximalen Humeruskopfes und eventueller Deformitäten nach einer Frakturierung wird das LGHO eingezeichnet. Zur Bestimmung des LGHO wird zunächst eine senkrechte Gerade durch den am weitesten medial gelegenen Punkt der glenoidalen Gelenkfläche festgelegt. Parallel zu dieser wird eine Gerade durch den lateralsten Punkt des Tuberculum majus gezogen. Durch Messungen des orthogonalen Abstands der beiden Geraden wird das LGHO definiert (Abb. 26). Der Normalwert des lateralen glenohumeralen Offset (LGHO) liegt bei gesunden Individuen bei $55,7 \pm 5,7$ mm. Das Erreichen eines physiologischen LGHOs ist eines der wichtigsten Elemente für die prothetische Rekonstruktion des Schultergelenks. Das LGHO wird als Parameter für den korrekten Armhebel des M. deltoideus und Rotatorenmanschette gewertet. [107]

Das Greater-Tuberosity-Offset (GTO), welches auf der a.p. Aufnahme bestimmt wird, quantifiziert die Dislokation des Tuberculum majus. Der Normbereich wurde, der Definition von Tauber nach, mit einem relativen Wert von $45,9\% \pm 5\%$ (oder als absoluter Wert: $42,24 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$) angegeben. Als pathologisch wurden demnach alle Werte die kleiner als $40,9\%$ bzw. größer als $50,9\%$ sind, gewertet.

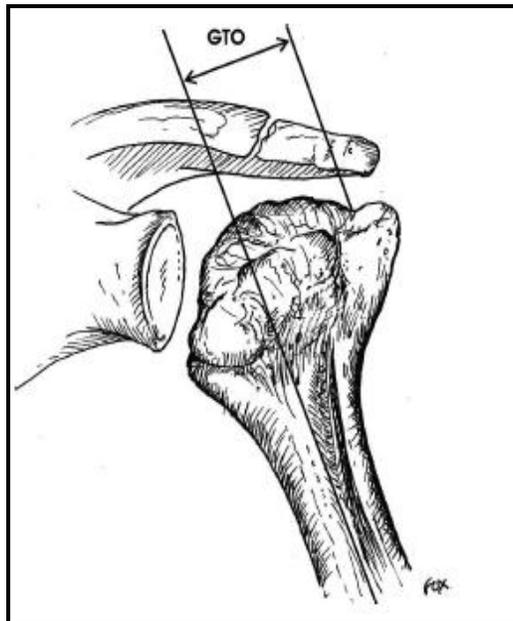


Abbildung 21: Bestimmung des Greater-Tuberosity-Offset am proximalen Humerus [78]

Gemessen wird die Strecke von der Schaftachse orthogonal zur medialen Ecke des Tuberculum majus (Abb. 21). Der Wert wird als absoluter Wert in cm und als relativer Wert im Verhältnis zum Schaftdurchmesser angegeben. [78]

Das posteriore Offset quantifiziert die Verbreiterung des Humeruskopfes nach Frakturen. Zur Bestimmung des Posterioren Offset (PO) wird erneut die Schaftachse herangezogen. Parallel zu der Schaftachse werden jeweils durch die äußeren Begrenzungen der Tubercula zwei Geraden gezogen (Abb. 22). Zwischen den beiden Geraden wird orthogonal die intertuberkuläre Distanz bestimmt. Die Abweichung des Mittelpunkts der intertuberkulären Distanz von der Schaftachse repräsentiert das PO.

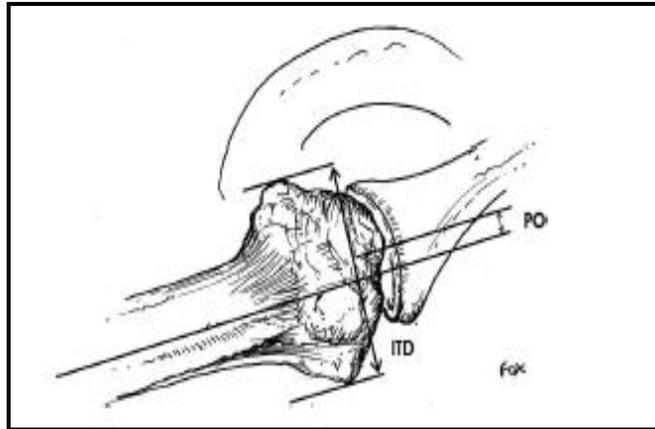


Abbildung 22: Bestimmung des Posterioren-Offsets (PO) und Messung der ITD am proximalen Humerus [78]

Falls das PO anterior der Schaftachse liegt, so wird der Wert als negativ gewertet. Auch diese Werte werden relativ zum Schaftdurchmesser in Prozent angegeben. Der Normwert bei gesunden Individuen beläuft sich, laut Studie, auf $4,11\text{mm} \pm 0,5\text{mm}$ (entspricht $9,7\% \pm 12\%$). [78]

3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm „SPSS 13 für Windows“ (statistical package of social science), SPSS Software GmbH, München, 2004.

Die statistische Auswertung besteht aus deskriptiven Standardwerten wie unter anderen Mittelwert, Median und Standardabweichung.

Mittelwert: Der Mittelwert berechnet sich als der Quotient aus der Summe und Anzahl der Messwerte.

Standardabweichung: Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streubreite der Messwerte. Sie wird aus der Quadratwurzel der Varianz errechnet. In normalverteilten Fällen liegen 68% der Messwerte innerhalb der Entfernung einer Standardabweichung vom Mittelwert. Im Bereich von zwei Standardabweichungen befinden sich 95% aller Messwerte.

Der Wilcoxon Signed Ranks Test wurde als statistisches Testverfahren für die Auswertung der von zwei verbundenen Stichproben (z.B. zwei Gruppen zu einem Zeitpunkt) herangezogen. Postoperative Veränderungen des CS, der Bewegungsausmaße und der radiologischen Parameter wurden mit dem Wilcoxon-Signed-Ranks-Test auf Signifikanz überprüft. Dieser nichtparametrische Test kann bei

fehlender Normalverteilung von zwei Stichproben angewandt werden. In diesem Fall wird die Rangreihe aus einer absoluten Wertepaar Differenz ermittelt. Für die Prüfung auf Signifikanz bei einseitiger Testung wurde der p-Wert auf dem Niveau von $< 0,05$ festgelegt. Der Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben (z.B. prä- und postoperativer Vergleich) wurde mit Hilfe des Mann-Whitney-U Tests durchgeführt.

3.7 Univers™ 3-D Schulterendoprothese

3.7.1 Konzeption

Ziel der Weiterentwicklung der 3. Prothesengeneration war die starre Verbindung zwischen Prothesenschaft und Prothesenkalotte freizugeben. Dadurch wurden die Anteversion- und Retroversionskorrektur ermöglicht. Darüber hinaus sollte eine stufenlose Einstellung des Inklinationwinkels und der Kopfxentrität geschaffen werden.

Bei der Entwicklung des Glenoidersatzes wurde ein besonderes Augenmerk auf die zementfreie Fixation der Komponente gelegt. Die Verankerung sollte ohne zusätzliches Auffräsen oder Aufbohren des geschwächten Glenoids ermöglicht werden, um somit die Stabilität des Pfannenlagers nicht zu gefährden.

3.7.2 Prothesenaufbau

Die Univers™-3-D Schulterprothese setzt sich aus den in Abb. 23 gezeigten Komponenten zusammen.

Humeruskomponente:

- 1: Prothesenschaft
- 2: Kalottenträger
- 3: Prothesenkopf.

Zementfreie Glenoidkomponente:

- 4: PE-Inlay
- 5: Hohlschraube
- 6: Metal-Back.

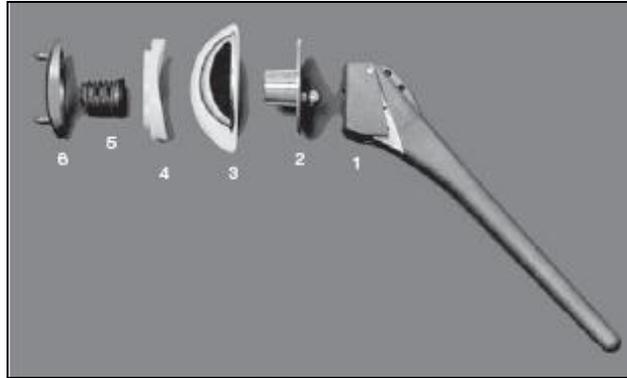


Abbildung 23: Dreidimensionale UNIVERS™-Prothese: (Arthrex, Karlsfeld)

3.7.3 Prothesenschaft

Ein Merkmal der vierten Prothesengeneration ist die stufenlose Einstellung des Inklinationwinkels in einem Winkelbereich von 125° - 140° . Dies wird durch ein im Halsbereich des Schaftes befindlichen Winkeladapter ermöglicht. Da der humerale Inklinationwinkel um etwa 10° variiert, ermöglicht die Einstellung eine exakte Zentrierung des Kopfes gegenüber der Pfanne (Abb. 24 a). Der Winkeladapter ist über eine Achse mit dem Schaft im physiologischen Drehpunkt fest verbunden. Der Aufsatzbereich des Winkeladapters für den Kalottenträger ist darüber hinaus nach anterior und posterior schräg abfallend, womit eine Retro- und Anteversion von je ca. 10° ermöglicht wird (Abb. 24 b).

Die Schaftgrößen sind in den Größen 6-13 (Schaftlänge: 115 mm bis 150 mm) erhältlich. Die Schaftoberfläche besteht aus raugestrahlem Titan und ist zur Rotationssicherung ineinander übergehend distal konisch und proximal rechteckig geformt.

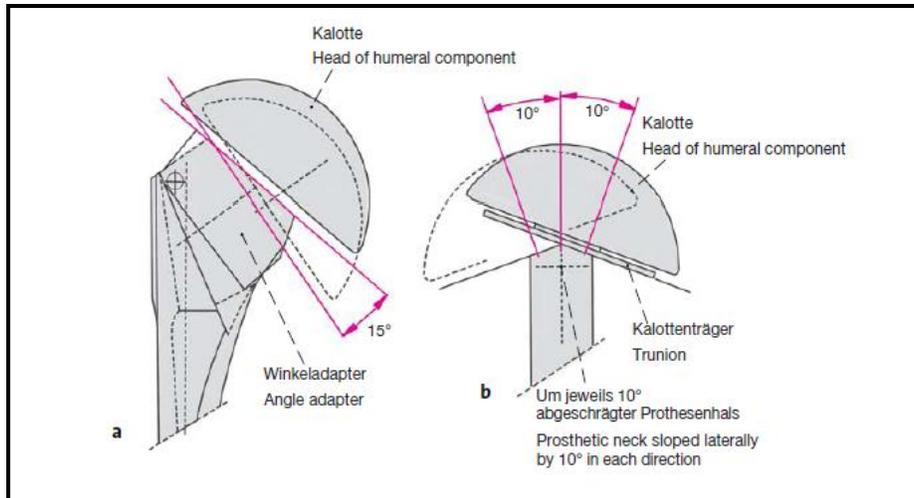


Abbildung 24: A: Stufenloser Winkeladapter der Inklination und B: Ante- und Retroversion

3.7.4 Kalottenträger

Die Verbindung zwischen Prothesenschaft und Kopfkalotte wird durch den Kalottenträger gewährleistet. Durch den Kugelmechanismus zwischen Kalottenträger und Prothesenschaft wird die dreidimensionale Anpassung (Inklinationswinkel, Kopfexzentrizität und Retrotorsion) eingestellt. Durch die exzentrische Anordnung des Kugelmechanismus (Abb. 25) mit möglicher 360°-Drehung kann das Offset des Humeruskopfes zur Schaftachse berücksichtigt werden. Die Fixierung des modularen Prothesenkopfes auf dem Träger erfolgt über ein Konussystem. Die oben aufgezählten Einstellungen werden allesamt über ein Klemmschraubensystem, durch einen Drehmomentschlüssel, am proximalen Schaftende arretiert. Der Kalottenschaft besteht wie der Prothesenschaft aus einer Titanlegierung. Die Rückseite des Kalottenträgers ist durch ein Korund-Strahl-Verfahren bearbeitet.

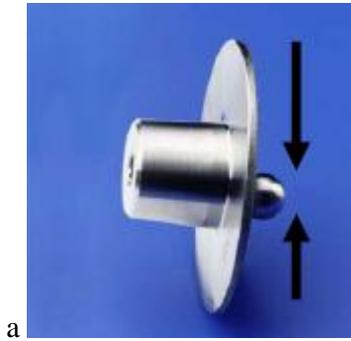


Abbildung 25: exzentrisch positionierter Kugelmechanismus des Kalottenträgers

3.7.5 Prothesenkopf

Die verstellbare Version des Prothesenkopfes erlaubt die Kopfkalotte der Resektionsfläche exakt anzupassen. Die Kopfkompone ist mit einer Cr-Co-Legierung versehen, welche mit der glenoidalen Gelenkfläche interagiert. Der Prothesenkopf ist in den meisten physiologischen Ausmaßen erhältlich (Kalottendurchmesser von 43 – 51 mm, Kalottenhöhe von 15-22 mm und ein Kalottenradius von 23 – 26 mm)

3.7.6 Prothesengrößen

Die UNIVERSTTM- Humerusprothese ist in folgenden erforderlichen Größen erhältlich:

Schaftlänge: 115 mm – 150 mm

Prothesenschaftgröße: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 mm

Prothesenkopf: 40/13, 43/15, 45/15, 46/17, 48/17, 50/19, 51/22

3.7.7 Zementfreie Glenoid-Komponente

Die zementfreie Glenoid-Komponente wird aus 3 Bestandteilen (Abb. 26) zusammengesetzt.

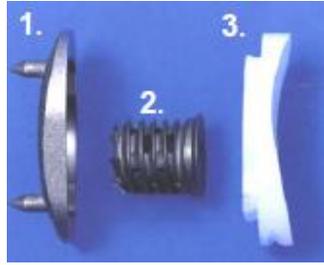


Abbildung 26: Zementfreie Glenoidkomponente 1. Metal-back 2. Hohlgeschraube 3. PE-Einsatz

1. Der Metal-back Metallträger mit konvexer Rückfläche gestattet eine knochensparende Bearbeitung des Pfannenlagers und eine Vergrößerung der Auflagefläche im Vergleich zu ebenem Areal. Die Oberfläche des Metallträgers besteht aus einer mit Korund-Strahl-Verfahren bearbeitete Titan-Legierung. Der Metallträger wird durch zwei Fixationstifte rotationsgesichert. In seinem Zentrum befindet sich eine Aussparung zum Einbau der Hohlgeschraube.
2. Die Hohlgeschraube wird nach Eröffnung der Kortikalis selbstschneidend in die Spongiosa gedreht. Der Durchmesser der Schraube beträgt 13 mm und die Länge 12 mm. Mehrere schlitzförmige Öffnungen im Gewindeteil ermöglichen die gute Osteointegration. Die Fixierung mit der Hohlgeschraube erlaubt eine Erhaltung des zentralen Knochenzylinders im Kernbereich.
3. Der Polyethylen Aufsatz wird dem fixierten Metal-back mit Hilfe von Snap-In-Technik aufgesetzt. Mit 3 – 4 mm Stärke des PE-Einsatzes ist die gesamte Einrichtung somit nur 6 mm hoch. Ein physiologischer Rollgleitmechanismus entsteht, in dem man den Radius des Inlays größer wählt als den der Kopfkalotte. Der PE-Einsatz ist in den Größen klein, mittel und groß erhältlich.

3.7.8 Zementierte Glenoidkomponente

Für eine zementierte Implantation steht eine UHMW-PE-Glenoidkomponente (Abb. 27) zur Verfügung. Diese hat einen zentral konischen Kiel der beim Einsatz zu einer Spongiosaverdichtung führt. Die PE-Glenoidkomponente besitzt einen röntgendichten Markierungsfaden, der radiologische Verlaufskontrollen erleichtert.

Die verfügbaren Größen sind small, medium und large mit einer Bauhöhe von je 5 mm.



Abbildung 27: UHMW-PE-Glenoidkomponente zur zementierten Implantation

3.8 Indikationen und Kontraindikationen

Indikationen zum Einsatz der UniversTM- Prothese sind die primäre und sekundäre Omarthrose, die primäre und posttraumatische Humeruskopfnekrose und die chronische Polyarthrit.

Kontraindikationen stellen floride Schultergelenkinfektionen, irreversible Nerven- und Plexusschädigungen und die neurogene Gelenkzerstörung dar. Hinzu kommen fehlende Compliance und Alkoholismus des Patienten, da der Erfolg der Implantation sehr stark von der Rehabilitation abhängt. [37][40]

3.9 OP-Technik

Der Patient wird in Intubationsnarkose und Schulterspeziallagerung auf dem Maquet-Tisch in Beach-Chair-Position (Abb. 28) gelagert, wobei der Oberkörper ca. 60-70° aufgerichtet wird.



Abbildung 28: Beachchair Lagerung

Der Eingriff erfolgt über den deltoideo-pectoralen Zugang, eine Inzision vom Proc. coracocoeus entlang des Vorderrandes des M. deltoideus, über dem Sulcus-deltoideo-pectoralis.

Nach Spaltung des subkutanen Fettgewebes wird die Vena (V.) cephalica in der Mohrenheim-Grube dargestellt und nach lateral weggehalten. Der M. pectoralis major wird dargestellt. Bei Bedarf können die oberen 2-3 cm von der Crista humeri abgetrennt und mit Haltefäden armiert werden.

Danach erfolgt die Darstellung des M. subscapularis und die palpatorische Kontrolle des N. axillaris unter der Conjoint Tendont und durch die laterale Achsellücke zieht. [68][94]

Der gesamte Gleitraum der Rotatorenmanschette bedarf einer Adhäsioolyse. Dadurch wird eine bessere Verschiebbarkeit der sich kreuzenden Schichten erreicht. Unter dem M. deltoideus wird ein so genanntes „nerv to nerv release“ nach Matsen und Lippitt (2004) durchgeführt, bei der der Gleitraum freigelöst wird.

Bei der Subskapularisablösung ist die angewandte Methode abhängig von der passiven Außenrotationsfähigkeit.

Bei geringer Außenrotationseinschränkung (Außenrotation über 30°) kann die Subskapularissehne durch direkte Tenotomie 5-10 mm medial ihres Ansatzes am Tuberculum minus mit der Kapsel durchtrennt werden. Nach Eröffnung des Rotatorenintervalls beginnt die Inzision am oberen Sehnenrand bis zum unteren Drittel. Die unter der Subskapularissehne liegende Kapsel wird im Rotatorenintervall und am Sehnenansatz lateral en bloc reseziert. Der letzte Schritt ist die Präparation der Schicht zwischen Muskel und Kapsel im unteren Subskapularis Drittel, als auch die Durchtrennung der inferioren Kapsel ansatznahe am Humerus.

Liegt eine mittelgradige Außenrotationseinschränkung (zwischen +30° und -10°) vor, wird der M. subscapularis in unterschiedlicher Weise gelöst um ihn später zu refixieren. Dabei wird bei eingeschränkter ARO der gesamte sehnige Ansatz des M. subscapularis, inklusive darunter liegender Gelenkkapsel vom Tuberculum minus abgetrennt. Durch die Medialisierung des Sehnenansatzes gewinnt man bis zu 1,5 cm an Länge, was ARO von + 30° entspricht. Ansonsten erfolgt die End-zu-End Naht der des M. subscapularis an einem 1cm belassenen Sehnenabschnitt.

Als weitere Maßnahme zum Längengewinn erfolgt die Subskapularissehnen-Mobilisation nach Matsen bei der durch 360°-Umschneidung Kontrakturen gelöst werden. Ziel dabei ist einen Längengewinn von 2-3 cm zu erzielen, wobei eine Verbesserung der Außenrotationsfähigkeit von ca. 20° pro cm Längengewinn erzielt werden kann [26][56]. Grundsätzlich wird eine bifokale Kapsulotomie durchgeführt. Nach Überprüfung der Vorspannung der Rotatorenmanschette erfolgt das Weichteil-Balancing, bei dem ein Kapsel-Release und eine Sehnenmobilisation durchgeführt werden kann. Hierdurch kann ein zu kleines „joint-play“ ausgeglichen werden.

Es erfolgt die Exposition des Humeruskopfes, dabei wird dieser unter ARO, Adduktion, Extension luxiert. Um die Resektionslinie exakt zu bestimmen, müssen die Osteophyten im Bereich des anatomischen Halses abgetragen werden. Mit Hilfe der Resektionslehre wird daraufhin die Schnittebene bestimmt. Diese wird hierzu an einen Kirschnerdraht fixiert, welcher in Verlängerung der Metaphysenachse in den Humerus vorgebohrt wird. Auf der Resektionslehre wird ein Pin in 20°/40° Retroversion fixiert und parallel der Unterarmachse eingestellt. An den Buchsen der Resektionslehre werden jetzt zwei parallele Kirschner-Drähte als Resektionsvorgabe durch den anatomischen Hals gebohrt. Der Inklinations- und Retrotorsionswinkel können individuell zwischen -20° und -40° eingestellt werden. Nach Vorgabe der Schnittebene durch die Kirschner-Drähte erfolgt die Resektion.

Im darauf folgenden Schritt wird der Markraum des Humerusschaftes eröffnet. Den Eindringpunkt für die erste Reibahle findet man wenige Millimeter unterhalb des höchsten Punktes der Resektionsebene. Die weitere Präparation des Markraums bis zur Corticalis erfolgt mit den

Vierkantraspeln. Zur definitiven Größenbestimmung des Prothesenschaftes tauscht man die Markraumraspel gegen einen Probierschaft aus. Wichtig hierbei ist, dass der Probierschaft den Rand der Resektionsebene nicht überragt und fest im Schaft verklemmt ist. Die Resektionsfläche wird für die Glenoidpräparation durch eine Schutzplatte bedeckt.

Bevor das Glenoid bearbeitet werden kann, wird das Labrum glenoidale entlang des Limbus glenoidale, unter Aussparung des Bizepssehnenankers, exzidiert. Der gesamte Gelenkknorpel wird mit einem scharfen Löffel entfernt und osteophytäre Pfannenausziehungen werden osteotomiert.

Der Pfannenverbrauch und die Ausrichtung des medullären Pfannenkanals werden anhand der präoperativen CT- oder MRT-Aufnahme bestimmt.

Ein wichtiger Faktor zur Wiederherstellung einer adäquaten Funktion und einer symmetrischen Belastung des Glenoids, ist die Korrektur der Retroversion und Inklination. Danach wird das Zentrum der Gelenkfläche durch ein Fadenkreuz mit einem Elektrokauter markiert. Die Ausrichtung der Fräseerichtung erfolgt nach der von Matsen beschriebenen „glenoid center line“ als Senkrechte zum Zentrum der Gelenkfläche in Verlängerung des „centering point“. Dieser liegt am Übergang des ventralen Skapulahalses zur Fossa subscapularis. [73]

An diesen Maßen orientiert, erfolgt die Kürretierung und anschließend die Pfannenfräsung welche bis auf den kortikalen Boden erfolgen sollte, bis das Pfannenlager deckungsgleich mit der Form der Glenoidkomponente ist. Im nächsten Schritt wird die Komponentengröße bestimmt. Dabei wählt man die größtmögliche kranio-kaudale Länge, ohne dass ventral oder dorsal Überstände entstehen.

Die oben erwähnte Kongruenz wird durch Einsetzen einer mit zwei Fixationstiften gesicherten Pfannenschablone gewährleistet. Der zentrale kortikale Knochen wird durch einen Kronenbohrer 2 mm tief vorgeschritten. Passgenau wird das Metal-back in das vorgefräste Pfannenlager eingebracht. Die zwei Fixationsstifte des Metal-back werden in die vorgeschlagenen Löcher des Pfannenlagers eingebracht und dienen der Rotationsstabilität.

Die endgültige Verankerung des Metal-back wird durch die selbstschneidende Hohlschraube erreicht, die in das Zentrum des Metallträgers orthogonal eingeführt wird. Die PE-Inlay Komponente wird von kaudal über einen Snap-In-Mechanismus in den Metallträger integriert.

Es folgt die Positionierung des Kalottenträgers. Dieser wird auf dem Winkeladapter des Prothesenschaftes gesetzt und soweit fixiert, dass noch eine Rotationsfähigkeit besteht. Der Kugelmechanismus des Kalottenträgers ermöglicht, dass die jetzt aufgesetzte Probekalotte in einer 360°-Kreisbahn exzentrisch bis zu $\pm 3,5$ mm verschoben werden kann. Hierdurch wird die

Resektionsfläche optimal abgedeckt. Wünschenswert bei der Bestimmung der Kalottengröße ist es den KTMA von etwa 5-8 mm wiederherzustellen.

Bei der Probereposition wird eine posteriore Translation des Prothesenkopfes von ca. 15-20 mm und eine inferiore Translation von 10-15 mm angestrebt.

Ein weiteres Ziel ist es eine ABD von 90°, eine ARO von 50° und eine IRO von 80° zu erreichen.

Wenn die richtige Kalottengröße bestimmt wurde und die korrekte Exzenterposition eingestellt werden konnte, wird der Klemm-Mechanismus des Kalottenträgers fixiert.

Als letzter Bestandteil wird der definitive Prothesenkopf in der zuvor bestimmten Größe eingesetzt und durch den Kopfpaktor fixiert.

Zuletzt folgt eine Überprüfung der Subskapularislänge. Dabei muss die Sehnennaht bei abduziertem und auf 40° außenrotierten Oberarm möglich sein. Dieser wird nach Reposition der Kopfprothese bei leichter Abduktions- und Außenrotationsstellung des Armes refixiert. Die Fixierung erfolgt in Mason-Allen-Nahttechnik mit nicht resorbierbaren Fiberwirefäden an den vorgelegten Fäden am medialen Hals oder einer End-zu-End-Naht Technik. Abschließend erfolgt die anatomische End-zu-End Naht des gelösten Anteils des M. pectoralis major. Ziel ist es, bei beiden Nähten eine spannungsfreie Refixierung zu ermöglichen. Danach erfolgt ein schichtweiser Wundverschluss und Einbringen einer tiefen Redondrainage. Über die ersten 48 h postoperativ wird ein Kompressionsverband angelegt.

3.10 Nachbehandlungsschema

Alle Patienten werden standardisiert entsprechend dem folgenden Schema nachbehandelt.

Phase 1: 1. und 2. Woche postoperativ

Schwerpunkt: assistive Mobilisation und Lagerung

Die ersten 48 h erfolgt eine Ruhigstellung in einer Gilchrist-Bandage. Danach wird der Arm in einem Orthosoft-Abduktionskissen bis Ende der 3. postoperativen Woche ganztägig gelagert.

Die passive Mobilisation in Skapulaebene ist bei Schmerzfreiheit bis zu einem weichen Widerstand (max. FLEX 90°, ABD 60°, IRO 45°) möglich. Die ARO darf jedoch 10° nicht überschreiten. Eine leichte, assistive Skapulamobilisation, mit bilateral assistierter FLEX aus der Rückenlage ist möglich. Es erfolgen Pendelübungen unter Anleitung und eine ADL (Aktivitäten des täglichen

Lebens) -Schulung (Aufstehen, Anziehen, Waschen, Anlegen des Abduktionskissen) mit weitestgehender Schonung der Op-Seite.

Nach Bedarf: Lymphdrainage / Eis / Elektrotherapie

Phase 2: 3. - 6. Woche

Schwerpunkt: Mobilisation und Koordinationsschulung

Ziel ist die passive Mobilisation in allen Bewegungsrichtungen bei Schmerzfreiheit bis zum weichen Stopp (max. FLEX 90°, ABD 70°, IRO 70°, ARO 20°).Außerdem erfolgt der langsame Übergang zu assistiver Mobilisation und leichte Kräftigung der Skapulafixatoren (insbes. M. serratus anterior und pars ascendens des M. trapezius). Der Patient wird zur Automobilisation instruiert und ein Heimprogramm wird erarbeitet.

ab 4. Woche: Übergang zu aktiver Mobilisation.

Ziel nach 6 Wochen postoperativ:

Schmerzfrier Scheitelgriff und Schürzengriff bis zum Trochanter major.

Phase 3: 7.- 12. Woche

Schwerpunkt: aktive Mobilisation, Koordinationsschulung und Kräftigung

Beginn mit endgradigen passiven und aktiven Bewegungen unter Beachtung der Schmerzgrenze. Außerdem steht die Zentrierung und Stabilisation des Glenohumeral-Gelenks im Vordergrund. Dabei werden isometrische und dynamische Aktivitäten der Rotatorenmanschette und aktive Widerlagerung zwischen Skapula und Humerus für FLEX/ABD/ARO/IRO geübt. Es sollten Koordinations- und Stabilisationsübungen für die Skapula (insbes. Rekrutierungsschulung des M. serratus anterior und des pars ascendens des M. trapezius) und Übungen zur Haltungskorrektur durchgeführt werden. Ausbau des Heimprogramms und Integration des Armes in die ADL.

Ab 9. Woche :

Steigerung des dynamischen Trainings der RM (konzentrisch und exzentrisch in der Skapulaebene) z.B. mit einem Theraband (gelb-rot) und leichten Gewichten (max.1 kg) mit Schwerpunkt auf die Verbesserung der koordinativen Qualität. Beginn mit komplexer Aktivierung der Schultermuskulatur

in der geschlossenen Bewegungskette. Später kann auch mit Übungen in Über-Kopf-Position („Wischübung“) und leichten Hebeübungen begonnen werden. Die Wiederaufnahme beruflicher Tätigkeit mit geringer Schulterbelastung ist ein wichtiger Schritt in die Rückkehr des Alltags. Autofahren ist zu diesem Zeitpunkt in der Regel möglich.

Ziele nach 12 Wochen postoperativ:

Schürzengriff und Nackengriff.

Phase 4: ab 12. Woche

Schwerpunkt: Kräftigung und ADL-Schulung

Ziel ist die Intensivierung der muskulären Kräftigung mit Geräten (MTT= medizinische Trainingstherapie). Außerdem ist die Stabilisierung des Schultergelenks in der geschlossenen Bewegungskette mit höherer Intensität und dynamischer Stabilisation mit steigender Belastung, unter Berücksichtigung der Rumpfstabilität, wünschenswert. Einbringen spezifischer progressiver Widerstandsübungen für die RM (insbes. exzentrisch) und der restlichen Schultermuskulatur, als auch reaktive Übungen mit geringer Intensität unterhalb der Schulterhöhe (Stützübungen, Seilzug/Theraband, Fang- und Wurfübungen). Es erfolgt die Schulung funktioneller Aktivitäten mit höherer Belastung, gegebenenfalls Wiederaufnahme beruflicher Tätigkeiten mit höherer Schulterbelastung.

Phase5: ab 21. Woche

Wiederaufnahme des Sports und Beginn anderer intensiver Schulterbelastungen.

Ziel in dieser Phase ist die Steigerung der Intensität der bisherigen MTT, Schnellkrafttraining und reaktive Übungen mit höherer Intensität. Diese auch langsam mit Übungen über Schulterhöhe steigern. Wiederaufnahme beruflicher Tätigkeiten mit intensiver Schulterbelastung. Ab diesem Zeitpunkt kann ein eigenständiges sportliches Training mit langsam steigender Intensität bei gelegentlicher Kontrolle durch den Therapeuten. Auch in den späten Reha-Phasen kann es noch zu Überlastungsreaktionen kommen. Deshalb ist weiterhin eine exakte, symptomabhängige Belastungssteuerung in Alltag, Beruf und Sport notwendig.

4. Ergebnisse

4.1 Patientengut

Im Zeitraum vom 11.03.1997 bis 05.09.2002 wurden 68 Patienten, davon 36 männlich und 32 weiblich aufgrund einer posttraumatischer Omarthrose mit einer Endoprothese versorgt.

Insgesamt erhielten 33 Patienten eine Hemiendoprothese (HEP vom Typ Biomet vor 1998, insgesamt 5 Patienten, bzw. Univers™ ab 1998, insgesamt 28 Patienten) und 35 Patienten eine Totalendoprothese. Die Fraktur war bei allen Patienten auf eine posttraumatische Ätiologie zurückzuführen. Das durchschnittliche Alter betrug 53,6 Jahre (31-84 Jahre). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 59,8 Monate (von 14 bis 155 Monaten).

Präoperativ wurden die Frakturen anhand der Einteilung für posttraumatische Fehlstellungen des proximalen Humerus nach Boileau klassifiziert [11]. Bankartläsionen, welche dreimal vorgekommen und nicht in der Klassifikation berücksichtigt sind, wurden in eine extra Kategorie V eingeteilt. 22 Patienten waren an der betroffenen Schulter nicht voroperiert. Die verbliebenen 46 Patienten hatten mindestens eine Voroperation. Im Durchschnitt waren die voroperierten Patienten dreimal operiert (von 1 bis 9 Operationen).

4.1.1 Seitenverteilung

35 der untersuchten Patienten wiesen die Fraktur auf der linken und 33 auf der rechten Seite auf (Abb. 29).

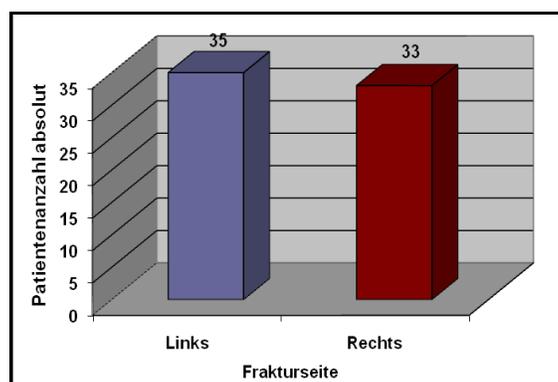


Abbildung 29: Seitenverteilung der Frakturen des Gesamtkollektivs

4.1.2 Einteilung der posttraumatischen Fehlstellungen des Humeruskopfes in die Frakturklassifikation nach Boileau

In der vorliegenden Studie lagen 38 Typ-I-, 7 Typ-II-, 10 Typ-III- und 10 Typ-IV Frakturen vor (Abb. 30). Zusätzlich lagen 3 Bankart-Frakturen vor, die nicht in der Klassifikation berücksichtigt wurden und als Typ-V Frakturen bezeichnet wurden. Typ-I Frakturen stellten mit 55,9% aller Frakturen den größten Anteil (Abb. 30). Die Anzahl der Patienten in der Gruppe mit Fraktur Typ-II nach Boileau war zu gering, um eine aussagekräftige Statistik zu erheben. Aus diesem Grund wurde im weiteren Verlauf auf die isolierte Darstellung dieser Gruppe verzichtet.

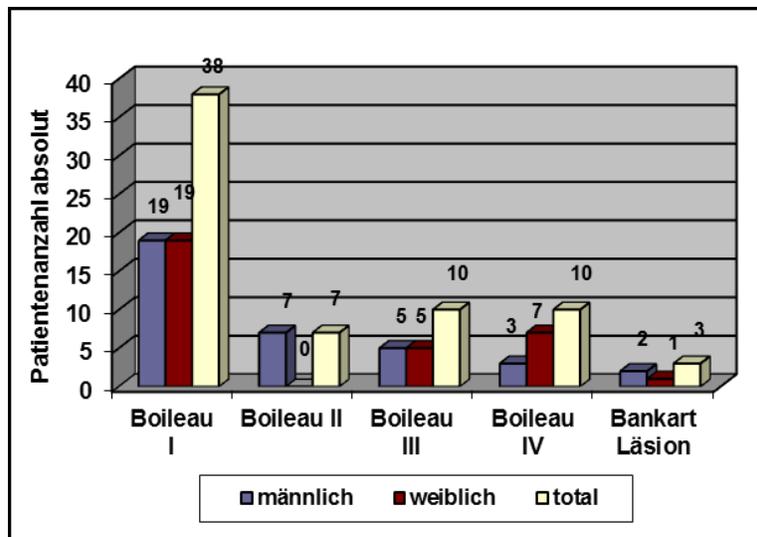


Abbildung 30: Verteilung der Patient nach der Frakturklassifikation von Boileau

4.1.3 Einteilung der glenoidalen Gelenkfläche in die Pfannentypen nach Walch

Die Gelenkpfannen der Patienten, welche eine HEP erhielten, hatten bis auf einen Patient mit B 2 Pfanne alle eine A1 Pfanne nach Gilles Walch.

Bei 25 der 35 TEP Patienten konnte die Einteilung des Glenoids durchgeführt werden. Von diesen wurden 13 als Typ A1, 2 Typ A2, 6 Typ B1 und 4 Typ B2 eingeordnet (Abb. 31).

Zusammengefasst wurden bei 61,4% des gesamten Patientenkollektivs ein Pfannentyp A1 verzeichnet.

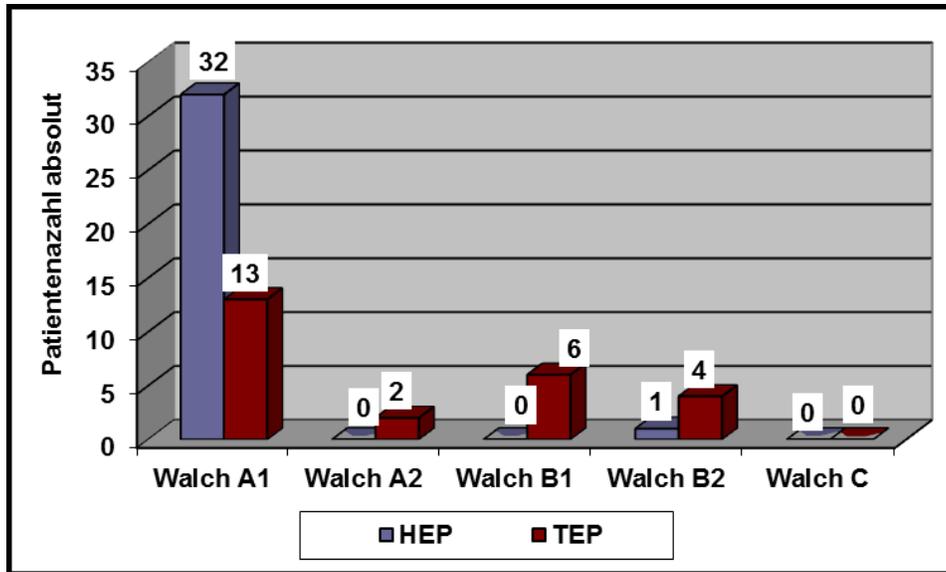


Abbildung 31: Anzahl der Patienten absolut, eingeteilt in die fünf Pfannentypen nach Walch. Subgruppenunterteilung in HEP und TEP.

4.2 Klinische Ergebnisse

4.2.1 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße des Gesamtkollektivs

Tabelle 4 und Abbildung 32 veranschaulichen den Vergleich zwischen den präoperativen CS-Ergebnissen des Gesamtkollektivs und den postoperativen Werten. Die ausführliche Erklärung zu dem jeweiligen Unterpunkt ist im Abschnitt CS (2.7.1) zu finden. Insgesamt waren 36 Männer und 32 Frauen im Kollektiv eingeschlossen, die ein durchschnittliches Alter von 53,6 Jahren (31-84 Jahre) aufwiesen. Deutlich zeigte sich der signifikante ($p=0,0001$) postoperative Zugewinn des CS-Werts von $32,7 (\pm 15,1)$ Punkten präoperativ auf $62,2 (\pm 19,7)$ Punkte postoperativ. (Tab. 4)

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Gesamt prä-OP	41,44	32,65	5,99	7,86	15,02	3,97
Gesamt post-OP	78,83	62,19	12,72	14,81	24,16	8,12
p-Wert	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,002

Tabelle 4: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse des Gesamtkollektivs

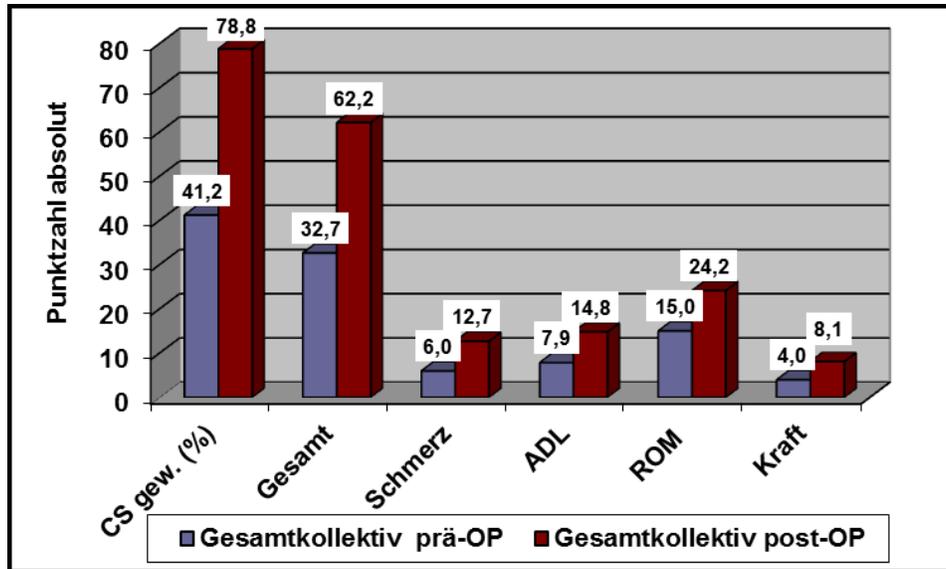


Abbildung 32: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse des Gesamtkollektivs

Tabelle 5 und Abbildung 33 führen die präoperativen und postoperativen CS-Ergebnisse und Bewegungsausmaße des Gesamtkollektivs auf. Bei den Untersuchungen war in allen Kategorien eine Verbesserung festzustellen. Die FLEX erweiterte sich von präoperativ $97,9 (\pm 36,3)^\circ$ auf $120,7 (\pm 40,1)^\circ$ postoperativ, die ABD von $73,6 (\pm 33,2)^\circ$ auf $102,34 (\pm 46,7)^\circ$ und die ARO von $22 (\pm 26,6)^\circ$ auf $35,1 (\pm 21,1)^\circ$ (siehe Tab. 5). Alle Zugewinne waren hierbei signifikant.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Gesamt prä-OP	97,87	73,56	22,04
Gesamt post-OP	120,73	102,34	35,08
p-Wert	0,0001	0,0001	0,036

Tabelle 5: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße des gesamten Kollektivs

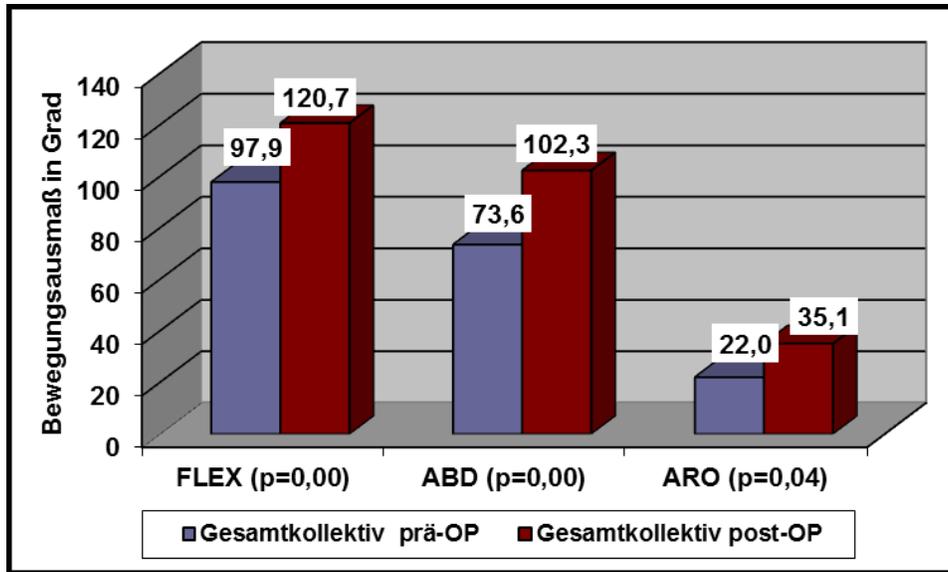


Abbildung 33: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße des gesamten Kollektivs

4.2.2 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Hemiendoprothesen

Das durchschnittliche Alter der 33 Patienten mit einer HEP betrug 54,0 Jahre (31-74 Jahre) und die Anzahl der Voroperationen belief sich auf 1,62 (0-9 Voroperationen). Insgesamt befanden sich in dieser Gruppe 16 männliche und 17 weibliche Patienten.

In der folgenden Tabelle 6 und Abbildung 34 werden die präoperativen und postoperativen CS-Ergebnisse für Patienten mit HEP dargestellt.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
HEP prä-OP	45,78	36,43	6,53	8,39	17,67	3,48
HEP post-OP	79,44	62,84	12,34	15,13	25,00	7,54
p-Wert	0,0001	0,001	0,001	0,002	0,014	0,028

Tabelle 6: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der HEP-Patienten

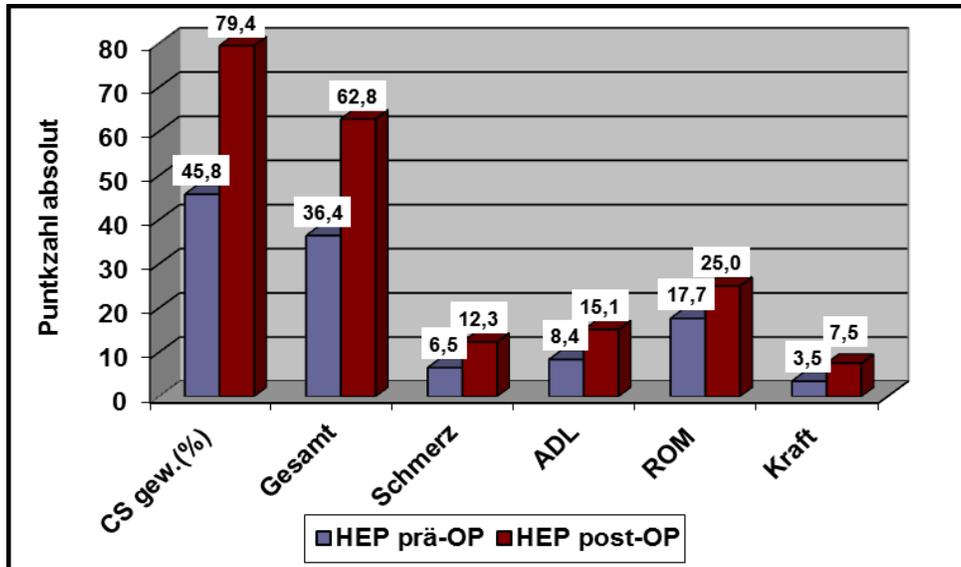


Abbildung 34: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der HEP-Patienten

Demnach stieg die erreichte Gesamtpunktzahl bei den Hemiendoprothesen postoperativ signifikant ($p=0,001$) von 36,4 ($\pm 14,6$) Punkten präoperativ auf 62,8 ($\pm 20,8$) Punkte postoperativ.

Die Tabelle 7 und Abbildung 35 zeigen die präoperativen und postoperativen Werte der Bewegungsausmaße für Patienten mit einer HEP. Im Vergleich zu den präoperativ erhobenen Werten des Bewegungsausmaßes, verbesserten sich die Werte in allen Unterkategorien, ausschließlich der ARO. Hierbei stieg die FLEX signifikant von präoperativ 103,3 ($\pm 39,1$)° auf 126,5 ($\pm 41,6$)° postoperativ und die ABD signifikant von 75,4 ($\pm 27,1$)° auf 108,2 ($\pm 47,9$)° mit $p \leq 0,0001$. Die ARO stieg nicht signifikant von 23,0 ($\pm 30,3$) ° präoperativ auf 37,0 ($\pm 20,7$)° postoperativ mit $p=0,062$.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
HEP prä-OP	103,27	75,38	23,04
HEP post-OP	126,47	108,24	36,97
p-Wert	0,0001	0,0001	0,062

Tabelle 7: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der HEP-Patienten

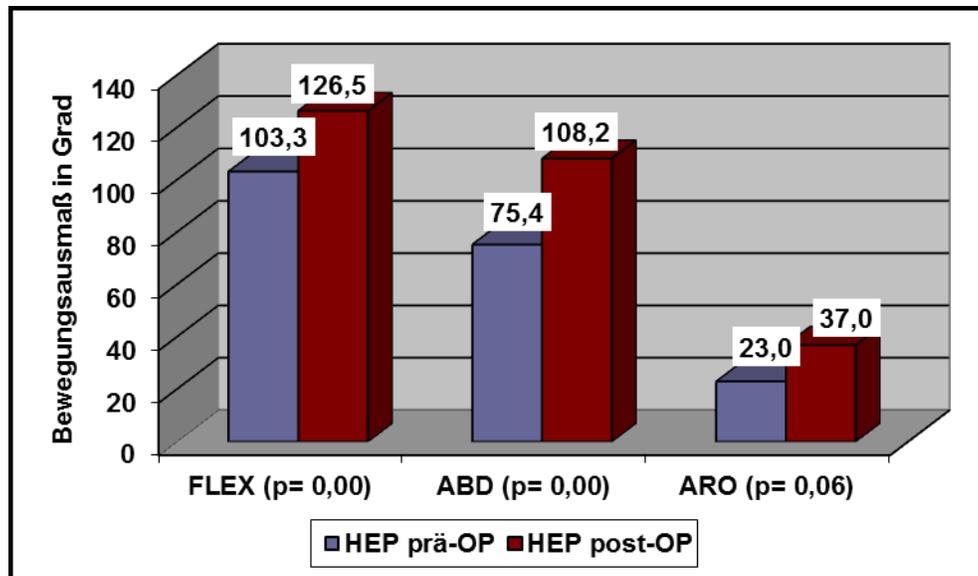


Abbildung 35: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der HEP-Patienten

4.2.3 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Totalendoprothesen

Das durchschnittliche Alter der Patienten mit einer TEP betrug 55,2 Jahre (38-71 Jahre) und die Anzahl der Voroperationen belief sich auf 1,5 (0-9 Voroperationen). Unter den 35 HEP Patienten befanden sich 20 Männer und 15 Frauen.

In der unten aufgeführten Tabelle 8 und Abbildung 36 werden die präoperativen und postoperativen CS-Ergebnisse für Patienten, die mit einer TEP versorgt wurden, aufgetragen.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
TEP prä-OP	37,88	29,99	5,58	7,46	13,04	4,33
TEP post-OP	78,21	61,54	13,09	14,5	23,31	8,74
p-Wert	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,028

Tabelle 8: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der TEP-Patienten

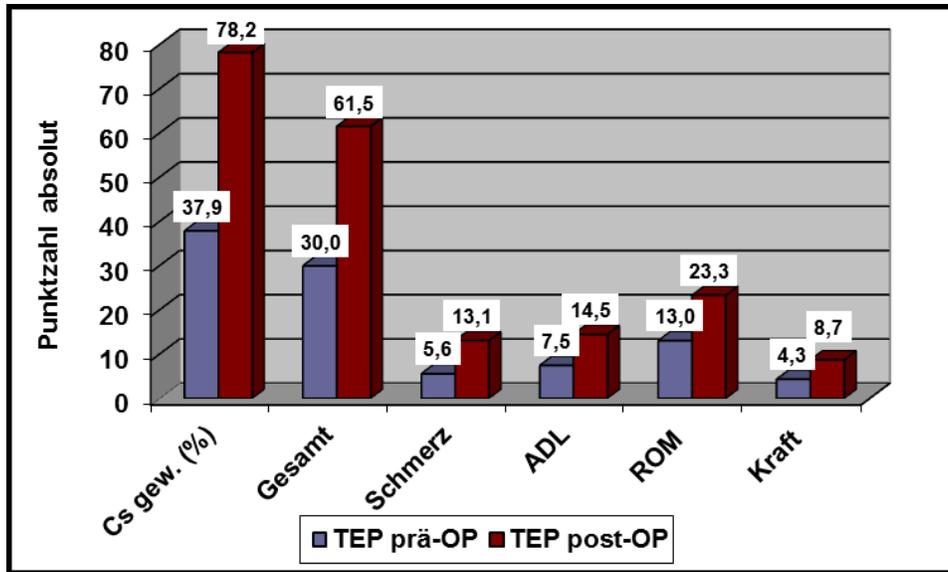


Abbildung 36: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der TEP-Patienten

Auch bei den Patienten mit Totalendoprothesen stiegen die postoperativ erreichten Werte in allen Kategorien an. Nur in den Kategorien ABD, Kraft in kg und ARO war der Zugewinn postoperativ nicht signifikant. Der CS stieg signifikant ($p \leq 0,0001$) von 30,0 ($\pm 15,2$) Punkten präoperativ auf 61,5 ($\pm 18,8$) Punkte postoperativ, die FLEX signifikant von 92,9 ($\pm 33,3$)° auf 113,8 ($\pm 37,7$)° mit $p \leq 0,0001$ und die ABD von 71,7 ($\pm 38,8$)° auf 95,2 ($\pm 45,1$)° mit $p = 0,07$, an. In den Kategorien Schmerz, ADL (Activities of daily living), ROM (Range of motion) und Kraft konnte postoperativ auch eine signifikante Verbesserung verzeichnet werden.

Tabelle 9 und Abbildung 37 stellen die präoperativen und postoperativen Ergebnisse für das Bewegungsausmaß der Patienten mit TEP dar.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
TEP prä-OP	92,86	71,73	21,15
TEP post-OP	113,75	95,18	32,86
p-Wert	0,01	0,073	0,236

Tabelle 9: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der TEP-Patienten

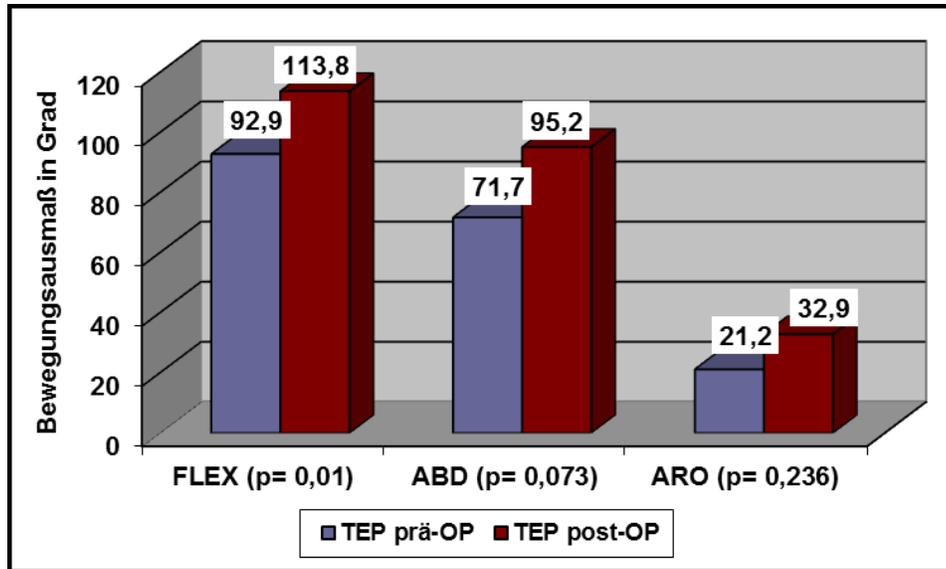


Abbildung 37: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der TEP-Patienten

4.2.4 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Hemiendoprothesen verglichen mit Werten der Patienten mit Totalendoprothesen

In Abbildung 38 werden die prä- und postoperativen CS-Werte der Patienten mit HEP bzw. TEP des Gesamtkollektivs verglichen. Beim prä- und postoperativen Vergleich, konnte in keiner Kategorie, weder im CS noch bei den Bewegungsausmaßen (Abb. 39), ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Präoperativ war der CS der TEP Patienten bei 30,0 Punkten und der CS der HEP Patienten bei 36,4 Punkten. Postoperativ lagen die Werte bei TEP Patienten im Mittel bei 61,5 Punkten und bei HEP Patienten bei 62,8 Punkten. Beide Differenzen waren nicht signifikant.

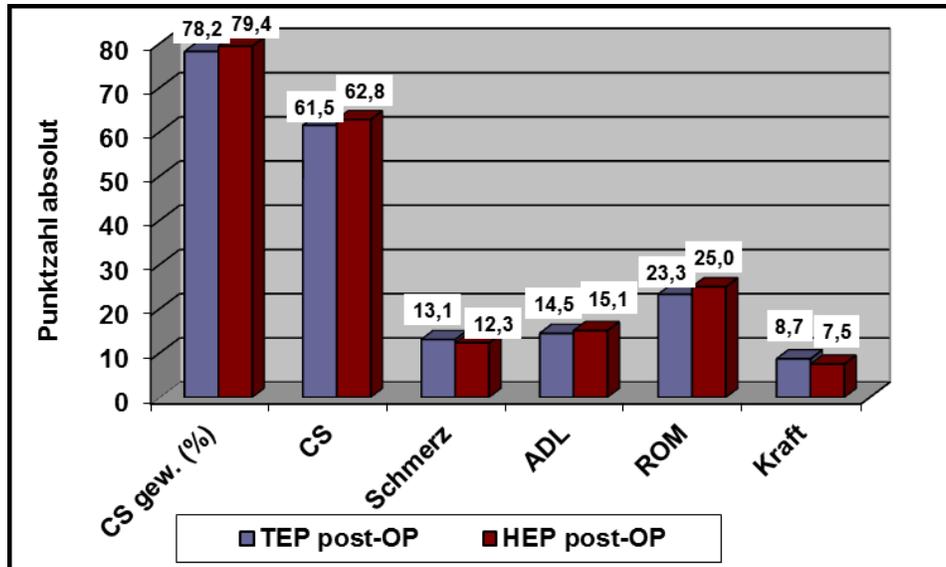


Abbildung 38: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der HEP und TEP-Patienten

Abbildung 39 zeigt den Vergleich zwischen prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der HEP und TEP.

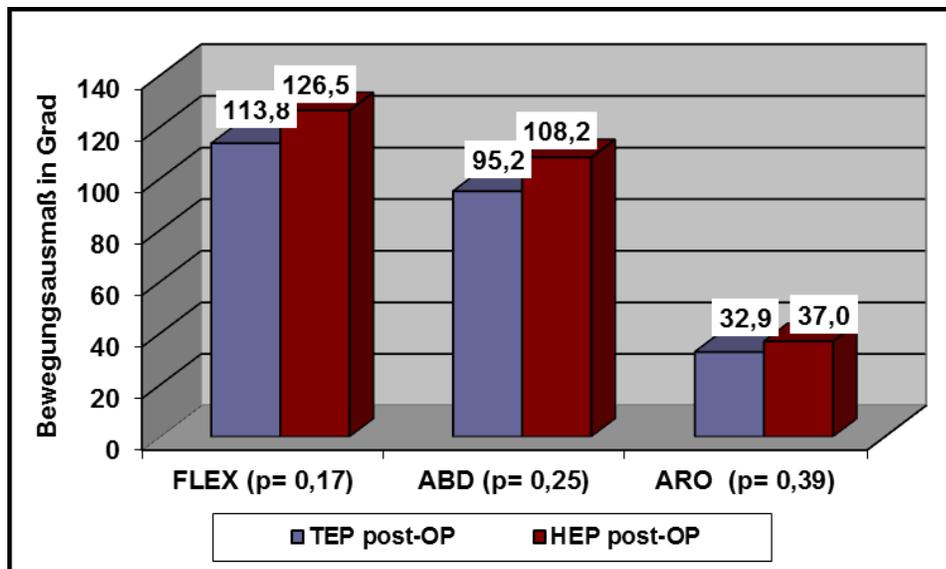


Abbildung 39: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der HEP und TEP-Patienten

4.2.5 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau

Patienten mit Boileau I Frakturen (n= 38) waren durchschnittlich 55,0 Jahre (31-74 Jahre) alt und die Anzahl der Voroperationen belief sich auf 1,68 (0-9 Voroperationen). Insgesamt waren 19 weibliche und 19 männliche Patienten in dieser Untergruppe.

Tabelle 10 und Abbildung 40 veranschaulichen die präoperativen und postoperativen CS-Werte der Boileau I Frakturen. Durch die Prothesenimplantation verbesserte sich die CS-Punktzahl von 30,3 (\pm 11,1) Punkten präoperativ auf 66,9 (\pm 19,5) Punkte postoperativ signifikant ($p \leq 0,0001$). Auch in allen Untergruppen wurde eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse festgestellt.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau I prä-OP	38.40	30,29	6,3	7,32	13,44	3,55
Boileau I post-OP	84.87	66.93	13,17	15,97	27,14	8,44
p-Wert	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,005

Tabelle 10: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau

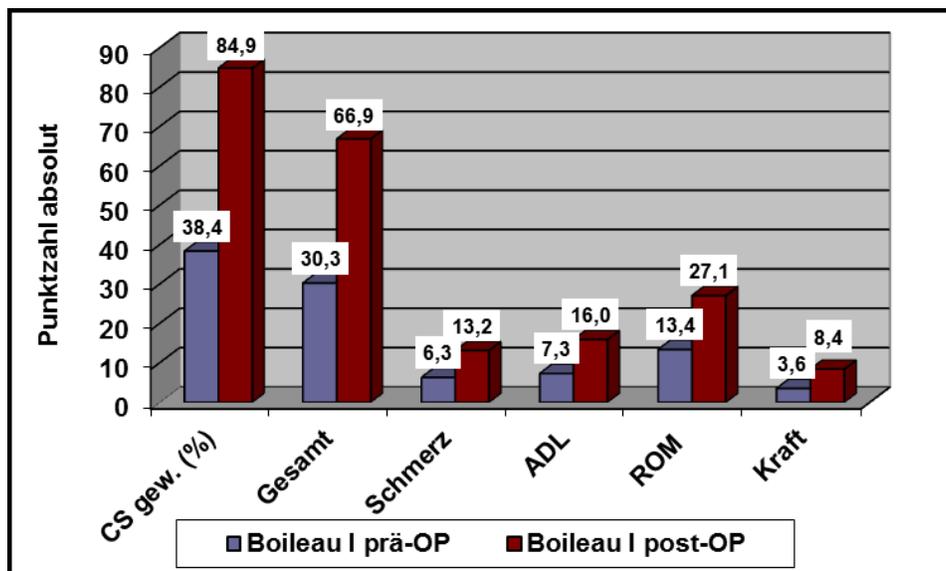


Abbildung 40: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau

Diese Tabelle 11 und Abbildung 41 zeigen die präoperativen und postoperativen Daten der Bewegungsausmaße der Patienten mit Boileau I Frakturen. Die FLEX erhöhte sich hierbei um 34,4 ($\pm 30,2$)° auf 130,3 ($\pm 34,4$)° postoperativ, die ABD um 34,7 ($\pm 25,1$)° auf 106,8 ($\pm 49,8$)° postoperativ und die ARO um 15,2 ($\pm 25,1$)° auf 38,8 ($\pm 20,1$)° postoperativ. Die postoperativen Zugewinne des Bewegungsausmaßes waren hierbei in allen drei Qualitäten signifikant.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau I prä-OP	95,97	72,07	23,62
Boileau I post-OP	130,3	106,82	38,79
p-Wert	0,0001	0,005	0,035

Tabelle 11: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau

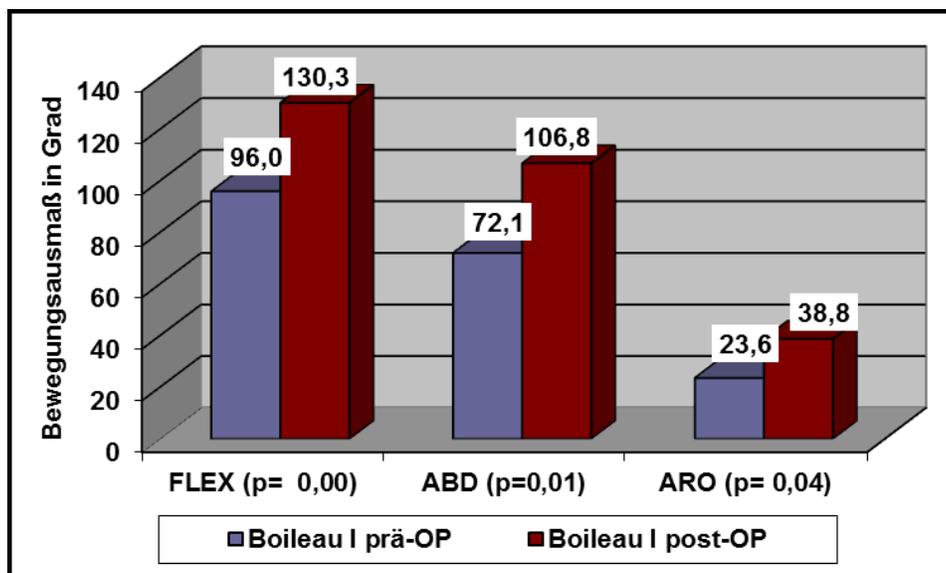


Abbildung 41: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau

4.2.6 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau

Patienten mit Boileau III Frakturen (n= 10) waren durchschnittlich 53,8 Jahre (39-68 Jahre) alt und die Anzahl der Voroperationen lag im Durchschnitt bei 1,33 (0-4 Voroperationen). Insgesamt waren jeweils 5 männliche und 5 weibliche Patienten in der Gruppe der Typ-III Frakturen.

Diese Tabelle 12 und Abbildung 42 stellen die präoperativen und postoperativen CS-Werten der Patienten mit Boileau III Frakturen dar.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau III prä-OP	59,38	47,7	6,06	10	23,25	6,74
Boileau III post-OP	74,7	58,62	10,95	14,5	22,6	9,42
p-Wert	0,093	0,093	0,067	0,035	0,734	0,317

Tabelle 12: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau

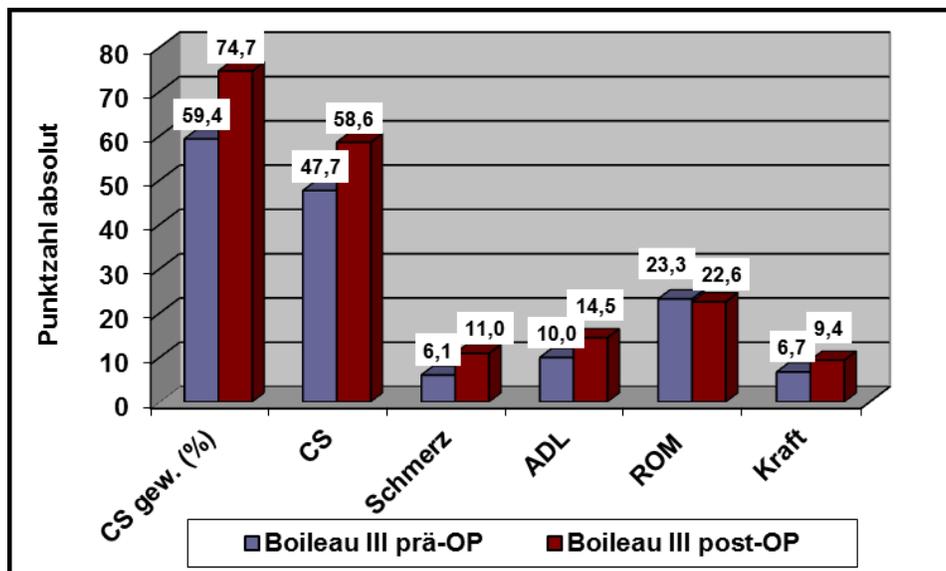


Abbildung 42: Vergleich der prä- und postoperativen CS- Ergebnisse der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau

Die CS-Punktzahl verbesserte sich nicht signifikant von 47,7 (\pm 20,5) Punkten präoperativ auf 58,6 (\pm 18,4) Punkte postoperativ ($p=$ 0,093). Die ADL verbesserte sich signifikant von 10,0 (\pm 4,5) Punkten auf 14,5 (\pm 3,5) Punkte postoperativ ($p=$ 0,035). Der Punktwert in der Kategorie Kraft erhöhte sich nicht signifikant von 6,7 (\pm 6,1) Punkten präoperativ auf 9,4 (\pm 3,7) Punkte postoperativ ($p=$ 0,317). Die FLEX blieb stabil bei 120 (\pm 44,9) $^\circ$, die ABD bzw. ARO steigerte sich nicht signifikant von 93,1 (\pm 47,3) $^\circ$ auf 116 (\pm 44,0) $^\circ$ ($p=$ 0,27) bzw. von 36,7 (\pm 31,6) $^\circ$ auf 46 (\pm 20,1) $^\circ$ ($p=$ 0,917).

Diese Tabelle 13 und Abbildung 43 zeigen die präoperativen und postoperativen Daten der Bewegungsausmaße der Patienten mit Boileau III Frakturen.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau III prä-OP	120	93,13	36,7
Boileau III post-OP	120,5	116	46
p-Wert	0,398	0,27	0,917

Tabelle 13: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau

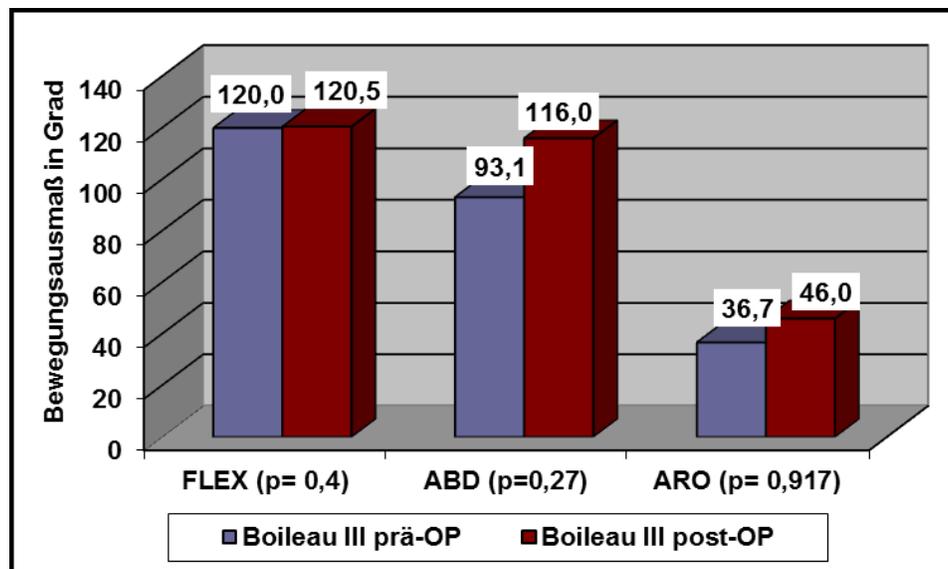


Abbildung 43: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau

4.2.7 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau

Patienten mit Boileau IV Frakturen (n=10) wiesen ein durchschnittliches Alter von 58,1 Jahren (44-69 Jahre) auf und die Anzahl der Voroperationen belief sich auf durchschnittlich 1,5 (0-3 Voroperationen). Es befanden sich 3 männliche und 7 weibliche Patienten in der Untergruppe.

Im Folgenden werden die präoperativen CS-Ergebnisse mit den postoperativen CS-Werten für Patienten mit einer Frakturtyp IV nach Boileau aufgetragen (Abb. 44). Bei Patienten mit Frakturtyp

IV nach Boileau bestand postoperativ eine signifikante Steigerung des CS Wertes von präoperativ 25,3 (\pm 10,2) Punkten auf 52,0 (\pm 21,1) Punkte postoperativ, mit $p= 0,017$. Auch in den anderen Kategorien, wie ROM und Schmerz, ergaben sich postoperativ signifikante Verbesserungen (Tab. 14).

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau IV prä-OP	32.96	25.35	4,93	7,43	11,57	0,94
Boileau IV post-OP	70.56	51.98	12,5	11.64	17,64	4,66
p-Wert	0,017	0,017	0,017	0,43	0,027	0,18

Tabelle 14: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau

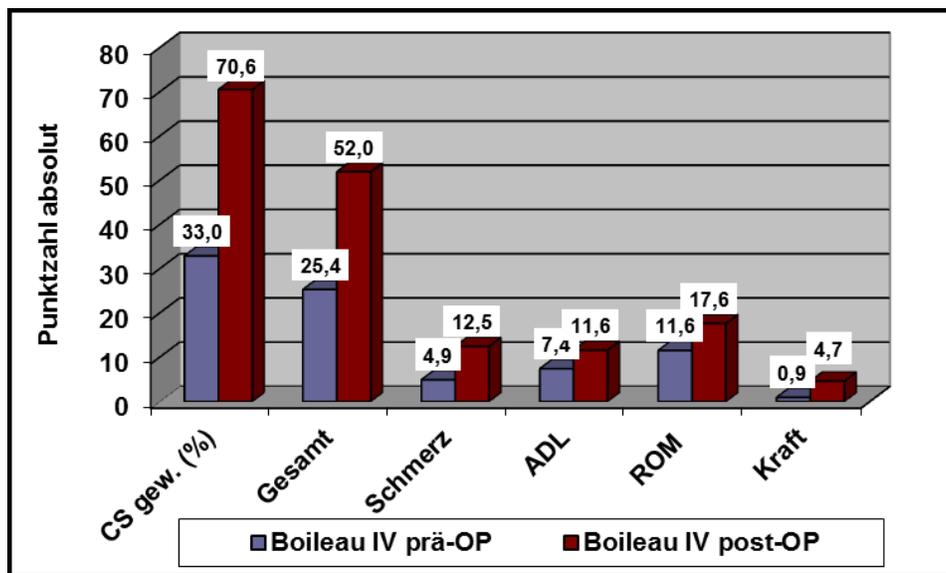


Abbildung 44: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau

Ergänzend werden in der Tabelle 15 und Abbildung 45 die präoperativen Werte der Bewegungsmaße mit den postoperativen Werten, bei Patienten mit einer Fraktur Typ-IV nach Boileau verglichen. Betrachtet man den Bewegungsumfang, so war keine Steigerung der FLEX mit $p= 0,462$ zu verzeichnen. Die ABD steigerte sich von präoperativ 56,4 (\pm 26,6) $^{\circ}$ auf 79 (\pm 34,8) $^{\circ}$ postoperativ mit $p= 0,058$. Demnach war bei der ABD ein Trend zu erkennen. Die ARO verschlechterte sich nicht signifikant von präoperativ 29,3 (\pm 20,5) $^{\circ}$ auf 12,5 (\pm 11,8) $^{\circ}$ postoperativ mit $p= 0,2$.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau IV prä-OP	91,43	56,43	29,29
Boileau IV post-OP	95	79	12,5
p-Wert	0,462	0,058	0,207

Tabelle 15: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße in Grad der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau

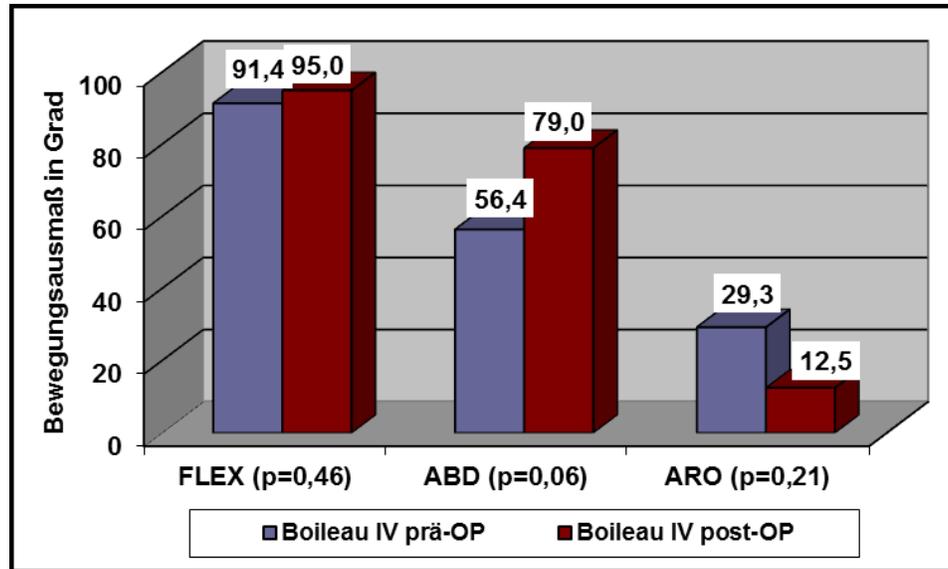


Abbildung 45: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau

4.2.8 Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau. Vergleich der Subgruppen mit Hemiendoprothesen und Totalendoprothesen.

Von insgesamt 38 Patienten mit Boileau I Frakturen waren 19 Patienten männlich und 19 Patienten weiblich. Insgesamt erhielten 17 Patienten eine HEP und 21 eine TEP.

In Abbildung 46 werden die postoperativen Ergebnisse bei Patienten mit einer Boileau I Fraktur bezüglich der CS-Werte nach Implantation einer HEP bzw. TEP gegenübergestellt. Die postoperativen CS-Werte der HEP (65,8 Punkte (\pm 31,2)) waren in etwa gleich hoch wie die postoperativen CS-Werte der TEP (68,0 Punkte (\pm 25,3)).

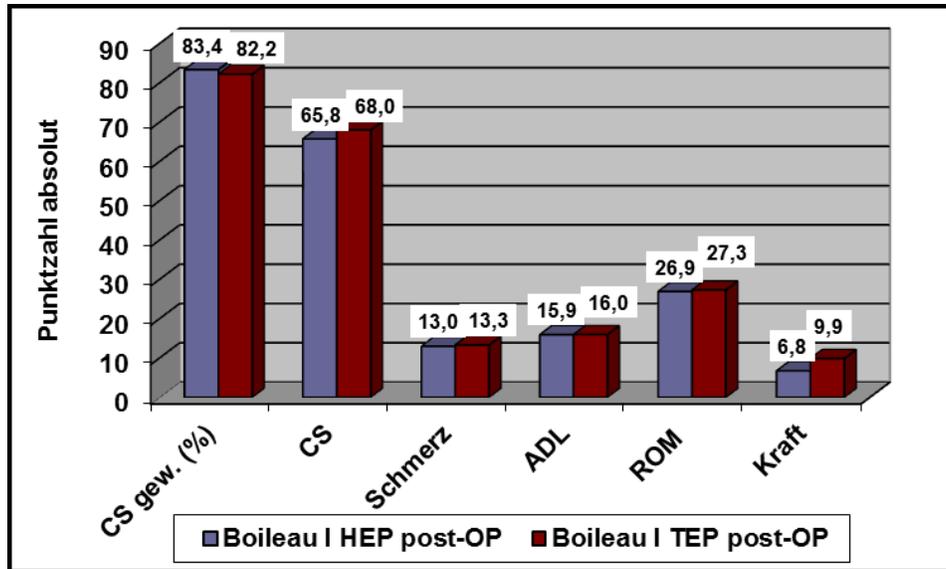


Abbildung 46: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

In der unten aufgeführten Abbildung 47 werden die postoperativen Werte für das Bewegungsausmaß nach Einsatz einer HEP mit den Ergebnissen nach Einsatz einer TEP, für Patienten mit einer Boileau I Fraktur, verglichen. Auch die Unterschiede in den postoperativen Bewegungsumfängen der HEP Patienten (FLEX: 134,4° (p= 0,42), ABD: 112,2° (p= 0,37), ARO: 40,6° (p= 0,62)) waren nicht signifikant größer als bei Patienten mit TEP (FLEX: 125,3°, ABD: 100,3°, ARO: 36,7°).

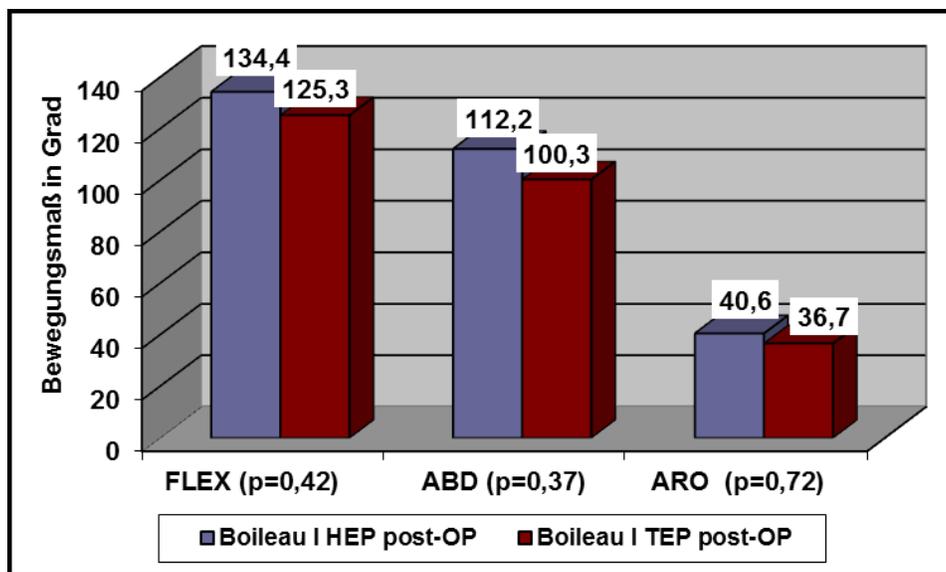


Abbildung 47: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

4.2.9 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau. Vergleich der Subgruppen mit Hemiendoprothesen und Totalendoprothesen.

Im Folgenden werden die postoperativen CS-Ergebnisse nach HEP-Implantation mit den Ergebnissen nach TEP-Implantation, beides für Patienten mit einer Fraktur Typ-IV nach Boileau aufgetragen (Abb. 48). Es befanden sich 3 männliche und 7 weibliche Patienten in dieser Subgruppe. Insgesamt erhielten 6 Patienten eine HEP und 4 Patienten eine TEP.

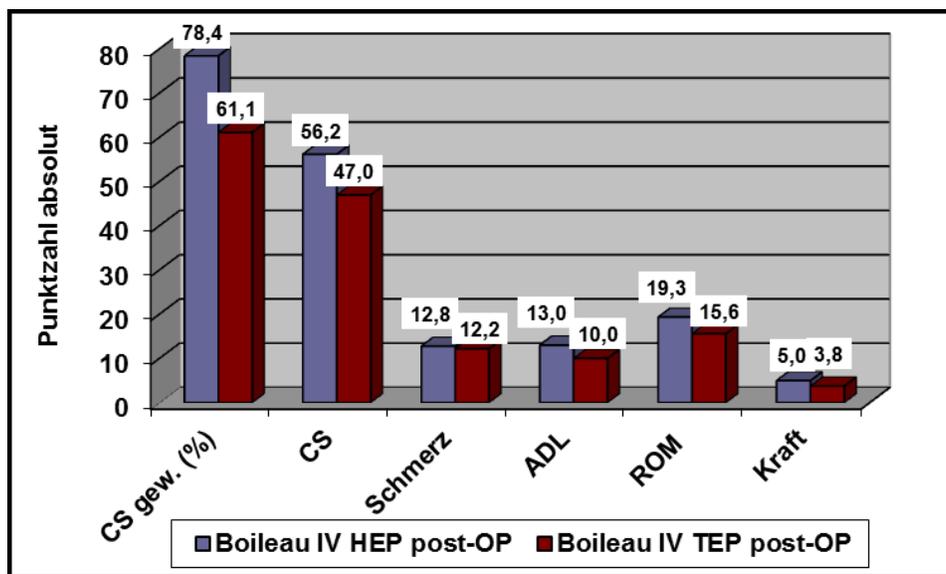


Abbildung 48: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

Ein ähnliches Bild, wie im Vergleich der Boileau I Patienten mit HEP und TEP, zeigte sich auch bei Boileau IV Patienten. Postoperativ waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den CS-Werten und Bewegungsausmaßen der HEP und TEP Patienten festzustellen (Abb. 48). Trotzdem konnte man in der HEP Gruppe ein Trend erkennen, da postoperativ erhöhte CS-Werte und auch erhöhte Bewegungsumfänge gemessen wurden. Hier der Vergleich der postoperativen Werte:

CS in Punkten: HEP: 56,2 (\pm 33,8), TEP 47,0 (\pm 24,1); FLEX: HEP: 105° , TEP: 80°; ABD: HEP: 91,7°, TEP: 60° und ARO: HEP: 15°, TEP: 8,8°.

Hier sind die postoperativen Bewegungsausmaße nach HEP neben den Ergebnissen nach TEP aufgetragen. Der Vergleich wurde für die Patientengruppe der Typ-IV Frakturen nach Boileau durchgeführt.

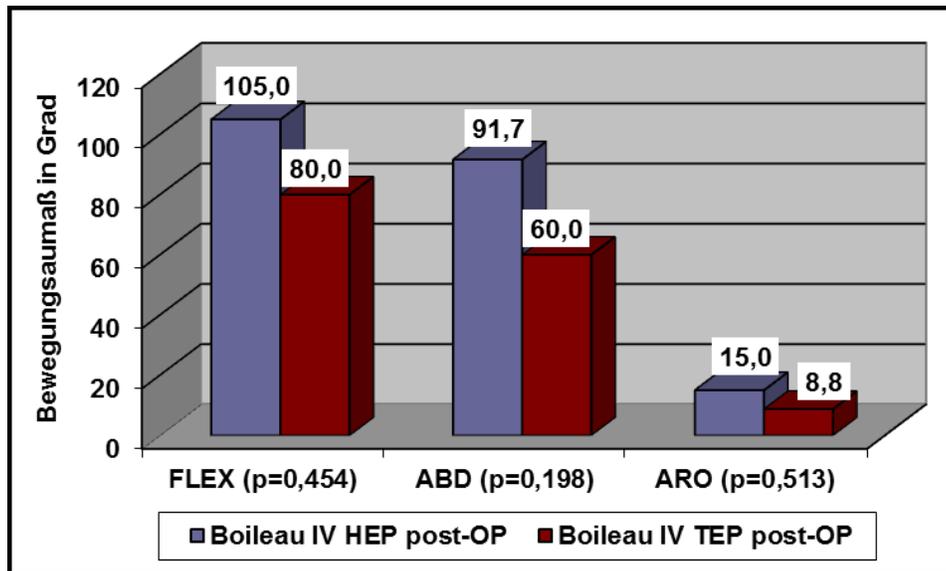


Abbildung 49: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

4.2.10 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit Boileau Typ-I Frakturen verglichen mit Werten der Patienten mit Boileau Typ-IV Frakturen

Um frakturspezifische Unterschiede festzustellen, werden die CS-Werte der Boileau I Frakturen mit den der Boileau IV Frakturen verglichen (Abb. 50). Hierbei werden jeweils die prä- und postoperativen Daten angegeben. Patienten mit Boileau I Frakturen hatten prä- und postoperativ höhere Werte in der FLEX (prä-OP: 96 (\pm 30,2) $^\circ$, post-OP: 130,3 (\pm 34,4) $^\circ$) und ABD (prä-OP: 72,1 (\pm 25,1) $^\circ$, post-OP: 106,8 (\pm 49,8) $^\circ$). In der Gruppe der Boileau IV Patienten errechneten sich folgende Mittelwerte: FLEX (prä-OP: 91,4 (\pm 47,0) $^\circ$, post-OP: 56,4 (\pm 41,7) $^\circ$) und ABD (prä-OP: 95 (\pm 26,6) $^\circ$, post-OP: 79 (\pm 34,8) $^\circ$). Die Differenzen zwischen Typ-I und Typ-IV waren beim CS ($p= 0,045$), ADL ($p= 0,017$) und ROM ($p= 0,01$) postoperativ signifikant.

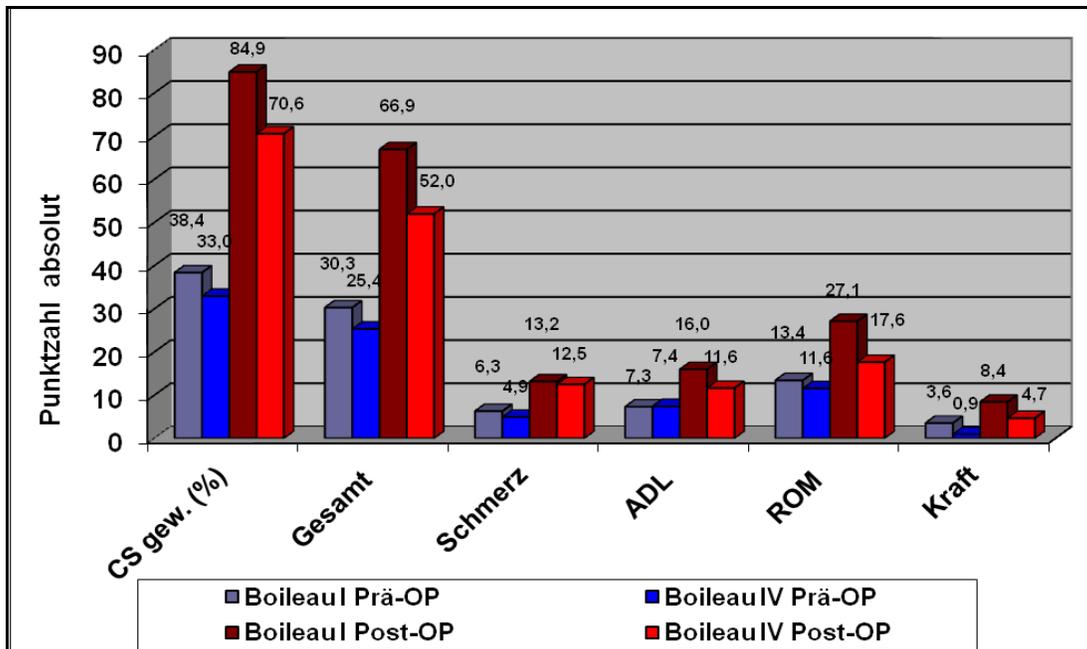


Abbildung 50: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau

Der Wilcoxon-signed-ranks Test errechnete bezüglich der CS-Werte der beiden Frakturtypen in der letzten Nachuntersuchung ein signifikant besseres Ergebnis für den CS-Wert von 66,9 (\pm 19,5) Punkten bei Patienten mit Typ-I Frakturen, verglichen mit 52,0 (\pm 21,1) Punkten bei Patienten mit Typ-IV Frakturen ($p= 0,045$). Beim CS zeigte sich postoperativ jedoch kein signifikanter Unterschied ($p= 0,172$). Des Weiteren zeigte die Boileau I Gruppe postoperativ signifikant höhere Werte bei der ARO (Boileau I: 38,8 (\pm 20,1) $^\circ$ und Boileau IV 12,5 (\pm 11,8) $^\circ$, mit $p\leq 0,0001$), wobei die präoperativen Werte keine Unterschiede zeigten (Boileau I: 23,6 (\pm 25,1) $^\circ$ und Boileau IV 29,3 (\pm 20,5) $^\circ$ mit $p= 0,52$).

Zusätzlich wird im Folgenden das Bewegungsausmaß der Typ-I und IV Frakturen verglichen. Auch hier werden die prä- und postoperativen Werte herangezogen (Abb. 51).

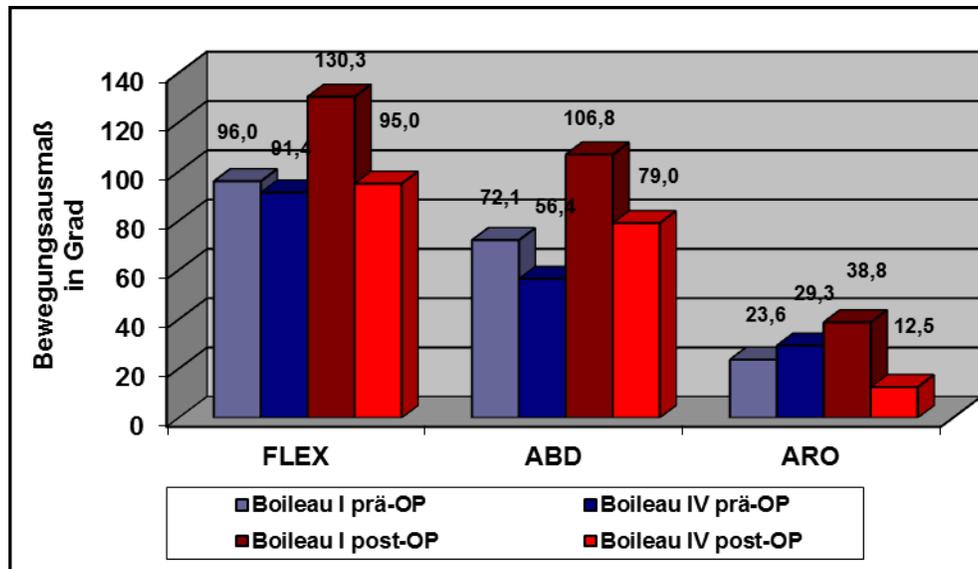


Abbildung 51: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau

4.2.11 Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

Die insgesamt 45 Patienten mit intrakapsulären Frakturen sind durchschnittlich 55,2 Jahre (31-74 Jahre) alt. Dieses Kollektiv setzte sich aus 26 Männern und 19 Frauen zusammen. Die Anzahl der Voroperationen lag im Durchschnitt bei 1,6 (0-9 Voroperationen).

Die Tabelle 16 und Abbildung 52 vergleichen die präoperativen und postoperativen CS-Werte der intrakapsulären Frakturen nach Boileau. Auch alle Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau hatten postoperativ signifikante Verbesserungen der CS-Ergebnisse im Vergleich mit den präoperativen Werten. Hierbei erhöhte sich der CS signifikant von präoperativ 29,3 (\pm 11,4) Punkten auf 65,8 (\pm 19,2) Punkte postoperativ ($p \leq 0,0001$).

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Intrakapsuläre Frakturen prä-OP	37,02	29,23	6,14	7,23	13,15	3,55
Intrakapsuläre Frakturen post-OP	81,86	65,81	13,14	15,67	26,33	8,41
p-Wert	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,005

Tabelle 16: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

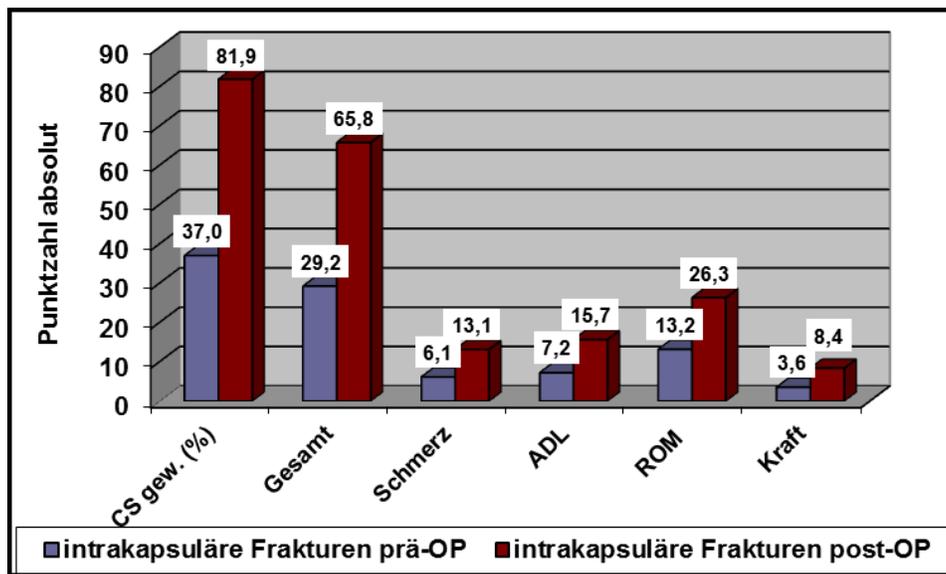


Abbildung 52: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

Die untenstehende Tabelle 17 und Abbildung 53 vergleichen die präoperativen und postoperativen Bewegungsausmaße der intrakapsulären Frakturen.

Betrachtet man die Bewegungsradien, so verbesserten sich diese in der FLEX von $92,5 (\pm 29,7)^\circ$ präoperativ auf $129,2 (\pm 36,1)^\circ$ postoperativ mit $p \leq 0,0001$, in der ABD von $69,9 (\pm 24,6)^\circ$ präoperativ auf $106 (\pm 49,2)^\circ$ postoperativ mit $p = 0,001$ und in der ARO von $18,7 (\pm 26,5)^\circ$ präoperativ auf $37,6 (\pm 19,7)^\circ$ postoperativ mit $p = 0,005$. Die postoperativen Verbesserungen des Bewegungsausmaßes waren hierbei in allen drei Qualitäten signifikant.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Intrakapsuläre Frakturen prä-OP	92,5	69,86	18,71
Intrakapsuläre Frakturen post-OP	129,23	106,03	37,63
p-Wert	0,0001	0,001	0,005

Tabelle 17: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

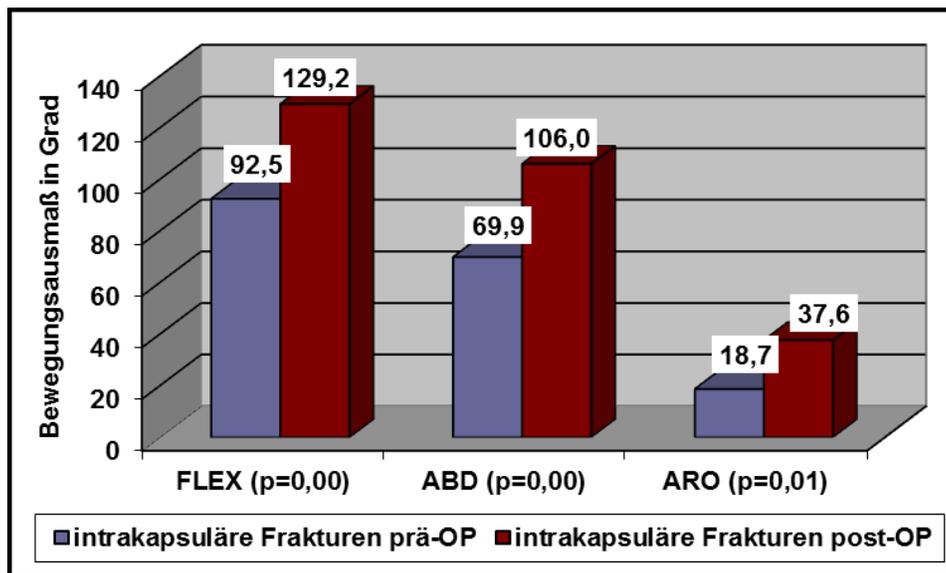


Abbildung 53: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

4.2.12 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau

20 Patienten präsentierten sich mit extrakapsulären Frakturen. Im Durchschnitt waren diese 53,7 Jahre (39-66 Jahre) alt. Dieses Kollektiv setzte sich aus 8 Männern und 12 Frauen zusammen. Anzahl der Voroperationen betrug im Durchschnitt 1,5 (0-6 Voroperationen).

Die Tabelle 18 und Abbildung 54 vergleichen die präoperativen und postoperativen CS-Werte der extrakapsulären Frakturen. Die Graphik zeigt, dass Patienten mit extrakapsulären Frakturen

postoperativ ein signifikant höheres CS-Ergebnis erreichten (Abb. 54) Der CS-Wert erhöhte sich postoperativ signifikant von 36,5 (\pm 19,5) Punkten auf 55,1 (\pm 19,7) Punkte ($p= 0,002$).

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Extrakapsuläre Frakturen prä-OP	46,16	36,52	5,53	8,8	17,8	4,07
Extrakapsuläre Frakturen post-OP	72,54	55,14	11,76	13	20	7,30
p-Wert	0,002	0,002	0,003	0,003	0,059	0,109

Tabelle 18: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau

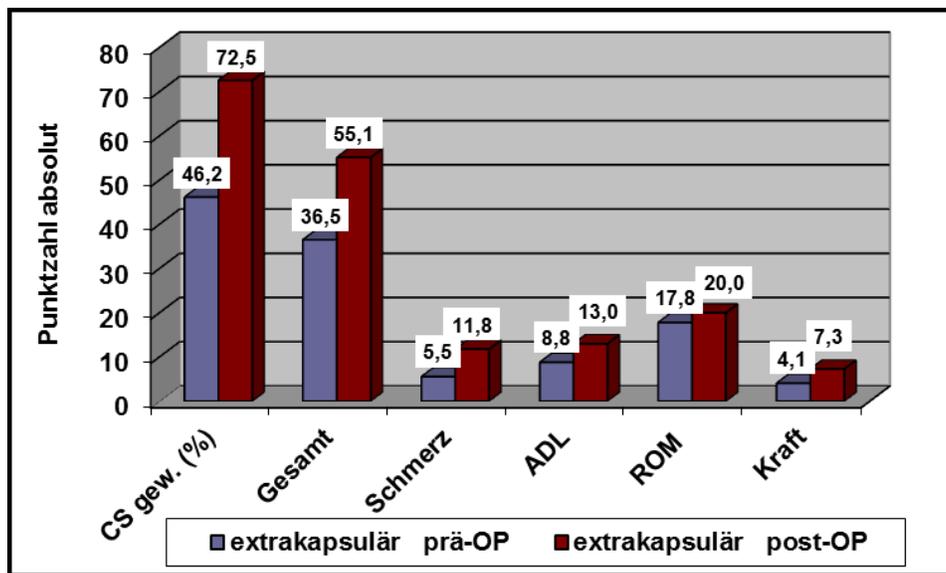


Abbildung 54: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau

Folgende Tabelle 19 und Abbildung 55 vergleichen die präoperativen und postoperativen Bewegungsausmaße der extrakapsulären Frakturen. Die Bewegungsausmaße der FLEX und ARO blieben im Verlauf konstant, mit $p= 0,3$ bzw. $p= 0,48$. Die ABD konnte jedoch um $21,5^\circ$ signifikant von $76 (\pm 42,2)^\circ$ präoperativ auf $97,5 (\pm 43,0)^\circ$ in der letzten Nachuntersuchung bei $p= 0,004$ verbessert werden.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Extrakapsuläre Frakturen prä-OP	106,67	76	32,69
Extrakapsuläre Frakturen post-OP	107,75	97,5	29,25
p-Wert	0,299	0,004	0,48

Tabelle 19: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau

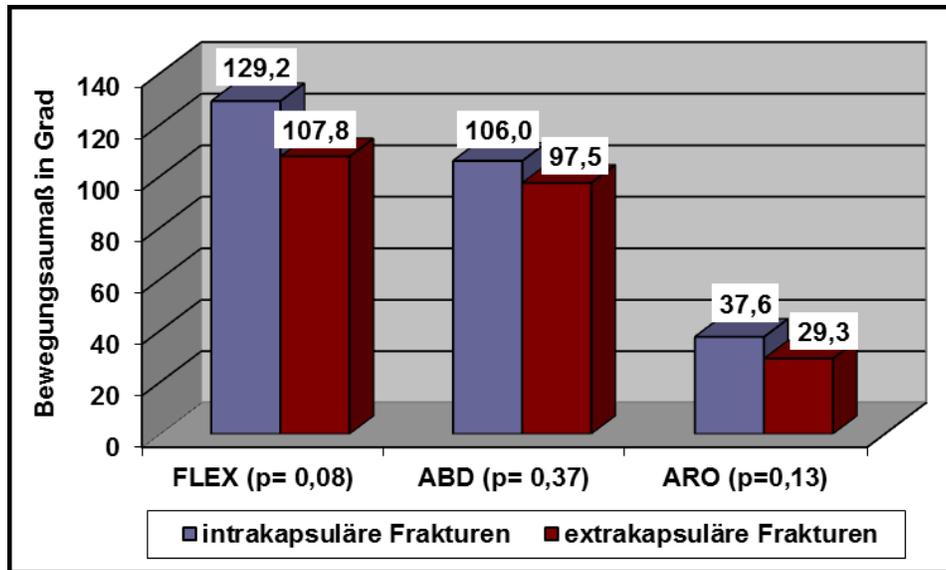


Abbildung 55: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau

4.2.13 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau verglichen mit Werten der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau

Tabelle 20 vergleicht die CS-Werte der intrakapsulären mit den extrakapsulären Frakturen. Zwischen intra- (65,8 (± 19,2) Punkte) und extrakapsulären (55,1 (± 19,7) Punkte) Frakturen zeigten die Ergebnisse postoperativ einen signifikanten Unterschied (p=0,034) zu Gunsten der intrakapsulären Frakturen. In der Graphik werden weitere postoperative Werte der intrakapsulären Frakturen gegen die extrakapsulären Frakturen aufgetragen. Patienten mit intrakapsulären Frakturen erzielten in allen Kategorien höhere Werte, als Patienten mit extrakapsulären Frakturen. Postoperativ errechneten sich in den Subkategorien ADL und ROM signifikant bessere Werte bei intrakapsulären Frakturen mit p= 0,021 und p= 0,024.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
intrakapsuläre Frakturen prä-OP	37,02	29,23	6,14	7,23	13,15	3,55
extrakapsuläre Frakturen prä-OP	46,16	36,52	5,53	8,8	17,8	4,07
p-Wert	0,222	0,288	0,49	0,234	0,232	0,915
	CS Gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
intrakapsuläre Frakturen post-OP	81,86	65,81	13,14	15,67	26,33	8,41
extrakapsuläre Frakturen post-OP	72,54	55,14	11,76	13	20	7,30
p-Wert	0,182	0,034	0,28	0,021	0,024	0,657

Tabelle 20: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau

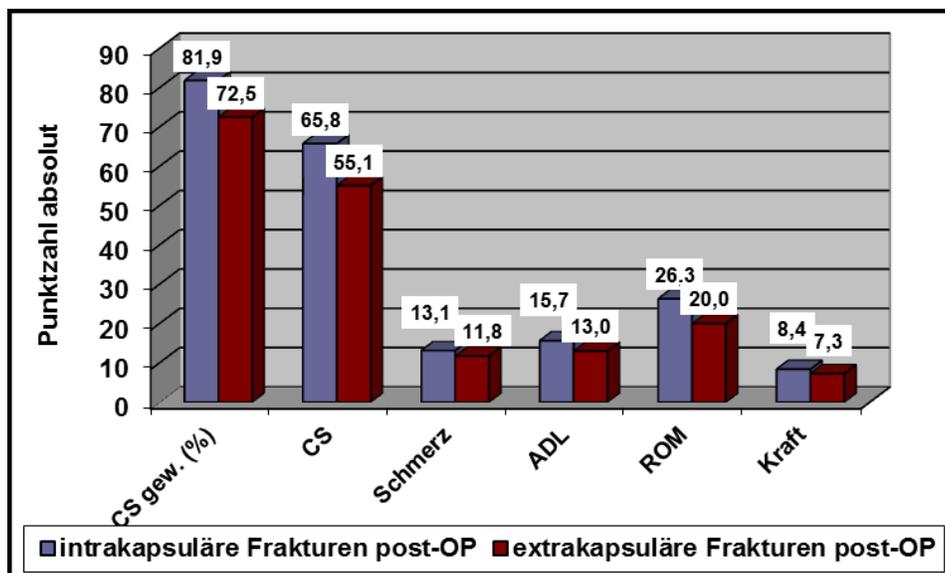


Abbildung 56: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau

Die folgende Tabelle stellt die Werte des Bewegungsausmaßes der intrakapsulären den der extrakapsulären Frakturen gegenüber.

Die Bewegungsausmaße zeigten postoperativ keine signifikanten Unterschiede (Tab. 21), je mit $p > 0,05$, zwischen den postoperativen intrakapsulären (FLEX: $129,2 (\pm 36,2)^\circ$, ABD: $106,0 (\pm$

49,2)°, ARO: 37,6 (± 19,7)°) und extrakapsulären Frakturen (FLEX: 107,8 (± 44,1)°, ABD: 97,5 (± 43,0)°, ARO: 29,3 (± 23,5)°) auf.

	FLEX prä-OP (in °)	ABD prä-OP (in °)	ARO prä-OP (in °)
Intrakapsuläre Frakturen prä-OP	92.5	69.86	18.71
Extrakapsuläre Frakturen prä-OP	106.67	76	32.69
p-Wert	0.334	0.942	0.093
	FLEX post-OP(in °)	ABD post-OP(in °)	ARO post-OP(in °)
Intrakapsuläre Frakturen post-OP	129.23	106.03	37.63
Extrakapsuläre Frakturen post-OP	107.75	97.5	29.25
p-Wert	0.075	0.368	0.131

Tabelle 21: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau

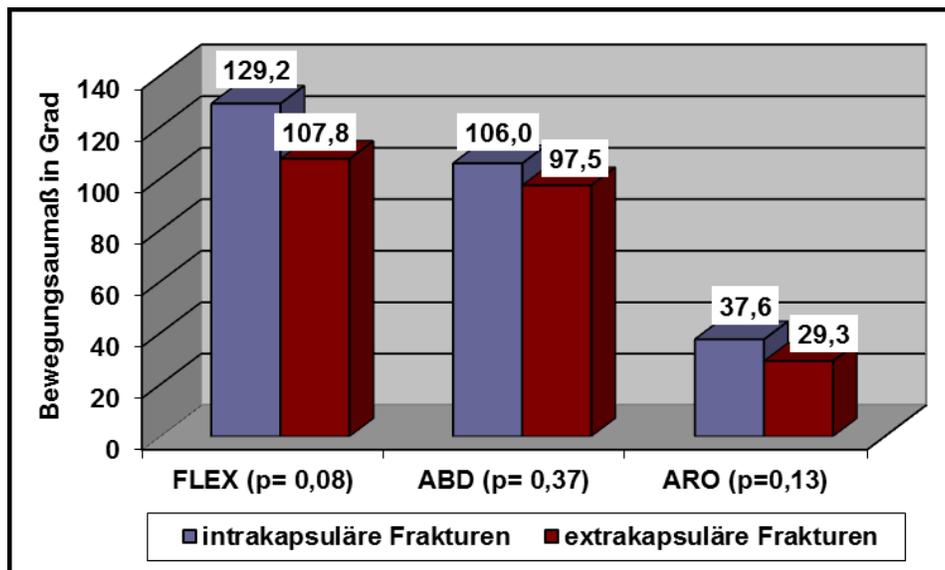


Abbildung 57: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau

4.2.14 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße voroperierter Patienten

Patienten mit Voroperationen waren im Durchschnitt 52,3 Jahre (31-74 Jahre) alt. Insgesamt waren unter den 46 voroperierten Patienten je 23 männliche und weibliche Patienten. In dieser Subgruppe befanden sich 27 Boileau I Frakturen, 4 Boileau II Frakturen, 6 Boileau III Frakturen und 6 Boileau IV Frakturen.

Im Folgenden werden die präoperativen und postoperativen CS Ergebnisse bei Patienten mit Voroperationen ausgewertet.

Der Test der CS-Ergebnisse für Patienten mit Voroperationen ergab eine signifikante Steigerung von 32,0 (\pm 15,8) Punkten präoperativ auf 56,9 (\pm 17,3) Punkte postoperativ mit $p \leq 0,0001$ (Abb. 58).

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Mit VorOP prä-OP	40,11	31,98	5,87	7,7	14,7	3,74
Mit VorOP post-OP	70,78	56,89	12,12	13,86	22,1	7,29
p-Wert	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,016

Tabelle 22: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Voroperationen

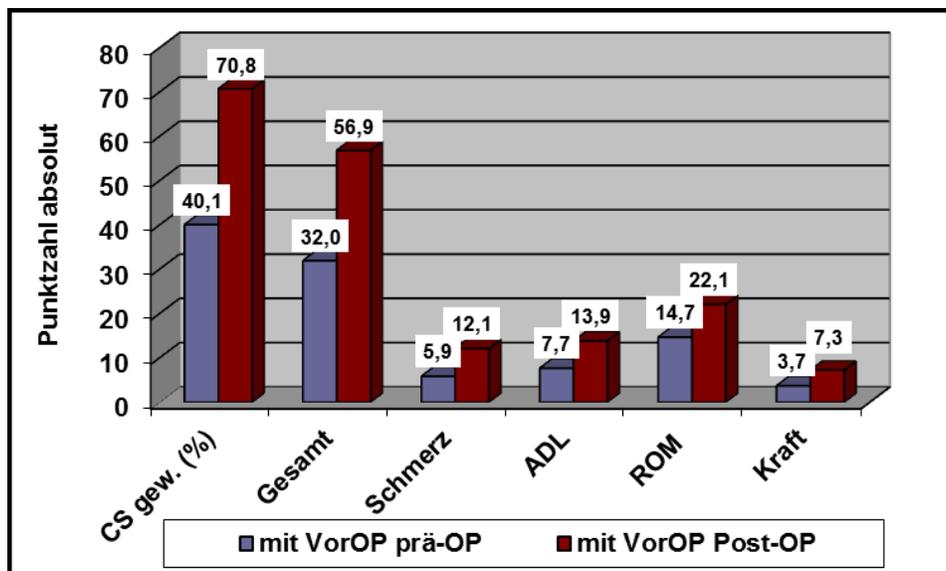


Abbildung 58: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Voroperationen

In der anschließenden Tabelle 23 und Abbildung 59 werden die präoperativen und postoperativen Bewegungsausmaße für voroperierte Patienten angegeben.

Das Bewegungsmaß (Abb. 59) verbesserte sich in der FLEX signifikant mit $p= 0,002$ von präoperativ $93,4 (\pm 35,3)^\circ$ auf $114,3 (\pm 37,0)^\circ$ postoperativ, in der ABD signifikant von $67,2 (\pm 29,6)^\circ$ präoperativ auf $94,2 (\pm 45,5)^\circ$ postoperativ mit $p= 0,002$ und in der ARO von $23,9 (\pm 25,8)^\circ$ präoperativ auf $31,8 (\pm 19,9)^\circ$ postoperativ mit $p= 0,41$.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Mit VorOP Prä-OP	93,43	67,21	23,87
Mit VorOP Post-OP	114,29	94,17	31,83
p-Wert	0,002	0,002	0,412

Tabelle 23: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Voroperationen

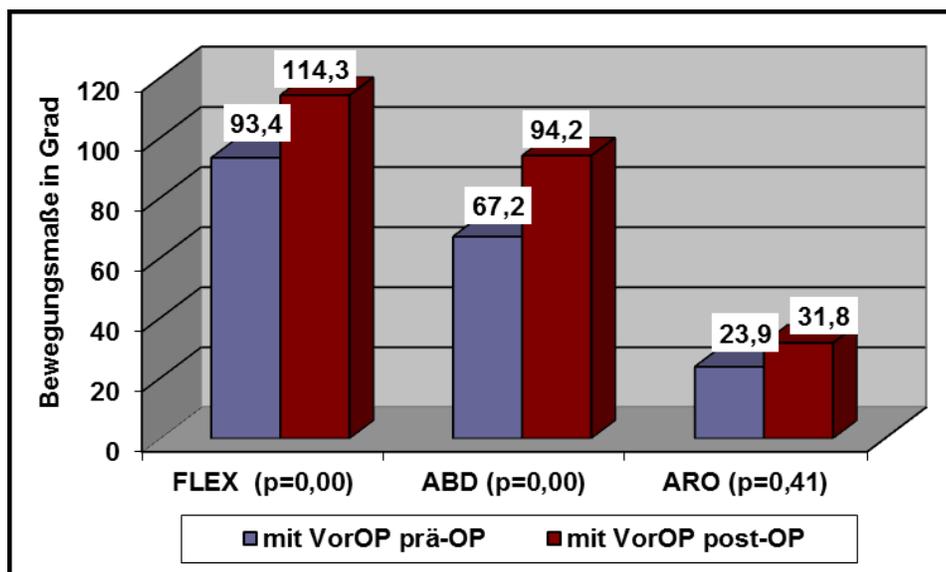


Abbildung 59: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Voroperationen

4.2.15 Prä- und postoperative CS-Werte und Bewegungsausmaße nicht-voroperierter Patienten

Nicht voroperierte Patienten waren im Durchschnitt 58,3 Jahre (39-69 Jahre) alt. Insgesamt befanden sich unter den 22 nicht voroperierten Patienten 13 männliche und 9 weibliche. In dieser Subgruppe waren 11 Boileau I Frakturen, 3 Boileau II Frakturen, 4 Boileau III Frakturen und 4 Boileau IV Frakturen.

Die Tabelle 24 und die Abbildung 60 zeigen die präoperativen und postoperativen CS-Ergebnisse bei Patienten ohne Voroperationen.

Auch bei den nicht voroperierten Patienten hatte die Endoprothesenimplantation einen signifikant positiven Einfluss auf die postoperativen CS-Werte. Der p-Wert des CS-Ergebnisses betrug $p=0,001$, wobei sich der CS signifikant von präoperativ 34,0 ($\pm 14,1$) Punkte auf 72,4 ($\pm 20,3$) Punkte postoperativ steigerte.

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Ohne VorOP prä-OP	43,44	34,04	6,29	8,25	15,83	4,46
Ohne VorOP post-OP	94,19	72,39	13,86	16,64	28,09	10,06
p-Wert	0,001	0,001	0,002	0,003	0,002	0,043

Tabelle 24: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten ohne Voroperationen

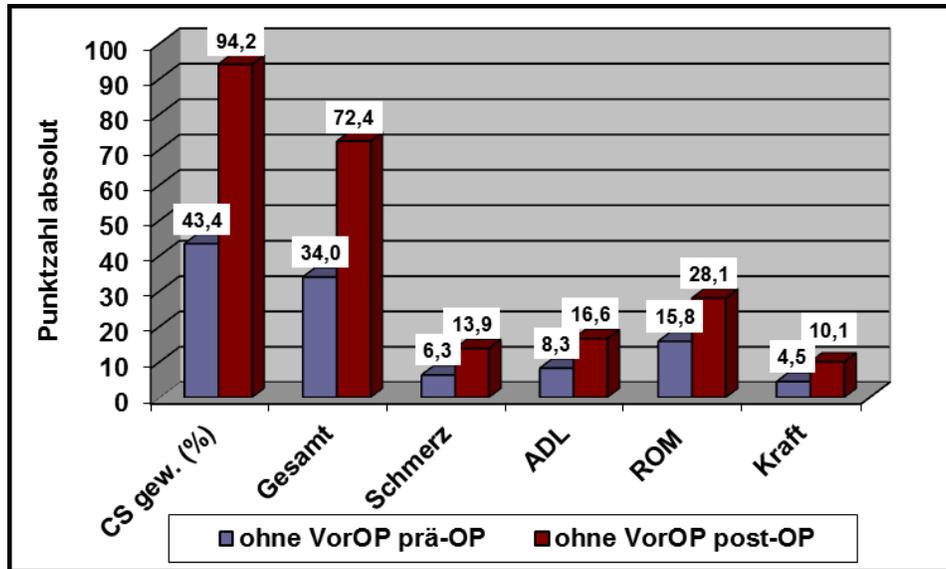


Abbildung 60: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten ohne Voroperationen

Ergänzend werden die präoperativen und postoperativen Bewegungsausmaße nicht voroperierter Patienten ausgewertet (Tab. 25).

Die FLEX nahm postoperativ von $106,1 (\pm 37,4)^\circ$ auf $134,3 (\pm 36,9)^\circ$ mit $p= 0,017$ signifikant zu. Die ABD steigerte sich von präoperativ $85,6 (\pm 36,9)^\circ$ auf $119,5 (\pm 45,7)^\circ$ postoperativ mit $p= 0,02$ und auch die ARO nahm von präoperativ $18,9 (\pm 28,2)^\circ$ auf $41,8 (\pm 22,3)^\circ$ in der letzten Nachuntersuchung mit $p= 0,02$ signifikant zu (Abb. 61).

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Ohne VorOP Prä-OP	106,05	85,56	18,89
Ohne VorOP Post-OP	134,25	119,5	41,75
p-Wert	0,017	0,02	0,02

Tabelle 25: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten ohne Voroperationen

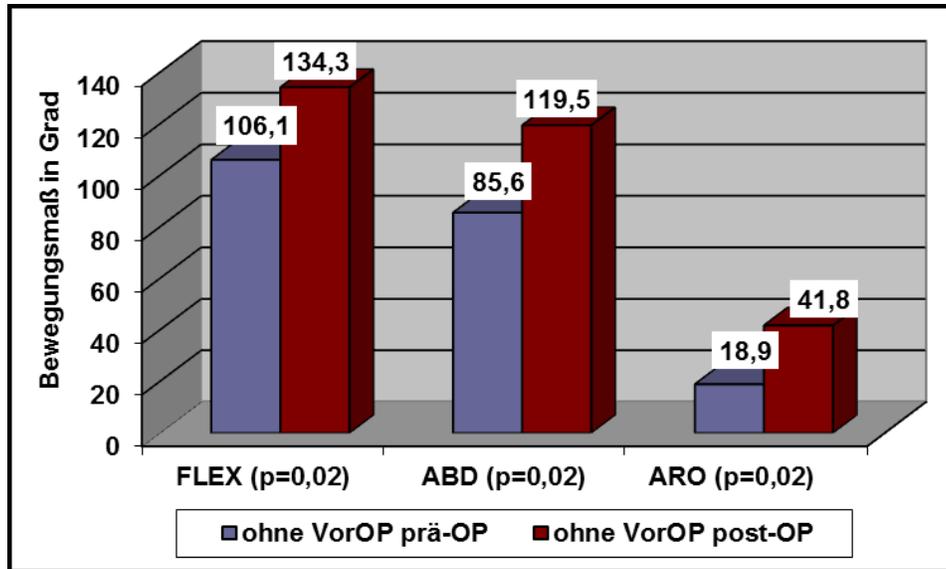


Abbildung 61: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten ohne Voroperationen

4.2.16 Prä- und postoperative Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße der voroperierten Patienten verglichen mit Werten der nicht voroperierten Patienten

Um den Einfluss der Voroperationen zu quantifizieren, werden die CS-Werte der voroperierten mit den nicht voroperierten Patienten aufgetragen (Abb. 62). Hierbei werden jeweils die prä- und postoperativen Daten angegeben (Tab. 26).

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Mit VorOP prä-OP	40,11	31,98	5,87	7,7	14,7	3,74
Ohne VorOP prä-OP	43,44	34,04	6,29	8,25	15,83	4,46
p-Wert	0,012	0,37	0,50	0,44	0,66	0,50
Mit VorOP post-OP	70,78	56,89	12,12	13,86	22,1	7,28
Ohne VorOP post-OP	94,19	72,39	13,86	16,64	28,09	10,06
p-Wert	0,003	0,002	0,003	0,005	0,014	0,078

Tabelle 26: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit und ohne Voroperation

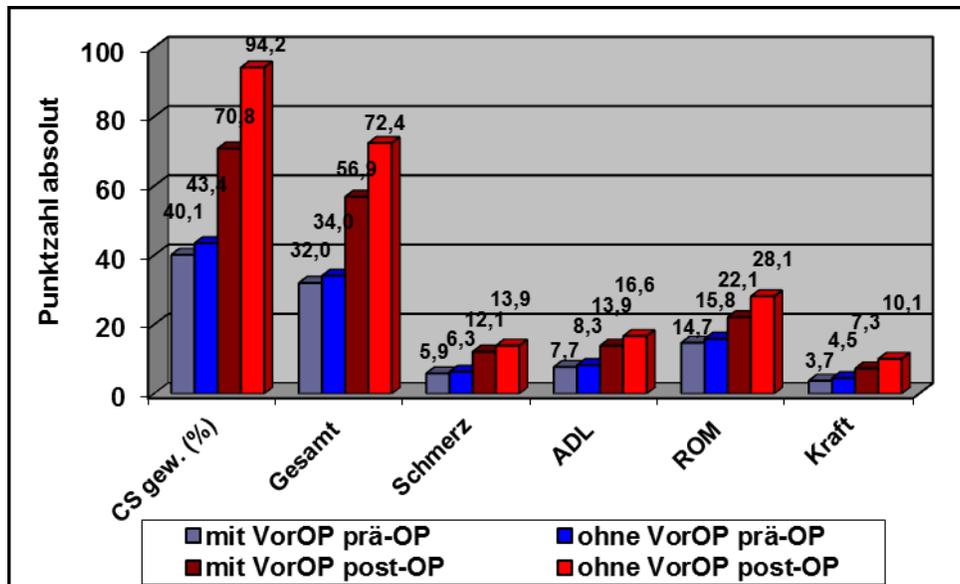


Abbildung 62: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit und ohne Voroperation

In Abbildung 62 werden die Ergebnisse der Patienten mit Voroperationen mit den Ergebnissen der Patienten ohne Voroperation verglichen. Durch den Wilcoxon-Singed-Ranks Test errechnete sich postoperativ bei nicht voroperierten Patienten ein signifikant höherer CS von 72,4 ($\pm 20,3$) Punkten im Gegensatz zu postoperativ 56,9 ($\pm 17,3$) Punkten bei voroperierten Patienten. Der p-Wert betrug $p = 0,002$. Der postoperative Bewegungsradius (FLEX und ABD) war bei den Patienten ohne Voroperationen im Vergleich nicht signifikant höher, als bei voroperierten Patienten. Jedoch war eine Tendenz zu erkennen. Es zeigte sich in allen einzelnen Kategorien eine Verbesserung der postoperativen Score-Werte von Patienten ohne Vor-OP verglichen mit Patienten mit Vor-OP. Statistisch signifikant waren die höheren postoperativen Werte der nicht voroperierten Patienten bei FLEX (ohne Vor-OP: 134,3 ($\pm 43,7$) $^\circ$, mit Vor-OP 114,3 ($\pm 37,0$) $^\circ$) mit $p = 0,045$, ABD (ohne Vor-OP: 119,5 ($\pm 35,9$) $^\circ$, mit Vor-OP: 94,2 ($\pm 45,5$) $^\circ$) mit $p = 0,049$, Schmerz (mit Vor-OP: 12,1 ($\pm 3,0$), ohne Vor-OP: 13,9 ($\pm 2,4$) Punkte) mit $p = 0,003$, ADL (ohne Vor-OP: 16,6 ($\pm 4,6$) Punkte und mit Vor-OP: 13,9 ($\pm 4,5$) Punkte) im Nachuntersuchungszeitraum mit $p = 0,005$ (Tab. 27).

Zusätzlich werden die Bewegungsausmaße der voroperierten mit denen der nicht voroperierten Patienten aufgetragen (Abb. 63). Bei beiden Gruppen sind jeweils die prä- und postoperativen Mittelwerte angegeben.

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Ohne VorOP post-OP	134,25	119,5	41,75
Mit VorOP post-OP	114,29	94,17	31,83
p-Wert	0,045	0,049	0,099
Ohne VorOP prä-OP	106,05	85,56	18,89
Mit VorOP prä-OP	93,43	67,21	23,87
p-Wert	0,201	0,064	0,616

Tabelle 27: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit und ohne Voroperation

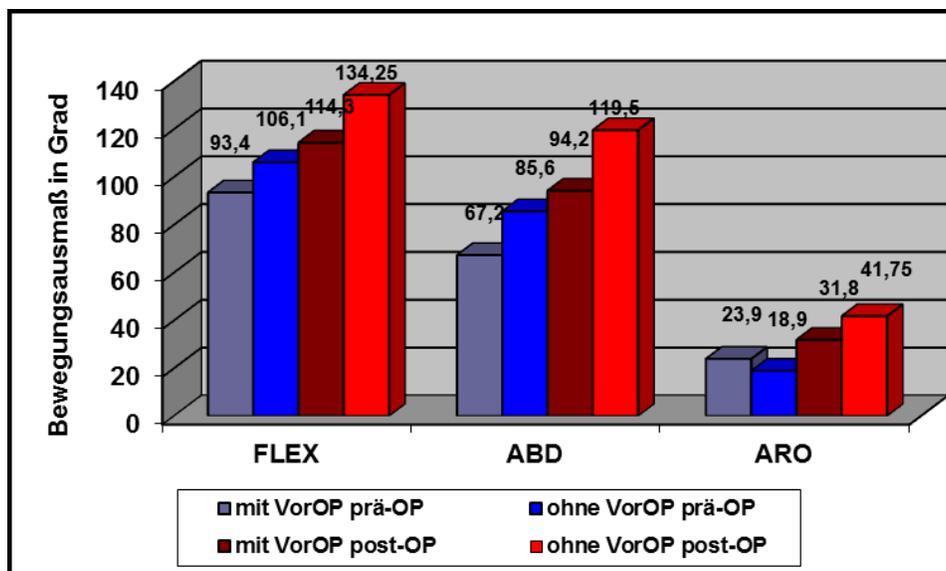


Abbildung 63: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit und ohne Voroperation

4.3 Radiologische Ergebnisse

4.3.1 Allgemein

Im gesamten Kollektiv wurden 22 Schäfte zementiert und 46 pressfit ohne Zement fixiert. Jeweils 11 Patienten mit HEP und TEP erhielten einen zementierten Schaft. Bei den übrigen 22 HEP- und 24 TEP-Patienten wurde der Prothesenschaft unzementiert eingebracht. Unter 35 implantierten TEPs wurden die Glenoidkomponenten neunmal zementiert. In den übrigen 26 Fällen wurde auch das Glenoid mit der Pressfit-Technik fixiert. Es zeigte sich bei 42 von 68 Patienten (61,8%) eine korrekte Schaftpositionierung, wohingegen bei 25 Patienten (36,8%) eine Abweichung in der Schaftachse festgestellt werden konnte. Dabei wiesen 8% eine Valgus- und 92% eine Varusfehlstellung auf. Bei einem Patienten (1,5%) konnte die Prothesenstellung nicht bestimmt werden.

Als Dezentrierung des Humeruskopfes, wurde ein Abweichen des Zentrums des Humeruskopfes von der transversalen Ebene um +/- 5 mm in Relation zu der glenoidalen Zentrallinie gerechnet. Die Zentrallinie durch das Glenoid, ist als die Ebene in der die Skapula durch das Glenoid kreuzt, definiert [39][71]. Betrachtet man die Lage der Kopfkomponente zum Glenoid, so zeigte sich bei 42 Patienten (63,6%) eine korrekte Zentrierung und bei 24 Patienten (24,4%) ein dezentrierter Kopf. Hiervon waren vier Prothesen (16,7%) kranial und anterior, 18 (75%) nur kranial und je eine Prothese (je 4,2%) nur inferior und anterior dezentriert. In 2 Fällen (3%) konnte die Humeruskopfzentrierung nicht festgestellt werden.

4.3.2 Laterales glenohumerales Offset (LGHO)

Der Normalwert des lateralen glenohumeralen Offset (LGHO) liegt nach Takase 2003 [107] bei gesunden Individuen bei $55,7 \pm 5,7$ mm. Bei 45 Patienten konnte sowohl prä- als auch postoperativ das laterale Offset gemessen werden. Bei den übrigen 23 Patienten fehlte entweder die präoperative bzw. postoperative Aufnahme oder die Bestimmung konnte aufgrund des undefinierten Bildermaßstabs nicht sicher durchgeführt werden. Durchschnittlich wurden in dieser Studie $49,30 (\pm 9,0)$ mm präoperativ und $52,85 (\pm 6,3)$ mm postoperativ gemessen. Der Unterschied ist mit einem p-Wert von 0,024 signifikant. Eine Vergrößerung des LGHO wurde bei 17 der 45 Patienten (37,8%) festgestellt, wobei sich bei 13 der 45 Patienten (28,9%) eine Verbesserung von zu kleinen LGHO zu physiologischen Werten vermerken ließ. Drei Patienten (6,7%) vergrößerten ihr LGHO von

physiologisch nach zu groß und bei einem Patient (2,2%) vergrößerte sich das LGHO von zu kleinen nach zu großen Werten. Bei 21 Patienten (46,7%) blieb die Strecke konstant (11-mal (24,4%) konstant physiologisch und 10-mal (22,2%) konstant zu klein. Bei insgesamt sieben Patienten (15,6%) verringerte sich das LGHO postoperativ im Vergleich zu den präoperativen Werten. In drei Fällen (6,7%) veränderte es sich von physiologischen Werten nach zu kleinen Werten und viermal (8,9%) von zu großen Werten zu physiologischen Werten.

Bei 19 Patienten konnte nur postoperativ das LGHO bestimmt werden. Davon präsentierten sich 12 Werte (63,2%) als physiologisch und 6 (31,6%) als zu klein und ein Wert (5,3%) als zu groß.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass von 63 postoperativ bestimmbaren Werten das LGHO bei 39 (60,9%) vermessenen Gelenken als physiologisch, bei 19 (29,6%) als zu klein und bei 6 (9,5%) als zu groß, einzustufen war.

4.3.3 Acromiohumeraler Abstand (AHA)

Der acromiohumerale Abstand ist ein Maß für die Zentrierung des Humeruskopfes. Dieser Abstand wird von der Unterkante des Acromions und dem höchsten Punkt der Kopfkalotte bzw. postoperativ der Prothese gemessen (siehe Kapitel 2.10). Der Bereich für Normwerte bei gesunden Schultern wird definiert als ≥ 7 mm und ≤ 22 mm [37]. Werte in diesem Bereich wurden als nicht pathologisch notiert. Insgesamt wurde der AHA präoperativ bei 21 Patienten (47,7%) als nicht pathologisch und bei 23 Patienten (52,3%) als pathologisch gewertet. Der durchschnittliche Wert belief sich auf 8,16 (\pm 6,1) mm. Um eine Veränderung im Verlauf dokumentieren zu können, wurden die Werte präoperativ, sechs Wochen postoperativ und in der letzten Nachuntersuchung festgestellt. Im Mittel wurden 6 Wochen postoperativ 9,07 (\pm 4,3) mm und 7,27 (\pm 3,0) mm in der letzten Nachuntersuchung ermittelt. Postoperativ wurden 36 Werte (56,2%) als nicht pathologisch und 28 Werte (43,8%) als pathologisch deklariert. Bei 44 Patienten (64,7%) konnte der Verlauf lückenlos aufgezeichnet werden. Dabei blieben 12 (27,3%) über den gesamten Untersuchungszeitraum im physiologischen und 9 (20,5%) im pathologischen Bereich. Bei 14 Patienten (31,8%) konnte keine positive Entwicklung von pathologischen Werten zu physiologischen Werten beobachtet werden. In neun Fällen (20,5%), veränderte sich der AHA von präoperativ physiologischen Werten zu postoperativ pathologischen Werten. Bei 19 Patienten (27,9%) konnten nur die postoperativen Bilder für Messungen verwertet werden. Davon waren 10 (52,6%) nicht pathologisch und neun (47,4%) pathologisch. Alle dieser pathologischen Werte waren kleiner als die physiologische Untergrenze von

7mm. Insgesamt lagen postoperativ 36 Patienten (57,1%) im physiologischen und 27 (42,9%) im pathologischen Bereich. Ebenso befanden sich hier alle pathologischen Werte unterhalb der physiologischen Untergrenze von 7mm.

Betrachtet man postoperativ nun den Einfluss der Veränderung des AHA auf die Funktion, so kann kein signifikanter Unterschied zwischen pathologischen und nicht pathologischen Werten festgestellt werden. Der gewichtete CS befand sich postoperativ bei Patienten mit pathologischen AHA auf 78,5 Punkten und bei nicht pathologischen auf 80,2 Punkten. Auch bei den Bewegungsausmaßen gab es keinen signifikanten Unterschied. Bei pathologischen AHA war die FLEX postoperativ 121,7°, die ABD 102,3° und die ARO 32,7°. Bei nicht pathologischen AHA war die FLEX 119,2°, ABD 101,6° und die ARO 32,7°. Die Migration wurde untersucht, in dem die Werte 6 Wochen postoperativ mit den Werten der letzten Nachuntersuchung verglichen wurden. Hierbei konnte beobachtet werden, dass bei 17 Prothesen eine Migration von durchschnittlich -5,2 mm von physiologischen Werten (≥ 7 mm) zu unphysiologischen Werten stattfand. Hierbei sanken alle Werte unter die physiologische Untergrenze von 7 mm. Bei 24 Prothesen konnte eine durchschnittliche Migration um -2,1 mm im physiologischen Bereich beobachtet werden.

4.3.4 Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand (KTMA)

Die Abweichung der physiologischen Tuberculum majus Position wird anhand des Kalotten-Tuberculum-majus Abstandes (KTMA) bestimmt. Insgesamt konnten die Röntgenbilder bei 45 Patienten (66,2%) sowohl präoperativ, 6 Wochen postoperativ als auch in der letzten Nachuntersuchung ausgewertet werden. Bei 63 Patienten konnte der postoperative KTMA bestimmt werden und bei 60 Patienten der KTMA 6 Wochen postoperativ sowie in der letzten Nachuntersuchung. In einer Serie [66] bei gesunden Patienten wurde eine durchschnittliche Distanz von 6,7 mm (Range 2 bis 12 mm) beschrieben. Alle Werte ≤ 10 mm und ≥ 4 mm wurden als physiologisch gewertet. Präoperativ wurde in unserem Kollektiv ein Durchschnittswert von 6,49 ($\pm 5,7$) mm gemessen.

51,5% (n=23 von 45) der Werte wurden als pathologisch eingestuft, wovon 12 (26,7%) einen zu großen und 11 (24,4%) einen zu kleinen KTMA aufwiesen. 48,9% (n= 22) konnten als nicht pathologisch eingestuft werden.

Als weiterer relevanter radiologischer Parameter wurden auch hier die Werte im Verlauf betrachtet, um eine eventuelle Sinterung der Prothese zu quantifizieren. 6 Wochen postoperativ wurde der

durchschnittliche KTMA mit 7,95 (\pm 4,5) mm und im letzten Follow-up mit 7,88 (\pm 4,7) mm aufgeführt. Der Zuwachs von präoperativ 6,49 mm auf postoperativ 7,88 mm war bei einem p-Wert von 0,024 als signifikant zu werten.

Betrachtet man die Fälle im postoperativen Verlauf von sechs Wochen post-operativ zum letzten Follow-up, so blieben die KTMA Werte konstant (+ 0,18 mm).

Als Verbesserung wurde gewertet, wenn der Wert sich von präoperativ zur letzten Nachuntersuchung von pathologisch nach nicht pathologisch veränderte. Eine Verbesserung wurde bei 26,6% (n= 12 von 45) der Patienten erfasst.

Unter den 40 von 63 (63,5%) Patienten, bei denen sich postoperativ ein physiologischer KTMA zeigte, waren 34 Patienten (56,7%) bei denen der KTMA im Verlauf von 6 Wochen bis zur letzten Nachuntersuchung physiologisch blieb. Bei 3 Patienten (5%) verkleinerte sich der KTMA und fiel somit in physiologische Bereiche.

Bei 45 Patienten war eine lückenlose Dokumentation des KTMA möglich. Hierbei blieb in 17 von 45 Fällen (37,8%) der präoperativ physiologische KTMA konstant im physiologischen Bereich.

Keine Verbesserung wurde bei 13 Patienten (28,8%) beobachtet und der Wert blieb pathologisch. In dieser Gruppe vergrößerte sich der KTMA in 5 Fällen (38,5%) im postoperativen Verlauf von 6 Wochen bis zur letzten Nachuntersuchung. Bei 6 Patienten (46,2%) blieb der Abstand konstant und in 2 Fällen (15,4%) verkleinerte sich der KTMA im Verlauf der ersten 6 postoperativen Wochen.

4.3.5 Greater Tuberosity Offset (GTO)

Dieser neue Parameter wurde 2007 von Tauber und Resch eingeführt. Das GTO beschreibt die Lage des Tuberculum majus zur Schaftachse. Die durchschnittlichen Ergebnisse bei gesunden Patienten werden in der oben genannten Arbeit mit 40,9% – 50,9% relativ zum Schaftdurchmesser beziffert. In unserem Kollektiv errechnete sich ein durchschnittlicher präoperativer Wert von 58,9 (\pm 24,0)%. Der Normbereich wird, der Definition von Tauber nach, mit einem relativen Wert von 45,9% \pm 5% (oder 42,24mm \pm 0,5 mm) angegeben. Als pathologisch wurden alle Werte die kleiner als 40,9% bzw. größer als 50,9% sind, gewertet.

Hierbei wurden präoperativ 11,9% (n= 5) als physiologisch gewertet und hingegen 88,1% (n= 37) als pathologisch. Im Vergleich dazu, war der durchschnittliche postoperative Wert bei der letzten Nachuntersuchung 51,9 (\pm 21,9) %. Jedoch waren auch hier mit 12,7% nicht pathologischen und 87,3% pathologischen Werten ähnliche Ergebnisse aufzufinden.

Vier Patienten, die präoperativ ein physiologisches GTO hatten, wiesen nach der OP ein pathologisches GTO auf. Dabei vergrößerte sich das GTO bei zwei der vier und in zwei Fällen verkleinerte es sich.

In 2 Fällen verbesserte sich das GTO von pathologischen Werten zu anatomischen Werten. Hierbei wurde das GTO jeweils verkleinert.

Insgesamt wurde das GTO durch die OP 27 mal (65,9%) verkleinert, 11 (26,8%) mal vergrößert und 3 mal (7,3%) blieb es unverändert.

4.3.6 Posteriores Offset (PO)

Das posteriore Offset beschreibt die Verbreiterung des Humeruskopfes nach Frakturen. Die Messmodalitäten werden in Kapitel 2.10 erläutert. Der Normwert bei gesunden Individuen beläuft sich, laut Studie, auf $9,7\% \pm 12\%$ (entspricht $\pm 0,5\text{mm}$) [92]. Präoperativ errechnete sich ein Durchschnittswert von $19,6 (\pm 18,2)\%$ relativ zum Schaftdurchmesser. Insgesamt war es möglich bei 36 Patienten (52,9%) die präoperativen und postoperativen Werte zu ermitteln. Präoperativ wiesen 55% (n= 20) eine physiologische und 44,4% (n= 16) eine pathologische Kopfausdehnung auf (Tab. 28). Die Situation war postoperativ mit je 32 pathologischen und 32 nicht pathologischen PO-Werten ausgeglichen. Der durchschnittliche Werte für das postoperative PO lag bei $20,5 (\pm 17,1)\%$.

12 Patienten (33,3%) mit präoperativ anatomischem PO hatten auch postoperativ anatomische Werte. Genauso blieb in 9 Fällen (25%) das PO pathologisch. Bei 8 Patienten (22,2%) veränderte sich das PO von einem präoperativ anatomischen Wert zu einem postoperativ pathologischen Wert. In allen 8 Fällen nahm das PO zu.

Bei 7 Patienten (19,4%) konnte eine postoperative Verbesserung des PO gemessen werden. Dabei wurde ein präoperatives pathologisches PO postoperativ als anatomisch festgestellt. In 3 der 7 Fälle nahm das PO zu und in 4 ab.

Weder das GTO, noch das PO zeigten im Vergleich der präoperativen und postoperativen Werte keinen signifikanten Unterschied auf (GTO $p= 0,848$, PO $p= 0,868$).

	Prä-OP nicht pathologisch	Post-OP nicht pathologisch	Prä-OP pathologisch	Post-OP pathologisch
Acromiohumeraler Abstand (AHA)	47,7	56,2	52,3	43,8
Kalotten-Tub.majus-Abstand (KTMA)	57,8	46,0	42,2	54,0
Glenohumerales Offset (GTO)	11,9	12,7	88,1	87,3
Posteriores Offset (PO)	55,6	50,0	44,4	50,0

Tabelle 28: Anzahl der Patienten (in %) mit pathologischen und nicht pathologischen Ausprägungen der radiologischen Parameter. Vergleich der präoperativen und postoperativen Werte

	Präoperativ (Mittelwerte)	Postoperativ (Mittelwerte)
LGHO (in mm)	49,3	52,8
AHA (in mm)	8,2	7,3
KTMA (in mm)	6,5	7,9
GTO (in %)	58,9	51,9
PO (in %)	19,6	20,5

Tabelle 29: Radiologische Parameter im Vergleich: präoperativ und postoperativ

4.3.7 Klinische und radiologische Korrelationen

Die zwei verschiedenen Gruppen, HEP und TEP, wurden als nächstes auf Veränderungen bezüglich ihrer radiologischen Parameter untersucht.

Bei Patienten mit HEP verbesserten sich postoperativ der KTMA durchschnittlich von 5,9 (\pm 6,2) mm auf 8,4 (\pm 5,4) mm ($p= 0,024$) und das laterale Offset von 50,3 (\pm 8,2) mm auf 53,5 (\pm 6,7) mm ($p= 0,024$).

In der Gruppe der TEP wurden postoperativ statistische Unterschiede im GTO (von 64,6 (\pm 28,0)% auf 51,2% (\pm 23,7)) und dem lateralen Offset (47,5 (\pm 9,7) auf 52,1 (\pm 6,0) mm) aufgezeichnet (GTO: $p=0,005$ und LGHO: $p=0,007$).

Anschließend wurde das Augenmerk noch einmal spezifisch auf die Gruppe der TEP gerichtet. 9 der 35 Patienten erhielten eine zementierte und 26 eine zementfreie Pfanne. Letztere verbesserten sich postoperativ in allen klinischen Parametern, im GTO und im lateralen Offset. Das Bewegungsausmaß für die FLEX (von 99,8° auf 122,5° mit $p=0,04$) und die ABD (von 72,9° auf 106,4° mit $p=0,011$) stieg auch signifikant an. Vergleicht man diese Ergebnisse mit Werten der TEP mit zementierten Glenoidkomponenten, so treten Unterschiede auf. Die Werte der FLEX und ABD verbesserten sich bei den zementierten TEPs nicht, wohingegen die ARO (von 7,1° auf 30,0° mit $p=0,039$) gesteigert werden konnte.

Weitere Untersuchungen wurden am ganzen Kollektiv bezüglich des lateralen Offsets durchgeführt. Eine Vergrößerung des LGHO wurde bei 17 Patienten (37,8%) festgestellt. 17 Patienten (37,8%), bei denen das laterale Offset im Vergleich zu präoperativ vergrößert wurde, hatten eine signifikante Steigerung des Bewegungsausmaßes in zwei Bewegungsrichtungen (FLEX: von 88,8° auf 125,6° mit $p\leq 0,0001$; ABD: 70,8° auf 105,8° mit $p=0,002$). Dabei verbesserte sich das LGHO bei 13 der 45 Patienten (28,9%) von zu kleinen zu physiologischen Werten, drei Patienten (6,7%) vergrößerten ihr LGHO von physiologisch nach zu groß und bei einem Patienten (2,2%) vergrößerte sich das LGHO von zu kleinen nach zu großen Werten. Hingegen wurde bei verkleinertem Offset keine Veränderung aufgezeichnet.

Die Schaftpositionen wurden in drei Gruppen eingeteilt: korrekt (parallel zur Kortikalis), valgus (Schaftspitze zum Oberkörper zeigend und $> 2^\circ$ Abweichung) oder varus (Schaftspitze vom Oberkörper weg zeigend und $> 2^\circ$ Abweichung). Eine Achsenabweichung des Prothesenschaftes zum Humerusschaft (Kortikalis) $> 2^\circ$ wurde als nicht korrekte Positionierung gewertet.

Anhand der Positionierung des Schaftes ließ sich eine signifikante Beeinflussung der aktiven Bewegungsausmaße und des GTO ableiten. Die Werte bei Patienten mit korrekt positionierten Schäften verbesserten sich signifikant (CS: 45,3 auf 84,1 Punkte mit $p\leq 0,0001$; FLEX von 96,6° auf 126,4° mit $p\leq 0,0001$; ABD von 75,2° auf 107,1° mit $p=0,001$; ARO von 20,5° auf 37,1° mit $p=0,013$ und GTO von 62,9 % auf 45,0% mit $p=0,009$). Bei 23 Patienten mit varus impaktiertem Schaft konnte keine Veränderung der präoperativen zu postoperativen Werten des GTO, PO oder der Bewegungsausmaße festgestellt werden. Jedoch konnten Patienten mit Varus-Fehlstellung des Schaftes postoperativ eine signifikante Steigerung des CS-Wertes von 29,2 Punkten auf 57,1 Punkte bei $p=0,001$ erzielen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse der Patienten mit präoperativ pathologischem GTO konnte eine postoperative Verbesserung der Werte in folgenden Kategorien vermessen werden: GTO von 61,5 % auf 50,0 % ($p=0,038$), die Normwerte belaufen sich auf $45,9\% \pm 5\%$; laterales Offset 50,3 mm auf 54,1 mm ($p= 0,001$), die Normwerte belaufen sich auf $55,7 \text{ mm} \pm 5,7 \text{ mm}$; allen klinischen Parametern und Bewegungsausmaße (FLEX: von $92,2^\circ$ auf $121,3^\circ$ mit $p \leq 0,0001$; ABD: $72,4^\circ$ auf $98,9^\circ$ mit $p= 0,003$; ARO von $24,6^\circ$ auf $36,3^\circ$ mit $p= 0,041$). Im Vergleich dazu, war in der Gruppe ohne präoperativ pathologische Ausprägung des GTO keine signifikante Verbesserung im GTO (30% auf 49,8%), LGHO (44,8 mm auf 50,3 mm) und Bewegungsausmaß (FLEX: 120° auf 140° ; ABD: 90° auf 130° ; ARO: $21,2^\circ$ auf $42,5^\circ$ mit jeweils $p > 0,1$) festgestellt worden.

Weitergehend konnte registriert werden, dass Patienten ohne postoperative Komplikationen eine Verbesserung des LGHO (von 49,5 mm auf 52,7 mm bei $p \leq 0,0001$) und des Kalotten-Tuberculum-majus-Abstands (von 6,0 mm auf 7,8 mm mit $p= 0,049$) aufzeigten. Bei komplikativen Verläufen konnte hingegen keine positive Entwicklung gemessen werden (LGHO: 46,5 mm auf 58 mm und KTMA von 5,95 mm auf 7,82 mm beide mit $p > 0,1$).

4.3.8 Lysesäume

Lysesäume (RLL) werden bei der Beurteilung der Prothese als Hinweis für eine Prothesenlockerung gewertet. Bei 3 Patienten dieser Studie wurde eine Saumbildung am Schaft nachgewiesen. Nach der verwendeten Einteilung in 8 Zonen [86][100], befinden sich diese an den folgenden Lokalisationen:

Patient 1 (HEP): 1, 2 und 8 (1,5 mm). Nachuntersuchungszeitraum: 76 Monate

Patient 2 (HEP): 1, 2, 3 und 4 (je 1mm). Nachuntersuchungszeitraum: 74 Monate

Patient 3 (TEP): 2, 3 und 4 (je 1,5mm). Nachuntersuchungszeitraum: 74 Monate

Patient 1 besaß einen zementierten Schaft. Patient 2 und 3 je einen unzementierten Schaft. Die Glenoidkomponente bei Patient 3 war unzementiert. Die nach Molé [76] eingeteilten Zonen am Glenoid, wurden in der true-a.p. Aufnahme bestimmt. Bei 2 Patienten konnten glenoidale Lysesäume festgestellt werden. In beiden Fällen waren die Glenoidkomponenten zementiert.

Patient 4 (TEP): 4 und 5 (je 1,5 mm). Score Wert: 4 Punkte. Nachuntersuchungszeitraum: 58 Monate

Patient 5 (TEP): 2 und 6 (je 1 mm). Score Wert: 2 Punkte. Nachuntersuchungszeitraum: 74 Monate

Die Lysesäume traten im Schnitt 18,4 Monate postoperativ auf. Im Verlauf zeigte keiner der Patienten eine Progredienz der RLL auf und keiner dieser Patienten musste wegen der Lysesäume revidiert werden.

Die Pfannen der HEP Patienten wurden im Verlauf begutachtet und der Zeitpunkt der Pfannenarthrose vermerkt. Das Glenoid eines Patienten zeigte in der Bildgebung schon präoperativ eine Pfannenarthrose. Es konnte jedoch wegen der starken Protrusionsfehlstellung des Glenoids keine künstliche Pfanne implantiert werden. 6 Patienten entwickelten im Laufe von durchschnittlich 25 Monaten (von 4 – 35 Monaten) eine Pfannenarthrose.

4.4 Komplikationen

Insgesamt sind postoperativ sieben (10,30%) Komplikationen aufgetreten.

Folgende Komplikationen kamen vor:

Bei einem Patienten wurde 12 Monate postoperativ eine Subskapularisinsuffizienz festgestellt. Hier verschlechterte sich der präoperative CS von 44,4 auf 33,0 Punkte, die FLEX von 140° auf 100°. Die ABD verbesserte sich von 90° auf 120° und die ARO wurde nur postoperativ mit 50° bestimmt werden. In diesem Fall wurde 12 Monate nach der Prothesenimplantation eine Pectoralis Flap durchgeführt. Der Patient erreichte dadurch langfristig Beschwerdefreiheit und verfügt über eine gute Beweglichkeit.

Insgesamt wurden 3 Frozen shoulder postoperativ diagnostiziert. In einem Fall wurde diese 4 Monate postoperativ festgestellt und durch konservative Maßnahmen erfolgreich therapiert. Beim nächsten Patient wurde eine Frozen shoulder 7 Monate postoperativ festgestellt und 3 Wochen nach Diagnosestellung revidiert. Hierbei wurde eine offene Arthrolyse, ein Subskapularis und Rotatorenmanschetten Release, eine Pectoralis major Sehnenverlängerung, eine Kapsulotomie und eine Neurolyse durchgeführt. Der dritte Patient mit Frozen shoulder wurde 6 Monate nach Prothesenimplantation mit Bewegungseinschränkungen nachuntersucht. Nach insgesamt 7 Monaten wurden bei diesem eine arthroskopische subacromiale Dekompression und eine Acromio-Clavicular-Gelenk Resektion durchgeführt.

Bei einem Patienten wurde 2 Monate postoperativ eine Supraspinatussehnenruptur festgestellt, die 3 Monate postoperativ versorgt wurden. In diesem Fall verringerte sich die FLEX von 150° auf 140°, die ABD von 120° auf 110° und die ARO blieb stabil bei 40°. Es wurde eine Tenotomie der

Bicepssehne, eine subacromiale Dekompression und eine Rotatoremanschettenglättung vorgenommen. Anschließend berichtete der Patient über ausreichende Kraft und Bewegungsumfänge.

Bei einer Patientin wurde 8 Monate postoperativ, bei plötzlich aufgetretener Funktionseinschränkung eine Infektion diagnostiziert. Diese wurde arthroskopisch debridiert und es konnte kein Keim nachgewiesen werden. Die Patientin leidet immer noch unter Kraftlosigkeit, wobei bei ihr zusätzlich ein traumatischer Axillarisschaden besteht.

In einem Fall wurde 78 Monate postoperativ ein Pectoralis Flap, aufgrund einer Subskapularisinsuffizienz mit anterior-superiorem Humeruskopfhochstand durchgeführt. Dieser Patient ist nun schmerzfrei, berichtet aber noch über Bewegungseinschränkungen.

6 der 7 Patienten, mit komplikationsversehrten Verläufen mussten revidiert werden. Im Gesamtkollektiv entspricht das einer Revisionsrate von 8,8%, wovon keine Revision aufgrund einer Tuberculum majus Osteotomie durchgeführt werden musste.

5. Diskussion

Betrachtet man das durchschnittliche Alter im publizierten internationalen Vergleich, so ist unser Kollektiv mit 52,6 Jahren (31-84) jünger als in herangezogenen Serien. Im ausgewerteten Kollektiv ist das Auftreten der posttraumatischen Omarthrose in der Altersgruppe der 51-80-Jährigen am häufigsten.

Boileau et al. [11] geben in einer multizentrischen retrospektiven Studie (203 Patienten mit fehlgeschlagenen Heilungsverläufen nach proximalen Humeruskopffrakturen) ein durchschnittliches Alter von 61 Jahren (19-87 Jahre) an. Hierbei konnte keine Korrelation zwischen dem Alter und den klinischen Ergebnissen festgestellt werden.

Antuna et al. [2] errechnet in seinem Patientenkollektiv, mit fehlgeschlagenen Heilungsverläufen nach proximalen Humeruskopffrakturen von 1980 bis 1997 ein durchschnittliches Alter von 65 Jahren (31-85 Jahre).

Auch Norris et al. [83] verzeichnet mit 53,3 Jahren (18-79) ein vergleichbares Resultat.

Die Analyse der Altersstruktur des Patientenguts ist wichtig, da viele Patienten mit posttraumatischer Omarthrose jünger sind, als Patienten mit primärer Omarthrose oder rheumatoider Arthritis. Bei jüngeren Patienten ist deshalb die Prognose vor der Hemiendoprothesen- oder der Totalendoprothesenimplantation präoperativ einzuschätzen. [87][81][115]

Patienten mit posttraumatischer Omarthrose im Alter bringen meistens ungünstige Begleitumstände, wie schlechte Knochenqualität und Knochendichte, mit sich. Damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass die humerale Gelenkfläche impaktiert ist und die Frakturfragmente teilweise abgebaut werden. Der Heilungsverlauf der Frakturfragmente ist mit diesen Faktoren eng assoziiert. [3]

Das Patientenkollektiv unserer Studie ist mit 68 Patienten relativ klein. In vielen Subgruppen sind die Patientenzahlen jedoch noch geringer, weshalb die eingeschränkte Aussagekraft bei der Bewertung der Ergebnisse beachtet werden muss. War die Zahl der Patienten zu gering, um eine aussagekräftige Schlussfolgerung zu ziehen, so wurde dies in den einzelnen Abschnitten erwähnt. In der Literatur sind häufig kleine Fallserien beschrieben. Bosch beschreibt ein Patientenkollektiv mit 15 Patienten [13], die sekundär mit einer Humeruskopfprothese versorgt wurden. Antuna wertet 50 Patienten aus [3] und in der großen französischen multizentrischen Studie [11] konnten 462 Patienten eingeschlossen werden, weshalb der Stellenwert dieses Patientenkollektivs als sehr hoch anzusehen ist.

Um die Ergebnisse weiter zu evaluieren und zu unterstreichen, sollten größere Patientenzahlen eingeschlossen werden. Die Auswertung der Ergebnisse mehrerer deutscher Schulterzentren wäre ein Ansatz die gewünschte Fallzahl zu erreichen.

Der häufigste Frakturtyp in unserer Studie war mit 55,9% (38 Patienten) Boileau I, gefolgt von Boileau III und IV (je 10 Patienten) mit je 14,7% und Boileau II (7 Patienten) mit 10,3%. Ausgenommen sind die Bankart Frakturen, die auch in die Studie als fünfter Typ mit eingerechnet wurden.

Boileau beschreibt in einer multizentrischen Studie von 2001 [12] eine Patientenverteilung von 56,3% (40 Patienten) mit Frakturtyp I, 12,6% (9 Patienten) mit Boileau II, 8,5% mit Boileau III und 22,5% mit Boileau IV bei einem Gesamtkollektiv von 71 Patienten.

Auch in der multizentrischen Studie von 2006 [11] mit insgesamt 203 Fällen, ist eine ähnliche Verteilung der Frakturklassifikationen zu vermerken. Hier hatten 67,5% (n=137) der Patienten eine Typ-I Fraktur, 12,3% (n=25) eine Typ-II, 10,8% (n=22) eine Typ-III und 9,4% (n=19) eine Typ-IV Fraktur nach Boileau.

In der vorliegenden Studie waren 46 der 68, d.h. 67,8% der Patienten mindestens einmal an der betroffenen Schulter voroperiert und nur 22 waren ursprünglich konservativ behandelt.

Boileau et al. [11] beschreiben bei ihrem Gesamtkollektiv von 65% der 203 Patienten, die ihre Fraktur initial nichtoperativ und 35% die sich initial operativ behandeln ließen. Die funktionellen Ergebnisse dieser Studie sind vergleichbar mit den Ergebnissen unserer Studie. Das heißt, es wurden in unserer Studie die gleichen funktionellen Ergebnisse bei höherer Rate an voroperierten Patienten erreicht. Grund dafür kann sein, dass in vielen Fällen Verbesserungen vom Pathologischen ins Anatomische stattgefunden haben. Eine anatomische Konfiguration des Gelenks und radiologische Parameter im Normbereich verbessern die Kinematik des Glenohumeralgelenks. Dies spiegelt sich in einem postoperativen Zugewinn an funktionellen Ergebnissen wieder.

Ebenso finden Mansat et al. [69] 60,7% der Patienten im voroperierten Zustand und 39,7% welche initial mit einem konservativen Verfahren behandelt wurden. An dieser Stelle ist zu vermerken, dass Weichteilvernarbungen und Muskelkontrakturen nach Voroperationen die Möglichkeiten des Operateurs limitieren können. [83]

Dagegen beschreibt Antuna et al. [2] einen voroperierten Anteil von nur 30% gegenüber 70%, welche eine Immobilisierung mit anschließender Physiotherapie als initiale Therapie erhielten.

Der glenohumerale Gelenkersatz stellt eine Herausforderung für den Operateur dar. Ein Großteil der Patienten mit fehlgeschlagenem Heilungsverlauf nach proximaler Humeruskopffraktur profitieren von der Endoprothese [12]. Um weitere Risikofaktoren und präoperative Einflussfaktoren auf die funktionellen Ergebnisse zu bestimmen zu können wurden Subgruppenanalysen durchgeführt.

In dem folgenden Teil werden die präoperativen und postoperativen CS-Score Werte des Gesamtkollektivs mit posttraumatischer Arthrose verglichen.

In allen Kategorien waren signifikante Steigerungen des CS und des Bewegungsausmaßes in unserem Patientengut zu erkennen.

Diese guten Ergebnisse, mit einer Steigerung des CS von 32,7 (\pm 15,1) auf 62,2 (\pm 19,7) Punkte (Gewinn von 29,5 Punkten), der aktiven FLEX von 97,9 (\pm 36,3) $^{\circ}$ auf 120,7 (\pm 40,1) $^{\circ}$ (Gewinn von 22,8 $^{\circ}$) und aktiver ARO von 22 (\pm 26,6) $^{\circ}$ auf 35 (\pm 21,1) $^{\circ}$ (Gewinn von 13 $^{\circ}$), sind mit den Ergebnissen in der Literatur vergleichbar [11]. Boileau gab eine Steigerung des CS von 27 auf 57 Punkte (Gewinn von 30 Punkten), der ARO von 2 $^{\circ}$ auf 30 $^{\circ}$ (Gewinn von 28 $^{\circ}$) und der FLEX von 80 $^{\circ}$ auf 112 $^{\circ}$ (Gewinn von 32 $^{\circ}$) an.

Die Gewinnspanne, als auch die postoperativen Endwerte des CS, sind vergleichbar mit den unten aufgeführten Vergleichsstudien. Alle Frakturtypen (Boileau I-IV) erzielten in unserem Studienkollektiv verhältnismäßige gute postoperative Ergebnisse.

Hingegen lieferten die Typ-III Frakturen in der multizentrischen Studie [11] die schlechtesten postoperativen Ergebnisse. Die aktive FLEX konnte nur um 10 $^{\circ}$ auf 63 $^{\circ}$ postoperativ verbessert werden. Im Vergleich dazu stehen 112 $^{\circ}$ postoperative FLEX im Gesamtkollektiv. Wobei die ARO der Typ-III Frakturen in diesem Kollektiv von 13 $^{\circ}$ auf 28 $^{\circ}$ verbessert wurde. Auch die CS-Werte der Typ-III Frakturen (von 21 auf 36 Punkte) blieben hinter den des Gesamtkollektivs (27 auf 57 Punkte) in Boileau´s Studie zurück. Auch die Typ-IV Frakturen erreichten schlechtere postoperative Ergebnisse als die der intrakapsulären Frakturen. [11]

Der CS der extrakapsulären Frakturen in unserer Studie steigerte sich von präoperativ 36,5 (\pm 19,5) Punkte auf postoperativ 55,1 (\pm 19,7) Punkte und die ABD von 76 (\pm 42,2) $^{\circ}$ auf 97,5 (\pm 43,0) $^{\circ}$. Die ARO war mit präoperativen Werten von 32,7 (\pm 25,3) $^{\circ}$ bereits gut und konnte nicht verbessert werden.

In Boileau´s Untersuchung 2006 [11] wurde für die extrakapsulären Frakturen eine Zunahme des CS von 20,5 auf 38,8 Punkte und in der aktiven ABD von 56,7 $^{\circ}$ auf 75,1 $^{\circ}$ verzeichnet.

Bosch erreichte in einem Kollektiv von 15 Patienten, die sekundär mit einer Humeruskopfprothese versorgt wurden, einen postoperativen CS von 47,5 Punkten, eine FLEX von 63 $^{\circ}$, eine ABD von 60,3 $^{\circ}$ und eine ARO von 18,7 $^{\circ}$. Das Vergleichskollektiv, welches eine primäre Prothesenimplantation

erhielt war mit postoperativ 65,6 CS Punkten signifikant besser ($p= 0,02$). Bosch et. al schlussfolgerten, dass je länger die Zeitspanne zwischen Unfallereignis und Prothesenimplantation ist, desto schlechter fallen die funktionellen Ergebnisse aus [13].

Nur Nicholson [35] veröffentlichte eine Studie, in der er initial den Schulter-Gelenkersatz der Reposition und Osteosynthese vorzieht.

Zusammenfassend erreichten unsere extrakapsulären Frakturen postoperativ vergleichsweise bessere Werte, als in der Literatur. Andere Autoren sind entgegengesetzter Meinungen. Boileau rät aufgrund der schlechten Ergebnisse seiner Studien von der Humeruskopfprothese als Behandlung der Typ-III und IV Fraktur ab. Um einen Rückschluss diesbezüglich zu ziehen, sollte man unsere Ergebnisse der Boileau III, IV und der extrakapsulären Frakturen mit den Ergebnissen der alternativen Operationsmethoden vergleichen. Eine sinnvolle Alternative ist die inverse Humerusprothese.

33 der von uns ausgewerteten Patienten erhielten eine Hemiendoprothese. Dabei erhöhte sich der CS postoperativ von durchschnittlich 36,4 ($\pm 14,6$) Punkten auf 62,8 ($\pm 20,8$) Punkte. Auch die funktionellen Ergebnisse stiegen durchweg signifikant an (Ausnahme: ARO $p=0,062$).

Eine Steigerung von 103,3 ($\pm 39,1$)° auf durchschnittlich 126,5 ($\pm 41,6$)° bei der aktiven FLEX entspricht einem postoperativen Zugewinn von 23°. Die vergleichbaren Werte aus anderen Serien liegen zwischen 16 und 36° [2][11][69][83], wohingegen unsere präoperativen Werte, im Vergleich mit anderen Studien mit durchschnittlich 103,3°, sehr hoch sind. Mansat gibt präoperativ eine anteriore Elevation von 71° an und Boileau [11] verzeichnet einen Ausgangswert von 80°. Somit ist in unserer Studie die Spanne, um eine Verbesserung zu erzielen, kleiner. Dennoch stieg in der vorliegenden Studie der Durchschnittswert deutlich an.

Die aktive ARO stieg um 14° mit $p= 0,062$ nicht signifikant an, wohingegen die präoperativen Werte mit 23° verhältnismäßig hoch waren (siehe Tabelle 30). Das Endergebnis von 37° lag sogar über den Ergebnissen der Vergleichsstudien von Boileau, Mansat, Norris, Bosch und Antuna. [2][11][69][83][13].

In dieser Diskussion wird auch der Einfluss der Tuberculum majus Dislokation und Osteosynthese eingebracht. Der Bewegungsumfang und somit auch die ARO sind von der Wiederherstellung der Rotatorenmanschettenfunktion abhängig. [119] Diese insertieren unter anderem am Tuberculum majus. Eine Tuberculum majus Osteotomie ist sehr wahrscheinlich mit einem schlechteren und nicht voraussehbaren funktionellen Ergebnis und somit auch einer reduzierten ARO assoziiert. [12] In unserem Kollektiv wurden insgesamt vier Tuberculum majus Osteotomien durchgeführt werden. Die Anzahl war zu klein um eine aussagekräftiges Ergebnis in dieser Gruppe im Vergleich zu nicht

osteotomierten Patienten zu erreichen. Resümierend ist festzuhalten, dass bei keinem der osteotomierten Patienten postoperativ eine Komplikation aufgetreten ist.

In den folgenden Studien konnte keine unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den Prothesentypen festgestellt werden. Deshalb wurden in der folgenden Tabelle die Werte des Gesamtkollektivs für den Vergleich verwendet. Diese sind repräsentativ für die Ergebnisse der HEP.

	ARO prä-OP	ARO post-OP	Gewinn
Boileau 2006 (gesamt)	2°	30°	+ 28°
Mansat 2004	-8°	20°	+ 28°
Norris 1995	9,3°	28°	+ 18,7°
Antuna 2006	12°	35°	+ 23°
Bosch 1996	N	18,7°	N
Unsere Studie	23°	37°	+ 14°

Tabelle 30: Zusammenfassung der postoperativen Veränderung der ARO bei HEP Patienten in den Vergleichsstudien der Literatur

Dines et al. [8] beschreiben in einer Studie, mit 20 Fällen von posttraumatischen Omarthrosen, einen besseren Score (Score System (bis 100 Punkte, aus der Klinik für spezielle Chirurgie) für Hemiendoprothesen. Die HEP Patienten erreichten dabei postoperative Werte von 79,7 aus 100. Im Gegensatz dazu, erreichten die TEP nur 70,3 von 100 Punkten. Jedoch war das Ergebnis nicht signifikant vom Prothesentyp abhängig.

Mansat et al. 2004 konnten in ihrer Studie Unterschiede zwischen der Hemiendoprothese und der Totalendoprothese feststellen. Der Frakturtyp wird als einer der wichtigsten prognostischen Faktoren beschrieben. [69]

In unserer Studie wurden Daten von allen vier Frakturtypen erhoben. Die Anzahl der Patienten mit Frakturtyp II war mit n= 7 zu gering, um in der Subgruppe eine signifikante Aussage treffen zu können. Aussagekräftig waren, wegen einer ausreichend großen Patientenzahl, Boileau I (n=38), III (n=10) und IV (n=10). Jedoch werden die Werte der Boileau II Frakturen zum Gesamtergebnis bzw. zu den Untergruppen hinzugezählt.

Zuerst wurde isoliert der Frakturtyp I nach Boileau betrachtet. Die postoperativen CS und funktionellen Werte sind durchweg signifikant angestiegen. Die CS Punktzahl stieg von präoperativ 30,3 (\pm 11,1) Punkten auf postoperativ 66,9 (\pm 19,5) Punkte in der Gruppe Boileau I.

Um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen, werden Typ-I und -II als intrakapsuläre Frakturen zusammengefasst. Intrakapsuläre Frakturen erreichten, im Vergleich mit präoperativen Werten, postoperativ in allen Kategorien signifikant bessere Ergebnisse. Das Gesamtergebnis des CS stieg von präoperativ 29,2 (\pm 11,4) Punkten auf 65,8 (\pm 19,2) Punkte postoperativ an ($p < 0,001$), die FLEX verbesserte sich um 36,7 (\pm 29,7) $^\circ$ auf 129,2 (\pm 36,2) $^\circ$ ($p < 0,001$) und die ARO um 18,8 (\pm 26,5) $^\circ$ auf 37,6 (\pm 19,7) $^\circ$ ($p = 0,005$).

Dies entspricht den Ergebnissen von Boileau [12], in der eine Verbesserung des CS (absoluter Wert) von 28 Punkten auf 61,9 Punkte festgestellt wurde. Außerdem stieg das Bewegungsausmaß bei der FLEX um 51 $^\circ$ und bei der ARO um 42 $^\circ$.

Bei intrakapsulären Frakturen können gute Ergebnisse vorausgesagt werden, da eine Tuberculum Osteotomie meist nicht indiziert ist. Das Tuberculum ist häufig nur leicht disloziert. Somit kann man die Humeruskomponente implantieren und Kontinuität der Tubercula und der Rotatorenmanschette wieder hergestellt werden. [11]

Patienten mit Typ-III Frakturen erreichten in unserer Studie postoperativ 58,6 (\pm 18,4) CS Punkte. Die ARO stieg nicht signifikant, von 36,7 (\pm 31,6) $^\circ$ auf 46 (\pm 20,1) $^\circ$.

Im Vergleich dazu, sind die Ergebnisse der Frakturklasse IV verhältnismäßig weniger gut ausgefallen. Das Gesamtergebnis des CS ist signifikant von 25,4 (\pm 10,2) Punkten präoperativ auf 52,0 (\pm 21,1) Punkte postoperativ angestiegen. Das Bewegungsausmaß (ROM) stieg um 6,1 Punkte auf 17,7 (\pm 3,2) an. Alle anderen Kategorien stiegen nicht signifikant an. Bei der aktiven ARO sank das Bewegungsausmaß, jedoch nicht signifikant um 16,8 $^\circ$ von 29,3 (\pm 20,5) $^\circ$ auf 12,5 (\pm 11,8) $^\circ$. In der Literatur findet man für die ARO Ergebnisse, die vor allem postoperativ signifikante Verbesserungen darstellen (siehe Tabelle 30). [69][12][11]

Um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu erreichen werden Typ-III und Typ-IV Frakturen nach Boileau zu extrakapsulären Frakturen zusammengefasst.

In unserer Studie verbesserte sich in dieser Gruppe der CS von 36,5 Punkten präoperativ auf 55,1 Punkte postoperativ ($p = 0,002$), als auch die Untereinheiten Schmerzlevel und ADL signifikant.

Die Ergebnisse des aktiven Bewegungsausmaßes erhöhten sich bei der aktiven ABD signifikant um 21,5 $^\circ$ ($p = 0,004$). Die ARO blieb konstant ($p = 0,5$)

Vergleichbar mit diesen Werten wurde in der Studie von Boileau 2001 [12] eine leichte Reduktion des Schmerzlevels und eine Verminderung der ARO festgestellt, jedoch keine Verbesserung der

FLEX. Der CS stieg in der Boileau Typ-III von 22 auf 57 Punkte und bei Boileau Typ-IV von 24 auf 60 Punkte. Insofern sind die 55,1 postoperativ erreichten CS-Punkte der Patienten unserer Studie mit extrakapsulären Frakturen vergleichbar mit den Daten von Boileau [12].

Es wird beschrieben, dass bei extrakapsulären Frakturen schlechtere Ergebnisse, als bei intrakapsulären Frakturen zu erwarten sind. Das Tuberculum majus und der Humeruskopf sind bei vielen extrakapsulären Frakturen von der Diaphyse, in unphysiologischer Art voneinander entfernt. Erfolgt keine initiale Reposition, kommt es zu einer Fehleinheilung der Fragmente oder es bildet sich eine Pseudoarthrose aus. Des Weiteren ist in vielen Fällen eine Tuberculum Osteotomie notwendig.

Der negative prädiktive Faktor einer Tuberculum Osteotomie bei prothetischem Schultergelenkersatz wird von vielen Autoren beschrieben [11][51][109]. Dies ist mit dem Heilungsprozess der initialen Fraktur eng verknüpft. Der Grund dafür ist die Veränderung der physiologischen Ansatzstellen der Rotatorenmanschette. Dadurch resultiert eine Schwächung des M. infraspinatus, der an der aktiven Elevation des Armes mitbeteiligt ist und zu schlechteren funktionellen Ergebnissen führt.

In unserer Studie wurden die prä- und postoperativen Ergebnisse der HEP und TEP ausführlich analysiert. Dabei war in keiner Kategorie ein signifikanter Unterschied zu erkennen.

Boileau 2006 [11] empfiehlt die Hemiendoprothese bzw. bei Bedarf TEP nur für die Frakturtypen I und II. Nur diese Patienten profitieren von der Schulterprothese. In seiner multizentrischen Studie stellt er fest, dass Typ-I und -II voraussehbar gute Ergebnisse erreichen können, solange die Ausprägung der Fehlstellung der ursprünglichen Anatomie akzeptabel ist. Die Prothese erlaubt in diesen Situationen den Prothesenkopf weiter proximal des Tuberculum majus zu platzieren und die Fehlstellung auszugleichen [7][87]. Typ-I entspricht valgus und varus impaktierten Frakturen. Hierbei ist es möglich, den Kopf der Endoprothese genau oberhalb des Tuberculum majus zu platzieren. Die Anatomie wird wieder hergestellt und eine Tuberculum Osteotomie kann vermieden werden. Diese ist mit schlechten Ergebnissen und häufigen Komplikationen verbunden [2][11][69][83][51]. Mansat beschreibt bei drei seiner Patienten eine Osteotomie des Tuberculum majus. In diesen Fällen war der CS postoperativ bei 36% im alters- und geschlechtnormierten CS, im Vergleich mit 72% im Gesamtkollektiv. Außerdem wurden alle drei Ergebnisse nach den Neer Kriterien als unzufriedenstellend eingestuft. [69]

Boileau beschreibt, dass er an allen extrakapsulären Frakturen eine Tuberculum majus Osteotomie vollzogen hat. Deren Ergebnisse waren postoperativ schlechter, als in der intrakapsulären Gruppe, bei denen keine Osteotomie notwendig war. Die Gruppe ohne Osteotomie verbesserte sich im CS postoperativ von 28 Punkten auf 61,9 Punkte. Wohingegen die Gruppe mit Tuberculum majus

Osteotomie sich nur von 20,5 Punkten auf 38,8 Punkte verbessern konnte. Komplikationen wie Tuberculum majus Dislokation traten in der Gruppe mit Osteotomie bei 32% auf, verglichen mit 20,4% bei den nicht osteotomierten Patienten. [11]

Bei chronisch verhakten Typ-II Frakturen empfiehlt Boileau eine Totalendoprothese, sofern die Dislokation länger als 6 Monate besteht und die glenoidale Gelenkfläche erodiert ist. Ist die Gelenkfläche intakt, kann auf eine alleinige Erneuerung der humeralen Gelenkfläche zurückgegriffen werden.

Um in unserer Studie einen Unterschied der postoperativen Werte abhängig vom Glenoidersatz festzustellen, wurden nun die TEP und HEP Ergebnisse für Boileau I und IV isoliert aufgetragen. Dabei konnte in keiner Kategorie zwischen TEP und HEP ein signifikanter Unterschied in den prä- oder postoperativen Ergebnissen verzeichnet werden.

Allgemein ist zu sagen, dass in mehreren Studien schlechtere Ergebnisse bei der späten Behandlung von proximalen Humerusfrakturen mit Arthroplastik erzielt wurden, als bei akuten Frakturen [13][82][108]. Hierbei kommt der erfolgreichen initialen Behandlung die größte Bedeutung für ein gutes Ergebnis zu. Als weitere Ursachen für die schlechteren Ergebnisse werden degenerative Veränderungen und Läsionen der Rotatorenmanschette, Weichteilkontrakturen und periartikuläre Ossifikationen diskutiert. Mit einem zunehmenden Zeitintervall zwischen Trauma und Prothesenimplantation kann es zu einem Elastizitätsverlust des Gewebes und Vernarbungen der subacromialen Gleitschicht kommen. [13][17][41]

Alle unsere Patienten erhielten als Humeruskomponente die UNIVERSTM-Prothese. 2006 erstellte Boileau [11] Empfehlungen für Frakturen des Typ I-IV. Bei intrakapsulären Frakturen empfiehlt er, aus den oben genannten Gründen, eine Schulterprothese.

Bei den extrakapsulären Frakturen werden die Therapien zwischen den Typen III und IV differenziert. Patienten mit Boileau Typ-III haben als Eigenschaft eine Fraktur des chirurgischen Halses mit starker Fehlstellung der Tubercula gegenüber dem Schaft. In mehreren Studien [2][12][25][42][101][111] wurde gezeigt, dass in diesem Fall eine Prothese häufig den Heilungsprozess der Tubercula an den Humerusschaft erschwert. Eine Alternative zur Prothese ist das intramedulläre bone-peg-Transplantat mit Osteosynthese. Dies wird bei geringradiger Nekrose des Kopfes angewendet.

Patienten mit Kalottenimpaktation und schwerer Fehlstellung werden als Typ-IV bezeichnet. Die Implantation einer konventionellen Schulterprothese erzielt wegen der notwendigen Tuberculum Osteotomie voraussehbar schlechtere Ergebnisse. Deshalb empfiehlt Boileau als Alternative eine inverse Schulterprothese. Die letzten Ergebnisse zeigen bessere Werte, als bei der anatomischen Prothese und durch das Auslassen der Tuberculum Osteotomien werden die Komplikationen vermindert. Voraussetzung ist jedoch ein intakter und kräftiger Deltamuskel.

Im Vergleich der Frakturtypen I und IV unserer Studie ist in vielen prä- als auch postoperativen Unterkategorien kein signifikanter Unterschied festzustellen. Eine deutliche Verbesserung ist postoperativ bei Typ-I Frakturen in den Bewegungsausmaßen ABD, FLEX und ARO festzustellen. Beim Vergleich der intrakapsulären gegen die der extrakapsulären Frakturen fällt auf, dass die postoperativen CS Werte der intrakapsulären Frakturen mit 65,8 (\pm 19,2) Punkten signifikant höher sind, als mit 55,1 (\pm 19,7) Punkte bei Patienten mit extrakapsulären Frakturen. Die Bewegungsausmaße sind in keiner der Gruppen signifikant höher.

Zum Vergleich verbesserten sich die intrakapsulären Frakturen in Boileau's Studie im CS um 47,0 Punkte von 27,3 auf 74,3 Punkte. Die FLEX stieg um 51° und die ARO um 42°. Bei den extrakapsulären Frakturen stieg der Gesamt CS um 35,7 Punkte von 22,5 Punkten auf 59,2 Punkte und die ARO um 22°. Typ-III Frakturen hatten postoperativ bei der anterioren Elevation einen Gewinn von 13° und bei der ARO von nur 16°. Verglichen mit Frakturen des Typ-IV fiel der Gewinn von 32° und 25° gering aus. Die Autoren analysieren selbst, dass die Schulterendoprothese bei Typ-III Frakturen die schlechtesten postoperativen Ergebnisse in der Serie erzielt. [12]

Healy [42] beschrieben den Verlauf von fehlverheilten Zweifragment- Frakturen nach operativer Versorgung. Im Kollektiv berichtete Healy von acht guten, sieben mangelhaften und vier schlechten Resultate. Bei nicht verheilten Vierfragment-Frakturen ergab die Behandlung vier gute und zwei schlechte Resultate.

Cofield et al stellten in einer aktuellen Studie keinen Zusammenhang zwischen dem klinischen Ergebnis und der Beteiligung des Tuberculum majus bei II-Fragment-Frakturen fest. Insgesamt wurden in dieser Studie 67 Patienten mit fehlverheilten Humeruskopffrakturen mit einer Schulterprothese behandelt. Die Autoren betonen aber, dass die anatomische Abheilung des frakturierten Tuberculum von höchster Bedeutung für die klinischen Ergebnisse ist. [24]

Auch Dines führt bessere Ergebnisse von intraartikulären Frakturen auf. Diese erzielten dabei einen postoperativen Wert von 82,3 im Gegensatz zu 73,6 Punkten bei extrakapsulären Frakturen ($p=0,17$). [8]

Bei den als extrakapsuläre Frakturen zusammengefassten Boileau Typ-III und -IV Frakturen mit einer Fallzahl von 20 Patienten, waren die funktionellen Ergebnisse jedoch durchaus besser, als die Werte in der Literatur. Die postoperativen Werte stiegen, bis auf wenige Ausnahmen, signifikant an. Der CS stieg von präoperativ 36,5 Punkten auf postoperativ 55,1 Punkte ($p= 0,002$). In Boileau´s Studie [11] stiegen die präoperativen CS Werte von 20,5 Punkten signifikant auf 38,8 Punkte. Die Spanne des Zugewinns ist somit vergleichbar. Die CS Endresultate in unserer Studie waren um 16,3 Punkte höher.

In unserer Studie und den vergleichbaren Studien waren die funktionellen Resultate für intrakapsuläre Frakturen (Typ-I und -II) besser, als die Werte der extrakapsulären Frakturen (Typ-III und -IV). Ein Grund dafür ist unter anderem, dass in vielen Studien bei extrakapsulären Frakturen eine Tuberculum majus Osteotomie durchgeführt wurde. Diese ist mit schlechteren funktionellen Ergebnissen und Komplikationen verbunden. (siehe auch Diskussion der Komplikationen Seite: 109-110) Insgesamt wurden in unserem Kollektiv vier Tuberculum majus Osteotomien durchgeführt. In keinem dieser Fälle sind Komplikationen aufgetreten.

Nicholson et al. [35] ziehen aus ihrer Studie den Schluss, dass die Ergebnisse bei Implantation einer Humerkuskopfprothese bei fehlverheilten Frakturen gleichwertig, wenn nicht sogar besser, als bei einer Osteosynthese sind. Die Erfolgsrate liegt hier zwischen 60% und 80%. Aufgrund unserer erfolgreichen Ergebnisse der Frakturtypen III und IV, ist es durchaus gerechtfertigt bei ausgewählten Patienten aller Frakturtypen eine anatomische Prothese zu verwenden.

Patienten mit und ohne Voroperationen profitieren von der Arthroplastik. Voroperierte Patienten haben postoperativ durchweg signifikant niedrigere Werte im CS erzielt. Auch das Ausmaß des Bewegungsumfanges stieg in den Kategorien aktive FLEX, ABD und ARO signifikant an. Patienten ohne Voroperationen erzielten postoperativ im CS und im Bewegungsausmaß signifikant bessere Ergebnisse. Werden nun alle Werte der voroperierten (CS 56,9 ($\pm 17,3$) Punkte) und nicht voroperierten Patienten (CS 72,4 ($\pm 20,3$) Punkte) postoperativ verglichen, zeigte sich ein signifikant ($p= 0,002$) höherer postoperativer CS Wert. Auch die Werte des Bewegungsausmaßes waren

postoperativ bei nicht voroperierten Fällen in der aktiven ABD ($119,5 (\pm 45,7)^\circ$) signifikant höher (voroperierte: $94,2 (\pm 45,5)^\circ$ mit $p= 0,05$). Auch die FLEX war bei nichtvoroperierten ($134,3 (\pm 43,7)^\circ$) postoperativ signifikant höher, als bei voroperierten Patienten ($114,3 (\pm 37,0)^\circ$) mit $p= 0,045$. Unsere Ergebnisse zeigen in den oben genannten Kategorien bessere Resultate für initial konservativ behandelte Fälle.

Auch Boileau 2006 [11] untersucht den Unterschied zwischen der initialen Behandlung und dem funktionellen Ergebnis. Die Autoren kommen zu dem Erkenntnis, dass Patienten mit initial konservativer Behandlung signifikant bessere Ergebnisse ($p < 0,008$) erzielten, als Patienten die mit einer offener Reposition und Osteosynthese behandelt wurden. Hierbei wurden 65% der Fälle initial konservativ behandelt und 35% operativ. Genaue Zahlen wurden nicht veröffentlicht. Im Gegensatz dazu wurde in einer früheren Studie 2001 [12] keine statistische Korrelation zwischen den funktionellen Ergebnissen und der Art der initialen Behandlung (nicht operativ oder operativ) festgestellt.

Ein Grund dafür könnte die Anzahl der Voroperationen sein. Im Durchschnitt sind Patienten im voroperierten Kollektiv 3,0 mal operativ an der betroffenen Schulter versorgt worden. Mit der Anzahl der vorangegangenen Operationen steigt die Wahrscheinlichkeit von Nervenverletzungen und die Ausdehnung des Narbengewebes vergrößert sich. Nach wiederholten Eingriffen atrophiert das Muskelgewebe [37]. Allgemein findet man in vielen Fällen nach Voroperationen eine schlechtere Weichteilsituation, als in Fällen mit initial konservativer Behandlung. Das physiologische Gleichgewicht des glenohumeralen Gelenks ist unter anderem von der Gelenkkapsel, der Rotatorenmanschette, aber auch von den oberflächlichen Muskeln abhängig [50][49]. Das Bewegungsausmaß, ADL, ROM und Schmerzen sind unmittelbar mit einem physiologisch arbeitenden Gelenk verknüpft. [28]

Die funktionellen Ergebnisse nach später Prothesenimplantation sind in Norris [111] Studie den berichteten Ergebnissen bei Gelenkersatz für akute Humeruskopffrakturen unterlegen. Als mögliche Gründe für die schlechteren Ergebnisse bei sekundärer Frakturprothetik wurden Weichteilkontrakturen, Muskelinsuffizienzen, neurologische Einschränkungen, Fehlverheilungen und posttraumatische Arthrose angegeben.

Daraus kann man resümieren, dass voroperierte Patienten postoperativ signifikant schlechtere Ergebnisse erzielen, als nicht Voroperierte.

Norris [83] teilt sein Studienkollektiv, bestehend aus 23 Patienten, in seiner Serie nach der Art der initialen Therapie in zwei Gruppen ein. Die erste Gruppe bestand aus Patienten, die konservativ behandelt wurden. In der zweiten Gruppe waren Patienten, die eine Osteosynthese als Initialtherapie hatten. Als anschließende Therapie wurde in beiden Gruppen die Hemi-/Totalendoprothesen-Implantation gewählt. Beide Gruppen profitierten von der Prothese. In der Kategorie Beweglichkeit gab es keine großen Unterschiede zwischen den Gruppen. Konservative Gruppe: FLEX von 75° auf 91° und ARO von 2,5° auf 26°. Operative Gruppe: FLEX von 60° auf 92° und ARO von 9,3° auf 28°. Gleiche Resultate zwischen den zwei Gruppen wurden auch bezüglich der Funktion und der Zufriedenheit festgestellt.

Des Weiteren wurde die Art der Voroperation als wichtiger Einflussfaktor erkannt [83]. Schultern mit initial offenem Operationsverfahren präsentierten sich mit geringerer Beweglichkeit und mehr Komplikationen, welche direkt mit dieser Operation in Verbindung gebracht werden konnten.

Bei Patienten mit initial geschlossener Reposition entsteht aus den unbehandelten Fehlpositionen eine Inkongruenz des Kopfes zur glenoidalen Gelenkfläche. Dadurch erhöht sich die Prävalenz einer glenohumeralen Arthrose. Die offene Reposition scheint die Kongruenz des Glenohumeralgelenks wiederherzustellen und reduziert den vermehrten Verschleiß der glenoidalen Gelenkfläche. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit initial konservativer und operativer Therapie konnte jedoch auch nicht belegt werden.

In unserem gesamten Patientenkollektiv kamen postoperativ sieben Komplikationen (10,30%) vor. In 7 komplikativen Verläufen waren 6 Revisionen (8,8%) notwendig. Diese Komplikationsrate entspricht ca. der in der Literatur angegebenen für fehlverheilte proximale Humerusfrakturen, welche sich zwischen 3,5% und 43% befindet [69].

Insgesamt wurden in unserer Studie vier Tuberculum majus Osteotomien durchgeführt welche alle komplikationslos ausheilten.

Die am häufigsten beschriebenen Komplikationen sind Tuberculum majus Dislokationen nach Osteotomien. Boileau berichtet in seiner Studie von 2001 [12] von neun solcher Komplikationen bei 18 (50%) durchgeführten Tuberculum majus Osteotomien. Insgesamt wurden vier Patienten (5,6%) revidiert, wovon in einem Fall ein disloziertes Tuberculum majus nach Osteotomie die Ursache für den Zweiteingriff war. Aber auch Norris [83] berichtet von drei (23,1%) Tuberculum Dislokationen nach 13 durchgeführten Osteotomien. Begründet wurden die schlechten Ergebnisse nach Tuberculum

Osteotomie durch einen erschwerten Anheilungsprozess und einer Beeinträchtigung der Manschettenfunktion. Im gesamten Kollektiv wurden 5 (21%) Revisionseingriffe durchgeführt. Dabei war in zwei Fällen ein disloziertes Tuberculum majus nach Osteotomie der Grund für eine Revision.

Boileau berichtet von 59 Komplikation (27%) von denen 14 (6%) intraoperativ und 45 (21%) postoperativ auftraten. Die Verteilung der Komplikationen war in der Gruppe der Typ-I Frakturen nach Boileau geringer als bei Frakturen Typ II-IV ($p < 0,0005$). Revisionsoperationen waren bei 27 (12%) Patienten notwendig. [11]

In einem Review von Kontakis et al. [59] vergleichen die Autoren 16 Studien, in denen akute proximale Humerusfrakturen mit Hemiprothese behandelt wurden. Die Komplikationsrate lag bei ca. 12,7% von 771 Patienten. Die Komplikationen waren wie folgt verteilt: bei 1,6% oberflächliche Infektionen ($n = 12$), bei 0,6% tiefe Infektionen ($n = 5$), Komplikationen mit der Fixierung und Einheilung des Tuberculum majus 11,2% ($n = 86$), heterotrope Ossifikationen bei 8,8% und in 6,8% der Fällen folgte eine proximale Migration des Humeruskopfes. Eine Revisionsrate wurde in dieser Studie nicht angegeben.

Unterschiedliche Häufigkeiten vermerkte man jedoch in unserem Kollektiv, bei der Häufigkeit der postoperativ auftretenden Komplikationen.

In unserer Gruppe der nicht voroperierten Patienten ($n = 22$) kam postoperativ eine Komplikation vor (4,5%). Dabei handelte es sich um eine postoperativ aufgetretene Arthrofibrose (Seite 96). Die Gruppe der voroperierten Patienten ($n = 46$) hatte eine Komplikationsrate von 13,0% ($n = 6$).

In Norris [83] Kollektiv hatten voroperierte Patienten eine höhere Komplikationsrate. Bei drei (23%) von 13 durchgeführten Tuberculum majus Osteotomien kam es postoperativ zur Dislokation. Zwei (15%) klagten über anteriore Instabilität, drei (23%) über Nervenläsionen durch die Vor-Op und in drei Fällen (23%) wurde eine Schwäche des M. deltoideus festgestellt. Diese Läsionen haben eine erhebliche Auswirkung auf die Beweglichkeit des Schultergelenks und die Oberarmfunktionsfähigkeit.

5.1 Radiologische Ergebnisse

Die meisten unserer Vergleichsstudien beschreiben in ihrem Kollektiv radiologisch bestimmte Fehlstellungen und Lockerungszeichen der Prothese nach Implantation [2][11][12][80][82]. Hierbei handelt es sich vor allem um Tuberculum Fehlstellungen und Lysesäume entlang der implantierten Prothese.

In unserer Studie wurden die relevanten radiologischen Parameter im präoperativen-postoperativen Vergleich gegenübergestellt. Des Weiteren soll die Verbindung zwischen radiologischen und funktionellen Resultaten hergestellt werden. In keiner anderen Studie wurden die Zusammenhänge, wie unten aufgeführt, untersucht. Der Vergleich kann dementsprechend nur in Fragmenten mit anderen Serien erfolgen.

Die gemessenen Parameter beschreiben die posttraumatische Veränderung des Humeruskopfes und des proximalen Humerus nach Prothesenimplantation bei Patienten mit fehlverheilten proximalen Humeruskopffrakturen. Dabei konnten das LGHO, der KTMA, der AHA, das PO, das GTO, RLL, die Prothesenstellung und die Zentrierung vermessen werden. Der Einfluss einzelner Parameter wird in den folgenden Abschnitten diskutiert.

Falsch eingeheilte Fragmente und Fehlstellungen, vor allem die Einheilung der Tubercula, spielen dabei eine entscheidende Rolle. [78]

GTO und PO sind Parameter zur Quantifizierung der Tuberculumfehlstellung bei Humeruskopffrakturen. Die Werte werden als Strecke in mm und Prozentzahl im Verhältnis zu den im Methodikteil beschriebenen Strecken angegeben. In der vorliegenden Arbeit wird die Angabe einheitlich in Prozent angegeben, um Messfehler durch unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren der Röntgenbilder zu vermeiden.

Zusätzliche radiologische Untersuchungen wurden zur Bestimmung Prothesengröße durchgeführt worden. In unserer Serie konnte das LGHO von 49,3 (\pm 9,0) auf 52,8 (\pm 6,3) cm mit $p=0,024$ vergrößert werden und somit seiner physiologischen Größe von $55,7 \pm 5,7$ cm näher gebracht werden. 35 von 45 Patienten hatten postoperativ im Vergleich zu präoperativ einen größeren LGHO. 21 (47,7%) Patienten wiesen präoperativ einen nicht pathologischen und 23 ein pathologisches LGHO auf. Die Situation verbesserte sich durch die Operation. In 17 Fällen veränderte sich das LGHO von pathologischen zu anatomischen Werten und in 11 Fällen blieb das LGHO physiologisch. In Fällen in denen sich das postoperative LGHO zu physiologischen Werten vergrößerte, konnte eine Verbesserung des Bewegungsausmaßes (FLEX: + 36,8° mit $p \leq 0,0001$ und ABD: +35° mit $p=0,002$)

gemessen werden. Bei einem unveränderten pathologischen LGHO konnte postoperativ keine Verbesserung der Ergebnisse festgestellt werden. Postoperativ wurde in 38 von 64 (59%) Fällen ein nicht pathologischer Wert gemessen.

Die postoperative Zunahme des LGHO im Gesamtkollektiv um 3,5 mm passt in das Bild, denn fehlverheilte proximale Humerusfrakturen mit impaktierter Kalotte und Malformationen können zu einer Abflachung des Humeruskopfes führen. Dies wiederum kann zu einem Verlust des Gelenkspiels führen, welches eine Medialisierung der Schaftachse zur Folge hat. Die Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse der glenohumeralen Gelenkfläche trägt wahrscheinlich einen Großteil zu der Zunahme des Gelenkspiels nach Prothesenimplantation bei. Durch das Einbringen einer Glenoidkomponente wird die Gelenkmechanik zwar positiv beeinflusst, jedoch hat diese keinen direkten Einfluss auf das LGHO. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Kopfgröße nach Glenoidimplantation häufig kleiner gewählt wird, um ein angemessenes Weichteilbalancing zu erreichen. [86]

Veränderungen im LGHO verändern nicht nur die Balance zwischen der Muskelkraft des M. deltoideus und M. supraspinatus und deren Zugrichtung, sondern auch die Spannung der Weichteile. Diese Faktoren haben eine erhebliche Auswirkung auf die Stabilität des glenohumeralen Gelenks. [107]

Ähnliches konnte beim Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand festgestellt werden. Der Anteil der nicht pathologischen Werte konnte postoperativ signifikant von 42,5% auf 46% gesteigert werden. Im Verlauf von 6 Wochen postoperativ bis zur letzten Nachuntersuchung nahm der KTMA durchschnittlich um 1,8 mm zu. In unserer Studie konnte nur zwischen prä- und postoperativen Werten des KTMA und der ARO eine Korrelation festgestellt werden. In Fällen bei denen in einem der beiden KTMA Werte eine pathologische Ausprägung bestand, konnte sich die ARO postoperativ nicht verbessern. Dieser Zusammenhang ist mit dem engen Zusammenhang der Rotatorenmanschetten Funktion und der Stellung des Tuberculum majus zu sehen. Dieser Punkt wurde in der Diskussion der klinischen Ergebnisse ausführlich erörtert.

In unserem Kollektiv war bei 24 Patienten (24,4%) eine dezentrierte Kopfkompone zu erkennen. Hierbei waren 4 Prothesen (16,7%) kranial und anterior, 18 (75%) nur kranial und je eine Prothese (je 4,2%) nur inferior und nur anterior dezentriert. In 2 Fällen (3%) konnten keine Daten erhoben werden. Ein Zusammenhang zwischen der Prothesenzentrierung und den klinischen Ergebnissen wurde in unserer Studie nicht untersucht.

Loew [67] untersucht in einer Verlaufsanalyse (n= 107 Patienten) über 10 Jahre die Dezentrierung des Humeruskopfes nach Implantation durch postoperative Migration. Dabei ließen sich funktionelle Unterschiede zwischen postoperativ zentrierten und dezentrierten Gelenken nachweisen. Der CS des Gesamtkollektivs verbesserte sich postoperativ auf 62 Punkte. Patienten mit Dezentrierung verbesserten sich jedoch nur auf 52,3 Punkte mit $p= 0,038$. Im gesamten Kollektiv wurden 17 (15,8%) Dezentrierungen festgestellt. Die Denzentrieungsrichtung war dabei 9 x ventral, 1 x dorsal, 6 x kranial und 1 x kaudal. Die Humeruskopfdezentrierung ist ein Hinweis auf eine muskuläre Dysbalance und Instabilität des Schultergelenks. Auffallend war in den dezentrierten Fällen ein Verlust der IRO, der durch eine Insuffizienz des M. subscapularis begründet wurde. [67]

In unserer Serie beträgt das durchschnittliche präoperative GTO 58,9 ($\pm 24,0$) % und das PO 19,6 ($\pm 18,2$) %. Postoperativ wurden die Werte mit 51,9 ($\pm 21,9$) % für das GTO und 20,5 ($\pm 17,1$) % für das PO bestimmt.

Tauber und Resch publizierten die Ergebnisse von 38 Patienten, die nach posttraumatischer Humeruskopfnekrose mit einer Humeruskopfprothese versorgt wurden. Präoperative absolute GTO-Werte von 13,6 mm (-16 - 26 mm) und relative GTO-Werte von 61% (von 72% bis 117%) wurden gemessen.

Präoperative absolute PO Werte von 2,5 mm (von -22 bis 10 mm) und relative PO Werte von 6% (von -50% bis 42%) wurden angegeben.

In unserer Studie war der Anteil der Patienten mit pathologischem GTO (von 88,1% auf 87,3%) und nicht pathologischem GTO (von 11,9% auf 12,7%) blieb im Vergleich der präoperativen und postoperativen Werte konstant.

In der vorliegenden Serie konnte bei postoperativer Vergrößerung des lateralen Offsets zu anatomischen Werten die FLEX und ABD (FLEX: von 88,8 ($\pm 33,7$)° auf 125,6 ($\pm 40,7$)° mit $p \leq 0,0001$; ABD: 70,8 ($\pm 33,7$)° auf 105,8 ($\pm 53,1$)° mit $p=0,002$) verbessert werden. Durch eine Verkleinerung des lateralen Offsets verändern sich die Werte nicht. Insgesamt verkleinerte sich das LGHO bei 7 Patienten. Dabei dreimal von physiologischen nach zu kleinen Werten und viermal von zu großen zu physiologischen Werten. Dieser Zusammenhang wird von Tauber und Resch mit der direkten Korrelation des LGHO mit dem präoperativen GTO erklärt. Dort korreliert das LGHO mit den klinischen Ergebnissen ($p < 0,01$). Weiter für unsere Studie relevante postoperative Parameter, die in dieser Studie vermessen wurden: AHA 9,2 mm, LGHO: 27,5 mm, Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand: 4,2 mm. [78]

Auch in unserer Studie korrelierte das präoperativ pathologische GTO mit dem lateralen Glenohumeralen Offset ($p= 0,001$). Es konnten keine Unterschiede des LGHO bezüglich der Schaftpositionierung gefunden werden. Jedoch bestand eine Korrelation zwischen dem postoperativen GTO und der Schaftposition (Varus: 63,7% und korrekte Position: 45%).

Wurden in unserer Studie präoperativ pathologische Werte des GTO gemessen, so konnten postoperativ fast alle klinischen und radiologischen Werte sowie das Bewegungsausmaß gesteigert werden.

Bei präoperativ 88,1% pathologischen Werten und einem durchschnittlichen GTO von 58,9% (Normwert: $45,9\% \pm 5\%$) verbesserten sich die GTO Werte postoperativ auf 51,9%, wobei hiervon auch 87,3% in den pathologischen Bereich fielen.

Ein Erklärungsansatz ist die Annäherung der präoperativ pathologischen Verhältnisse an physiologische Verhältnisse. Das GTO quantifiziert die Dislokation des Tuberculum majus. Im Mittelpunkt steht die Funktion des Tuberculum majus als Ansatzpunkt für die Rotatorenmanschette und somit auch dessen Funktion. Durch eine postoperative Annäherung steigen die funktionellen Parameter an. Die Gruppe mit präoperativ nicht pathologischen ($n=5$) GTO-Werten verbesserte sich unabhängig von den postoperativen Werten ebenfalls. Jedoch ist aufgrund der niedrigen Fallzahl keine Signifikanz zu erreichen. Tauber und Resch beschreiben, dass bei Patienten mit präoperativ annähernd anatomischen Verhältnissen gute funktionelle Resultate erzielt werden. [92]

Die Orientierung der Schaftachse kann bestimmte radiologische Parameter beeinflussen, die zur Bestimmung der Kopfgröße verwendet werden. [86]

Bei korrekter Schaftpositionierung wurden in unserer Studie verbesserte postoperative Ergebnisse in den meisten radiologischen und klinischen Parametern erreicht (CS: $36,0 (\pm 21,9)$ auf $66,1 (\pm 26,1)$ Punkte mit $p \leq 0,0001$; GTO von $62,9 (\pm 25,6)\%$ auf $45,0 (\pm 18,5)\%$ mit $p= 0,009$; FLEX von $96,6 (\pm 38,9)^\circ$ auf $126,4 (\pm 39,9)^\circ$ mit $p \leq 0,0001$; ABD von $75,2 (\pm 38,6)^\circ$ auf $107,1 (\pm 46,8)^\circ$ mit $p= 0,001$ und ARO von $20,5 (\pm 27,1)^\circ$ auf $37,1 (\pm 21,9)^\circ$ mit $p= 0,013$). Bei Varus-Fehlstellung des Schaftes blieben die Bewegungsausmaße konstant. Der CS verbesserte sich jedoch auch hier von präoperativ $29,2 (\pm 13,8)$ Punkten auf $57,1 (\pm 25,9)$ Punkte postoperativ mit $p= 0,001$. Ein Erklärungsansatz ist die anatomische Rekonstruktion des Schultergelenks, durch die Prothesenimplantation. Durch die korrekte Positionierung des Prothesenschaftes und somit des Prothesenkopfes ist es möglich das Rotationszentrum und eine physiologischen Bewegung des Schultergelenks zu erhalten. [84]

Das Einbringen der Prothese in der korrekten Achse ist in jedem Fall zu erstreben, um einen optimalen Profit für den Patienten zu erreichen.

Die ARO konnte nur verbessert werden, wenn sowohl die prä- und postoperativen KTMA Werte physiologisch waren. Die Situation mit präoperativ pathologischen Werten konnte in 24,5% zu anatomischen Werten verbessert werden. In 28,3% blieb der KTMA postoperativ anatomisch. In 47,2% war der Kalotten- Tuberculum- majus- Abstand postoperativ noch pathologisch. Die fehlende ARO bei einer Tuberculum Osteotomie, und somit präoperativer Fehlstellung, wurde unter anderen von Antuna 2002 [2] vorbeschrieben. Die ARO war postoperativ nur 27°, verglichen mit 44° bei Patienten ohne Fehlstellung. Ursächlich für die Korrelation der Gelenkfunktion mit der Stellung der Tubercula, ist die Insertation der Rotatorenmanschette. Somit ist bei einer pathologischen Stellung vor allem die ARO betroffen, da diese, bis auf den Pars spinalis des M. deltoideus, vor allem von der Rotatorenmanschette durchgeführt wird.

Antuna et al. (2002) [2] schlussfolgern, dass bei Patienten mit Dislokation des Tuberculum majus um mehr als 1,5 cm eine Osteotomie vollzogen werden muss. Die postoperativ erreichte FLEX und ARO mit Dislokation war geringer als in der Gruppe ohne Dislokation.

Mansat et al. (2004) [69] beschreiben die korrekte Positionierung der Prothese durch mehrere in a.p.- Aufnahme vermessene Parameter. Der Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand war postoperativ durchschnittlich 6,7 mm. Einfluss auf die klinischen Ergebnisse hatte dies nicht. Der postoperative AHA war 7mm (von 0-13mm) und hatte Einfluss auf die postoperative FLEX ($p < 0,01$). Das laterale glenohumerale Offset war postoperativ durchschnittlich 24,3mm (4-24 mm). Diese Parameter hatten keinen Einfluss auf die klinischen Werte.

Auch die biomechanische Wirkung einer Tuberculum Fehlstellung bei Vier-Fragment-Frakturen nach Prothesenimplantation, wurde von Frankle [29] evaluiert. Eine pathologische Platzierung der Tubercula führte zu unvermeidlicher Einschränkung der ARO.

Norris [83] beschreibt, dass er keinen Zusammenhang zwischen der Schaftpositionierung (gerade, varus und valgus) und den klinischen Resultaten findet. Ein Drittel der Komponenten wurde allerdings zu tief eingesetzt. Das heißt, dass der Abstand zwischen Tuberculum majus und der Kalotte zu gering war. Quantifiziert mit dem Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand wurde dies allerdings nicht. Vielmehr wurden diese Fälle revidiert und erlangten verbesserte Endresultate.

Aufhellungslinien entlang der implantierten Komponenten können Hinweise auf eine Prothesenlockerung darstellen. In vielen der Vergleichsstudien werden sie bei der radiologischen Auswertung evaluiert. In unserer Studie konnte bei 5 Patienten (7,4%) eine Aufhellungslinie

festgestellt werden. Diese trat im Durchschnitt 18,4 Monate postoperativ auf. Zwei Patienten hatten Aufhellungslinien am unzementierten Schaft, ein Patient am zementierten Schaft und zwei Patienten am zementierten Glenoid. Die festgestellten Linien zeigten im Verlauf keine Progredienz. Des Weiteren benötigte keiner dieser Patienten eine Revision. Ein Einfluss auf die klinischen Ergebnisse konnte nicht festgestellt werden.

Bosch [13] beschreibt bei 9 seiner 26 Patienten Aufhellungslinien, die sich vor allem am proximalen Prothesenschaft befanden. In keinem der Fälle waren diese breiter als 1 mm. Die Autoren betonen, dass die aufgetretenen Aufhellungslinien in keinem Fall mit einer klinischen Prothesenlockerung korrelierten. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Funktion noch mit der Intensität der Schmerzen und dem Auftreten von Aufhellungslinien festgestellt werden. Als ein Erklärungsansatz wird in der Literatur die Zementiertechnik als Ursache herangezogen [14].

In acht Fällen (28,6%) beschreibt Mansat [69] Aufhellungslinien im Bereich der Humerusschaftkomponente. Die Hauptlokalisierung befand sich vorwiegend unterhalb der Kopfkomponekte. Keine der beschriebenen Aufhellungslinien war über 1 mm breit, noch wurde im Verlauf ein Progress beschrieben.

Antuna [3] beschreibt in einem Patientenkollektiv von 50 Patienten, sieben (14%) Aufhellungslinien in der Region der Humeruskopfkomponekte und 12 (50%) Aufhellungslinien bei 24 implantierten Glenoidkomponenten. In einem Fall musste die Glenoidkomponente aufgrund einer hochgradigen Lysezone revidiert werden.

Es ist davon auszugehen, dass die radiologischen Parameter zur Evaluierung der präoperativen und postoperativen Situation verlässliche Aussagen über die klinischen Ergebnisse und Bewegungsradien zulassen. Jedoch muss die Gesamtsituation mit all ihren Einflussgrößen als Ganzes betrachtet werden. Die radiologischen Parameter sind aussagekräftige Quellen für den Chirurgen, die die operative Planung des Eingriffs und die Verlässlichkeit der Prognose für Bewegungsumfänge optimieren.

6. Schlussfolgerung

Die Hauptfragestellung, ob Patienten mit posttraumatischer Omarthrose von einer Prothesenimplantation mit einer anatomischen Prothese profitieren, wird im Rahmen dieser Studie klinisch evaluiert.

Hierbei konnten im Gesamtkollektiv reproduzierbare und verlässliche postoperative Steigerungen des Gesamtergebnisses festgestellt werden. Der CS stieg durchschnittlich von präoperativ 32,7 Punkten signifikant auf einen postoperativen Wert von 62,2 Punkten.

Ein weiteres Augenmerk sollte auf die Subgruppen gelegt werden, wobei hier Patienten mit höhergradigen Frakturen mit Tuberculumbeteiligung hervorzuheben sind. Sowohl extrakapsuläre als auch intrakapsuläre proximale Humerusfrakturen, nach der Klassifikation von Boileau [11], lassen sich durch die Arthroplastik mit der UniversTM-Prothese erfolgreich therapieren.

Jedoch konnte festgestellt werden, dass Patienten mit intrakapsulären Frakturen (Typ-I und -II) postoperativ bessere CS-Werte erreichten, als Patienten mit extrakapsulären Frakturen (Typ-III und -IV). Trotzdem erzielten auch Typ-III Frakturen gute postoperative Ergebnisse, welche in den Vergleichstudien meist die niedrigsten Scorewerte erzielten. [8][42][87][101]

Derzeit wird die standardmäßige Therapie der extrakapsulären Humerusfrakturen immer noch rege diskutiert. Patienten mit extrakapsulären Frakturen, die mit einer UNIVERSTTM-Prothese behandelt wurden, erzielten postoperativ gute CS-Werte und Bewegungsausmaße im betroffenen Gelenk. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass man bei selektierten Typ-III Frakturen durchaus mit einer anatomischen Prothese behandeln kann.

In dieser Studie wurde die Indikation zur Hemiendoprothese sehr streng gestellt. Es wurde gezeigt, dass Patienten mit intakter glenoidaler Gelenkfläche von einer Hemiendoprothese profitieren. Dies unterstreichen die gestiegenen CS-Werte, mit einem durchschnittlichen Gewinn von 26,4 Punkten auf 62,8 Punkte postoperativ. Bei fortgeschrittener Erosion der glenoidalen Gelenkfläche (ab A2), Klassifikation nach G. Walch, wurde diese bei allen Humeruskopf-Frakturtypen ersetzt und eine Totalendoprothese verwendet. Dies entspricht auch der Meinung anderer Autoren [2][11][83].

In der weiteren Subgruppenanalyse des Gesamtkollektivs und der einzelnen Frakturtypen konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der postoperativen Ergebnisse der Patienten mit HEP und TEP festgestellt werden.

Allgemein ist bekannt, dass sich die Weichteilsituation mit zunehmender Anzahl an Operationen verschlechtert. Die Wahrscheinlichkeit von Nervenverletzungen steigt, die Ausdehnung des Narbengewebes vergrößert sich und Muskelgewebe atrophiert. Der Einfluss der Voroperationen

konnte in der vorliegenden Studie beantwortet werden. Hierbei erreichten nicht voroperierte Personen, bei gleichen Ausgangs CS-Werten, postoperativ bessere CS-Werte als voroperierte Patienten. Jedoch profitieren beide erheblich von der Implantation der Univers™-Prothese. Demnach sollte bei Patienten mit fehlgeschlagener primärer Versorgung der Humeruskopffraktur frühzeitig die Indikation zur Prothesenimplantation gestellt werden, um die Anzahl weiterer Voroperationen vor der Implantation zu minimieren.

Betrachtet man nun die Komplikationsrate des Gesamtkollektivs dieser Studie, so liegt diese bei 10,3% und ist somit mit den in der Literatur angegebenen Werten vergleichbar [54][69].

Sekundärer Endpunkt ist die Identifizierung von prä- und postoperativen radiologischen Parametern, die einen Einfluss auf das klinische Ergebnis nach Prothesenimplantation haben. Hierbei konnte gezeigt werden, dass eine korrekte Schaftpositionierung maßgeblich zur postoperativen Funktion beiträgt. Bei Varus-Fehlstellung des Schaftes konnte keine Verbesserung des Bewegungsumfanges festgestellt werden. Wohingegen sich die klinischen Ergebnisse und Bewegungsausmaße des betroffenen Gelenks bei korrekter Prothesenstellung signifikant verbesserten.

Das Tuberculum majus, an welchem die Sehnen der Rotatorenmanschette inserieren, ist essentiell für die Beweglichkeit der Schulter. Eine wichtige Aufgabe der Rotatorenmanschette ist die ARO. Eine Dislokation des Tuberculum majus bei einer proximalen Humeruskopffraktur wird durch das GTO quantifiziert. Somit steht das GTO mit der Funktion des Schultergelenks fest in Verbindung. Bei präoperativ pathologischem GTO konnte durch die Wiederherstellung eines anatomischen GTO, mit Hilfe einer Arthroplastik mittels Univers™-Prothese eine signifikante Verbesserung der postoperativen klinischen und radiologischen Parameter erreicht werden.

7. Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die funktionellen und radiologischen Ergebnisse nach Hemiendoprothesen- und Totalendoprothesen-Implantationen bei posttraumatischer Omarthrose evaluiert.

Von November 1997 bis September 2006 wurden 68 Patienten mit posttraumatische Omarthrose operativ mit einer UniversTM-Prothese behandelt. In der Nachuntersuchung, durchschnittlich 24 Monate postoperativ, wurden die funktionellen Ergebnisse mittels CS und Bewegungsausmaß ausgewertet. In die Studie wurden insgesamt 36 Männer und 32 Frauen aufgenommen. Das Durchschnittsalter betrug 53,6 Jahre (31-84 Jahre).

Die Einteilung erfolgte anhand der Klassifikation für Fehlstellungen nach proximalen Humeruskopffrakturen nach Boileau. Darunter befanden sich 38 Typ-I-, 7 Typ-II-, 10 Typ-III-, 10 Typ-IV- und 3 Bankart Frakturen. Die Verteilung der Glenoid-Typen nach Walch war: 22 Typ A 1, ein Typ A 2, sechs Typ B 2 und sechs Typ B2. Die Beurteilung der funktionellen Ergebnisse erfolgte mit dem Bewertungsscore nach Constant und Murley.

Es wurden 35 Hemiendoprothesen (HEP) und 33 Totalendoprothesen (TEP) implantiert. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug der mittlere CS 62,2 Punkte und verbesserte sich um 29,5 Punkte. Es zeigte sich, dass alle Frakturtypen nach Boileau gute postoperative Ergebnisse erzielten. Beim Vergleich der intra- und extrakapsulären Frakturen erreichten Patienten mit intrakapsulären Frakturen signifikant bessere CS Werte, als Patienten mit extrakapsulären Frakturen.

Somit profitierten alle Patienten, von Typ-I bis -IV von der Endoprothesenimplantation. Vergleicht man die postoperativen Werte der HEP- und TEP-Patienten, so bekam man in beiden Gruppen gleich gute Ergebnisse. Dementsprechend ist diesbezüglich kein Unterschied zwischen den Studiengruppen festzustellen.

Es fanden sich Unterschiede in den funktionellen Resultaten in Abhängigkeit von Voroperationen an der betroffenen Schulter. Nicht voroperierte Patienten erzielten hierbei mit 72,4 Punkten, im Vergleich zu 56,9 Punkten bei voroperierten Patienten, ein deutlich besseres Ergebnis. Somit ist zu überlegen, ob die Indikation der Prothese frühzeitig zu stellen ist, bevor weitere Folgeoperationen die Anatomie noch weiter verändern und demzufolge die endgültige Prothesenimplantation erschweren. Patienten, bei denen sich der präoperative GTO-Wert in Richtung nicht pathologisch postoperativ vergrößerte, hatten einen signifikanten Zugewinn an Beweglichkeit, verglichen mit verkleinerten GTO Werten.

Allgemein konnten bei Fällen mit präoperativ pathologischem GTO, im Gegensatz zu nicht pathologischem GTO, die radiologischen und klinischen Ergebnisse verbessert werden. Die korrekte Schaftpositionierung ist essentiell für eine maximale Steigerung der Beweglichkeit, was die Ergebnisse von 42 Patienten zeigten. Bei 25 Varus- und Valgus-fehlgestellten Schäften konnte keine Verbesserung des Bewegungsausmaßes erzielt werden.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren bei den 68 Patienten insgesamt sieben (10,3%) Komplikationen zu verzeichnen. Ein Patient wurde aufgrund einer Supraspinatusruptur arthroskopisch revidiert. In einem weiteren Fall wurde eine Subskapularis Insuffizienz mit einem Pectoralis-Schwenklappen behoben. Eine Patientin wurde wegen einer Spätinfektion revidiert. Des Weiteren traten im postoperativen Verlauf drei Frozen Shoulder und eine Subskapularisinsuffizienz mit Humeruskopfhochstand auf. Sechs der sieben (8,8% der 68 Patienten) Komplikationen mussten revidiert werden.

Aus den Ergebnissen der Studie lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Der Constant-Score steigt durchschnittlich von präoperativ 32,7 Punkten signifikant auf einen postoperativen Wert von 62,2 Punkten.
- Extrakapsuläre und intrakapsuläre proximale Humerusfrakturen, nach der Klassifikation von Boileau [11], lassen sich durch die Arthroplastik mit der UniversTM-Prothese erfolgreich therapieren.
- Die Komplikationsrate liegt in dieser Studie bei 10,3% und ist somit mit denen in der Literatur angegebenen Werten vergleichbar [54][69].
- Patienten mit erhaltener glenoidaler Gelenkfläche profitieren von einer Hemiendoprothese. Dies unterstreichen die gestiegenen Constant-Score Werte mit einem durchschnittlichen Gewinn von 26,4 Punkten auf 62,8 Punkte postoperativ. Bei fortgeschrittener Erosion der glenoidalen Gelenkfläche, Klassifikation nach G. Walch, wird diese bei allen Humeruskopf-Frakturtypen ersetzt und eine Totalendoprothese verwendet. Dies entspricht der Meinung anderer Autoren [2][11][83].

- Zwischen den Ergebnissen der Hemi- und Totalendoprothese besteht kein signifikanter Unterschied. Die Selektion der Kandidaten für eine HEP wurde in unserem Kollektiv sehr streng gestellt. Ausschließlich Patienten mit A1 Glenoid erhielten eine HEP.
- Extrakapsuläre Humerusfrakturen, die mit einer UNIVERSTM-Prothese behandelt wurden, erzielten postoperativ gute Constant-Score Werte und Bewegungsausmaße. Selektierte Typ-III Frakturen können durchaus mit einer anatomischen Prothese behandelt werden.
- Patienten mit intrakapsulären Frakturen (Typ-I und -II) erreichten postoperativ bessere CS Werte, als Patienten mit extrakapsulären (Typ-III und -IV). Trotzdem erzielten auch Typ-III Frakturen gute postoperative Ergebnisse, welche in den Vergleichstudien meist den niedrigsten Score erzielten. [8][42][87][101]
- Bei nicht voroperierten Personen sind bei gleichem Ausgangswert postoperativ bessere Constant-Score Werte, als bei voroperierten Patienten festzustellen. Jedoch profitieren beide erheblich von der Implantation der UNIVERSTM-Prothese.
- Demnach sollten bei Patienten mit fehlgeschlagener primärer Versorgung proximaler Humeruskopffrakturen frühzeitig die Indikation zur Prothesenimplantation gestellt werden, um die Anzahl weiter Voroperationen vor der Implantation zu minimieren.
- Die korrekte Schaftpositionierung trägt maßgeblich zur postoperativen Funktion bei. Bei Varus-Fehlstellung des Schaftes konnte keine Verbesserung des Bewegungsumfanges festgestellt werden. Wohingegen sich die Ergebnisse bei korrekter Prothesenstellung signifikant verbessern.
- Bei präoperativ pathologischem GTO wird durch die Wiederherstellung eines anatomischen GTO, durch die Arthroplastik mit der UniversTM-Prothese, eine signifikante Verbesserung der klinischen und radiologischen Parameter erreicht.

8. Quellenangaben

- [1] J. Agel, C.B. Jones, A.G. Sanzone, M. Camuso, and M.B. Henley. Treatment of proximal humeral fractures with polarus nail fixation. *J Shoulder Elbow Surg*, 13(2):191–195, 2004.
- [2] S.A. Antuña, J.W. Sperling, J. Sánchez-Sotelo, and R.H. Cofield. Shoulder arthroplasty for proximal humeral malunions: long-term results. *J Shoulder Elbow Surg*, 11(2):122–129, 2002.
- [3] S.A. Antuña, J.W. Sperling, J. Sánchez-Sotelo, and R.H. Cofield. Shoulder arthroplasty for proximal humeral nonunions. *J Shoulder Elbow Surg*, 11(2):114–121, 2002.
- [4] J.A. Baron, J. Barrett, D. Malenka, E. Fisher, W. Kniffin, T. Bubolz, and T. Tosteson. Racial differences in fracture risk. *Epidemiology*, 5(1):42–47, Jan 1994.
- [5] J.V. Basmajian and F.J. Bazant. Factors preventing downward dislocation of the adducted shoulder joint. an electromyographic and morphological study. *J Bone Joint Surg Am*, 41-A:1182–1186, Oct 1959.
- [6] S. Baux. Proximal 4-part humerus fractures treated by antegrade nailing with self-stabilizing screws: 31 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 90(1):88; author reply 88, Feb 2004.
- [7] J.M. Björkenheim, J. Pajarinen, and V. Savolainen. Internal fixation of proximal humeral fractures with a locking compression plate: a retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. *Acta Orthop Scand*, 75(6):741–745, Dec 2004.
- [8] D.W. Altcheck-B. Moeckel B.M. Dines, R.F. Klarren. Posttraumatic changes of the proximal humerus: malunion, nonunion and osteonecrosis. treatment with modular hemiarthroplasty or total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 2:11–21, 1993.
- [9] N.D. Boardman, R.E. Debski, J.J. Warner, E. Taskiran, L. Maddox, A.B. Imhoff, F.H. Fu, and S.L. Woo. Tensile properties of the superior glenohumeral and coracohumeral ligaments. *J Shoulder Elbow Surg*, 5(4):249–254, 1996.
- [10] T.D. Boehm. *Die Schulter*, chapter Scores, pages 98–104. Thieme, Stuttgart, 2002.
- [11] P. Boileau, C. Chuinard, J.-C. Le Huec, G. Walch, and C. Trojani. Proximal humerus fracture sequelae: impact of a new radiographic classification on arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 442:121–130, Jan 2006.
- [12] P. Boileau, C. Trojani, G. Walch, S. G. Krishnan, A. Romeo, and R. Sinnerton. Shoulder arthroplasty for the treatment of the sequelae of fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 10(4):299–308, 2001.
- [13] U. Bosch, R.W. Fremerey, M. Skutek, P. Lobenhoffer, and H. Tscherne. Hemiarthroplasty—primary or secondary measure for 3- and 4-fragment fractures of the proximal humerus in the elderly? *Unfallchirurg*, 99(9):656–664, Sep 1996.
- [14] J. Brems. The glenoid component in total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 2(1):47–54, Jan 1993.
- [15] C.H. Brooks, W.J. Revell, and F.W. Heatley. Vascularity of the humeral head after proximal humeral fractures. an anatomical cadaver study. *J Bone Joint Surg Br*, 75(1):132–136, Jan 1993.
- [16] E.A. Codman. *The shoulder*, chapter Rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa, pages 262–293. 1934.
- [17] R.H. Cofield. Total shoulder arthroplasty with the neer prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 66(6):899–906, Jul 1984.

- [18] P. M. Connor and E. L. Flatow. Complications of internal fixation of proximal humeral fractures. *Instr Course Lect*, 46:25–37, 1997.
- [19] C. R. Constant, C. Gerber, R. J. H. Emery, J.O. Søjbjerg, F. Gohlke, and P. Boileau. A review of the constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg*, 17(2):355–361, 2008.
- [20] C. R. Constant and A. H. Murley. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*, (214):160–164, Jan 1987.
- [21] K. Damanakis, O. Schaal, J. Mann, and K.H. Müller. Modified treatment concept in fractures of the humeral head in elderly patients. *Unfallchirurg*, 99(8):561–568, Aug 1996.
- [22] A.F. DePalma. *Surgery of the shoulder*. A.F. DePalma, 1973.
- [23] D. Drenckhahn. *Anatomie Band 1 15.Auflage*, chapter Obere Extremität, pages 423–429. Urban & Schwarzenberg, 1994.
- [24] Thomas R Duquin, Justin A Jacobson, Joaquin Sanchez-Sotelo, John W Sperling, and Robert H Cofield. Unconstrained shoulder arthroplasty for treatment of proximal humeral nonunions. *J Bone Joint Surg Am*, 94(17):1610–1617, Sep 2012.
- [25] X.A. Duralde, E. Flatow, R.G. Pollock, G.P. Nicholson, E.B. Self, and L.U. Bigliani. Operative treatment of nonunions of the surgical neck of the humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 5(3):169–180, 1996.
- [26] A. Checroun F. Cuomo. Avoiding pitfalls and complications in total shoulder arthroplasty. *Orthop. Clin. North Am.*, 29 (3):507–18, 1998.
- [27] C.A. Jr. Rockwood F.A. Matsen, C.A. Thomas. *The Shoulder 2nd edition*, chapter Glenohumeral instability, pages 611–54. Rockwood Jr, C A and Matsen III, F A, 2004.
- [28] Philippe Favre, Beat Moor, Jess G Snedeker, and Christian Gerber. Influence of component positioning on impingement in conventional total shoulder arthroplasty. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 23(2):175–183, Feb 2008.
- [29] M.A. Frankle, D.P. Greenwald, B.A. Markee, L.E. Ondrovic, and W.E. Lee. Biomechanical effects of malposition of tuberosity fragments on the humeral prosthetic reconstruction for four-part proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 10(4):321–326, 2001.
- [30] M. Fuchs, A. Losch, and K. M. Stürmer. The cannulated blade plate 90 degrees for displaced proximal humeral fractures in elderly patients. *Zentralbl Chir*, 128(1):22–27, Jan 2003.
- [31] C. Gerber, A.G. Schneeberger, and T. S. Vinh. The arterial vascularization of the humeral head. an anatomical study. *J Bone Joint Surg Am*, 72(10):1486–1494, Dec 1990.
- [32] T.D. Gibb, J.A. Sidles, D.T. Harryman, K.J. McQuade, and F.A. Matsen. The effect of capsular venting on glenohumeral laxity. *Clin Orthop Relat Res*, (268):120–127, Jul 1991.
- [33] F. Gohlke, P. Daum, and C. Bushe. The stabilizing function of the glenohumeral joint capsule. current aspects of the biomechanics of instability. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 132(2):112–119, 1994.
- [34] F. Gohlke, E. Janssen, J. Leidel, B. Heppelmann, and J. Eulert. Histopathological findings in the proprioception of the shoulder joint. *Orthopäde*, 27(8):510–517, Aug 1998.
- [35] L.U. Bigliani G.P. Nicholson, E.L. Flatow. *Arthroplasty of the shoulder*, chapter Shoulder arthroplasty for proximal humeral fractures, pages 183–93. Friedman RJ, 1994.
- [36] J. Grifka and G. Heers. [shoulder endoprostheses—a special status in prosthesis implantation]. *Orthopäde*, 30(6):345, Jun 2001.

- [37] P. Habermeyer. *Schulterchirurgie 4.Auflage*. P. Habermeyer, 2010.
- [38] P. Habermeyer and L. Schweiberer. Fractures of the humeral head. conservative and surgical differential therapy. *Unfallchirurg*, 94(9):438–446, Sep 1991.
- [39] P. Habermeyer, Petra Magosch, and Sven Lichtenberg. Recentering the humeral head for glenoid deficiency in total shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*, 457:124–132, Apr 2007.
- [40] G. Engel, P. Habermeyer *Operative Orthopädie und Traumatologie: Surgical Technique for Total Shoulder Arthroplasty*, chapter Surgical Technique for Total Shoulder Arthroplasty, pages 339–364. Urban & Vogel, 2004.
- [41] R. J. Hawkins and P. Switlyk. Acute prosthetic replacement for severe fractures of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res*, (289):156–160, Apr 1993.
- [42] W.L. Healy, J.B. Jupiter, T.K. Kristiansen, and R.R. White. Nonunion of the proximal humerus. a review of 25 cases. *J Orthop Trauma*, 4(4):424–431, 1990.
- [43] R. Hente, J. Kampshoff, B. Kinner, B. Füchtmeier, and M. Nerlich. Treatment of dislocated 3- and 4-part fractures of the proximal humerus with an angle-stabilizing fixation plate. *Unfallchirurg*, 107(9):769–782, Sep 2004.
- [44] R. Hertel, A. Hempfing, M. Stiehler, and M. Leunig. Predictors of humeral head ischemia after intracapsular fracture of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 13(4):427–433, 2004.
- [45] Ralph Hertel. Fractures of the proximal humerus in osteoporotic bone. *Osteoporos Int*, 16 Suppl 2:S65–S72, Mar 2005.
- [46] M.H. Hessmann and P.M. Rommens. Osteosynthesis techniques in proximal humeral fractures. *Chirurg*, 72(11):1235–1245, Nov 2001.
- [47] J. Mallwitz Hille, A. Bethäuser. Schulterinstabilität -Äthiologie, pathogenese, klinik-(der sonographische instabilitätstest iii). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 84:469–80, 1996.
- [48] P. Hoffmeyer. The operative management of displaced fractures of the proximal humerus. *J Bone Joint Surg Br*, 84(4):469–480, May 2002.
- [49] S. M. Howell and B.J. Galinat. The glenoid-labral socket. a constrained articular surface. *Clin Orthop Relat Res*, (243):122–125, Jun 1989.
- [50] S.M. Howell and T.A. Kraft. The role of the supraspinatus and infraspinatus muscles in glenohumeral kinematics of anterior should instability. *Clin Orthop Relat Res*, (263):128–134, Feb 1991.
- [51] J.P. Ianotti. *Complex and revision problems in shoulder surgery*, chapter Malunions of the proximal humerus, pages 245–64. Warner JP, Ianotti JP, Gerber C, 1997.
- [52] J.R. Döhler J. Menk, A. Döbler. *Archiv für Chirurgie*, chapter Vaskularisation des Humerus, pages 123–127. 1997.
- [53] B. Ulrich J. Sombrowski, A. Ihmann. *Kongressband unfallchirurgischer Kongress "Honus reparandus" Dortmund*, chapter Die Hemiarthroplastiken der Versorgung der proximalen Mehrfragmentfraktur des Humerus Typ Neer III und IV beim ältern Menschen. 1997.
- [54] E. Wiedermann J.F. Löhr. *Schulterchirurgie*, chapter Pathologie und Pathomechanik der Schulter, pages 21–44. München, Jena, Urban und Fischer, 2002.
- [55] D. Berger J.J. Warner, D.N. Carborn. Dynamic capsuloligamentous anatomy of the glenohumeral joint. *J Shoulder Elbow Surg*, 2:99–105, 1993.
- [56] B.G. Frieman J.M. Fenlin Jr. Indications, technique, and results of total shoulder arthroplasty in osteoarthritis. *Orthop. Clin. North Am.*, 29:494–498, 1998.

- [57] P. Kannus, M. Palvanen, S. Niemi, J. Parkkari, M. Järvinen, and I. Vuori. Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly finnish persons: sharp increase in 1970-1998 and alarming projections for the new millennium. *Acta Orthop Scand*, 71(5):465–470, Oct 2000.
- [58] W.J. Kasperczyk, M. Engel, and H. Tscherne. 4-fragment fracture of the proximal upper arm. *Unfallchirurg*, 96(8):422–426, Aug 1993.
- [59] G. Kontakis, C. Koutras, T. Tosounidis, and P. Giannoudis. Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br*, 90(11):1407–1413, Nov 2008.
- [60] W. Köstler, P. C. Strohm, and N. P. Südkamp. New techniques for bone synthesis on the humerus. *Chirurg*, 73(10):969–977, Oct 2002.
- [61] W. Köstler, P. C. Strohm, and N. P. Südkamp. Proximal humerus fracture in advanced age. treatment with fixed angle plate osteosynthesis. *Chirurg*, 74(11):985–989, Nov 2003.
- [62] V. P. Kumar and P. Balasubramaniam. The role of atmospheric pressure in stabilising the shoulder. an experimental study. *J Bone Joint Surg Br*, 67(5):719–721, Nov 1985.
- [63] P. G. Laing. The arterial supply of the adult humerus. *J Bone Joint Surg Am*, 38-A(5):1105–1116, Oct 1956.
- [64] H. Lill, P. Hepp, T. Rose, K. König, and C. Josten. The angle stable locking-proximal-humerus-plate (lphp) for proximal humeral fractures using a small anterior-lateral-deltoid-splitting-approach - technique and first results. *Zentralbl Chir*, 129(1):43–48, Jan 2004.
- [65] S. Lippitt and F. Matsen. Mechanisms of glenohumeral joint stability. *Clin Orthop Relat Res*, (291):20–28, Jun 1993.
- [66] M.I. Loebenberg, D.A. Jones, and J.D. Zuckerman. The effect of greater tuberosity placement on active range of motion after hemiarthroplasty for acute fractures of the proximal humerus. *Bull Hosp Jt Dis*, 62(3-4):90–93, 2005.
- [67] M. Loew, M. Rickert, S. Schneider, and S. Heitkemper. [migration of shoulder prosthesis as a consequence of hemi- or total arthroplasty]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 143(4):446–452, 2005.
- [68] R. Loomer and B. Graham. Anatomy of the axillary nerve and its relation to inferior capsular shift. *Clin Orthop Relat Res*, (243):100–105, Jun 1989.
- [69] P. Mansat, M.R. Guity, Y. Bellumore, and M. Mansat. Shoulder arthroplasty for late sequelae of proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 13(3):305–312, 2004.
- [70] J. Mathews and P. Lobenhoffer. Results of the provision of unstable proximal humeral fractures in geriatric patients with a new angle stabilizing antegrade nail system. *Unfallchirurg*, 107(5):372–380, May 2004.
- [71] Lippitt S. Matsen F. *Practical evaluation and management of the shoulder*. Sanders, 1994.
- [72] G. Merolla, F. Di Pietto, S. Romano, P. Paladini, F. Campi, and G. Porcellini. Radiographic analysis of shoulder anatomical arthroplasty. *Eur J Radiol*, 68(1):159–169, Oct 2008.
- [73] Nicholas J Meyer, William T Pennington, and Dean W Ziegler. The glenoid center point: a magnetic resonance imaging study of normal scapular anatomy. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 36(4):200–202, Apr 2007.
- [74] T.W.F. Mittlmeier, H.-W. Stedtfeld, A. Ewert, M. Beck, B. Frosch, and G. Gradl. Stabilization of proximal humeral fractures with an angular and sliding stable antegrade locking nail (targon ph). *J Bone Joint Surg Am*, 85-A Suppl 4:136–146, 2003.

- [75] S.J. Tercedeor M.J. De la Hoz, C.P. Hernandez. Surgical treatment of three-part proximal humeral fractures. *Acta Orthop Belg*, 67:226–32, 2001.
- [76] Riand N. Levigne C. Walch G. Molé D., Roche O. *Shoulder arthroplasty*, chapter Cemented glenoid component: results in osteoarthritis and rheumatoid arthritis., pages 163–71. Springer New York, 1999.
- [77] H. F. Moseley and I. Goldie. The arterial pattern of the rotator cuff of the shoulder. *J Bone Joint Surg Br*, 45:780–789, Nov 1963.
- [78] M.Tauber, S.Karpik, N. Matis, M. Schwartz, and H. Resch. Shoulder arthroplasty for traumatic avascular necrosis: predictors of outcome. *Clin Orthop Relat Res*, 465:208–214, Dec 2007.
- [79] C. S. Neer. Displaced proximal humeral fractures. i. classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am*, 52(6):1077–1089, Sep 1970.
- [80] C. S. Neer, K. C. Watson, and F. J. Stanton. Recent experience in total shoulder replacement. *J Bone Joint Surg Am*, 64(3):319–337, Mar 1982.
- [81] C.S. Neer. *Shoulder reconstruction*, chapter Glenohumeral arthroplasty, pages 143–269. Neer CS II, 1990.
- [82] C.S. II Neer. Nonunion of the surgical neck of the humerus. *Orthop Trans*, 7:389, 1983.
- [83] T. R. Norris, A. Green, and F. X. McGuigan. Late prosthetic shoulder arthroplasty for displaced proximal humerus fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 4(4):271–280, 1995.
- [84] Richard W Nyffeler, Ralph Sheikh, Hilaire A C Jacob, and Christian Gerber. Influence of humeral prosthesis height on biomechanics of glenohumeral abduction. an in vitro study. *J Bone Joint Surg Am*, 86-A(3):575–580, Mar 2004.
- [85] S. J. O’Brien, M. C. Neves, S. P. Arnoczky, S. R. Rozbruck, E. F. Dicarolo, R. F. Warren, R. Schwartz, and T. L. Wickiewicz. The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. *Am J Sports Med*, 18(5):449–456, 1990.
- [86] Robert M Orfaly, Charles A Rockwood, Cem Zeki Esenyel, and Michael A Wirth. A prospective functional outcome study of shoulder arthroplasty for osteoarthritis with an intact rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg*, 12(3):214–221, 2003.
- [87] C. Trojani R. Sinnerton A.A. Romeo B. Veneau P. Boileau, G. Walch. *Shoulder arthroplasty*, chapter Sequelae of fractures of the proximal humerus: surgical classification and limits of shoulder arthroplasty, pages 349–58. Berlin: Springer- Verlag, 1999.
- [88] W. Pfuhl. *Gegenbauers Morph Jahrbuch 73*, chapter Das subacromiale Nebengelenk des Schultergelenks, pages 300–45. 1933.
- [89] M. Plecko and A. Kraus. Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate. *Oper Orthop Traumatol*, 17(1):25–50, Feb 2005.
- [90] R. Putz. *Schulterchirurgie*, chapter Topographie und funktionelle Anatomie des Schultergürtels und des Schultergelenkes, pages 1–21. Urban und Schwarzenberg München- Wien- Baltimore, 1996.
- [91] S. Rasmussen, I. Hvass, J. Dalsgaard, B. S. Christensen, and E. Holstad. Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment. *Injury*, 23(1):41–43, 1992.
- [92] H. Resch. Fractures of the humeral head. *Unfallchirurg*, 106(8):602–617, Aug 2003.
- [93] D. D. Robertson, J. Yuan, L. U. Bigliani, E. L. Flatow, and K. Yamaguchi. Three-dimensional analysis of the proximal part of the humerus: relevance to arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*, 82-A(11):1594–1602, Nov 2000.
- [94] C. A. Rockwood. The technique of total shoulder arthroplasty. *Instr Course Lect*, 39:437–447, 1990.

- [95] S. H. Rose, L. J. Melton, B. F. Morrey, D. M. Ilstrup, and B. L. Riggs. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*, (168):24–30, Aug 1982.
- [96] S. Ruchholtz and D. Nast-Kolb. Humeral head fractures. *Unfallchirurg*, 106(6):498–512; quiz 512–3, Jun 2003.
- [97] W. Russe. Endoprosthetic possibilities in bone tumors. *ZFA (Stuttgart)*, 58(29):1569–1573, Oct 1982.
- [98] B. Hillrichs R. Giers V. Echtermeyer S. Bartsch, S. Hullmann. Die osteosynthese der dislozierten humeruskopffraktur mit der winkelstabilen proximalen oberarm-platte. *Akt Traumatol*, 31:64, 2001.
- [99] V. Echtermeyer S. Bartsch. Osteosyntheseverfahren bei dislozierten proximalen humerusfrakturen. *Trauma & Berufskrankheit*, 5:1–10, 2003.
- [100] J. Sanchez-Sotelo, S. W. O’Driscoll, M. E. Torchia, R. H. Cofield, and C. M. Rowland. Radiographic assessment of cemented humeral components in shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg*, 10(6):526–531, 2001.
- [101] M. Scheck. Surgical treatment of nonunions of the surgical neck of the humerus. *Clin Orthop Relat Res*, (167):255–259, Jul 1982.
- [102] Zilles Schiebler, Schmidt. *Anatomie 9., komplett bearbeitete Auflage*. Springer-Verlag GmbH, 2004.
- [103] A. Schittko and A. Rüter. Proximal humeral fracture in the elderly. primary head replacement as one alternative. *Chirurg*, 74(11):990–993, Nov 2003.
- [104] B.F. Morrey D.M. Ilstrup B.L. Riggs S.H. Rose, L.J. Melton. Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop*, 168:24–30, 1982.
- [105] R. Szyszkowitz. Fractures of the proximal humerus. *Unfallchirurg*, 102(6):421, Jun 1999.
- [106] M. Müller-Gerbl T. Tischer, H. Anetzberger and Imhoff. Arthroskopisch relevante antamonie der schulterinstabilität. *Arthroskopie*, 17, Number 3:133–38, 2004.
- [107] K. Takase. Therapeutic results of the proximal humeral neck fractures. *Clin Calcium*, 13(10):1317–1322, Oct 2003.
- [108] M. W. Tanner and R. H. Cofield. Prosthetic arthroplasty for fractures and fracture-dislocations of the proximal humerus. *Clin Orthop Relat Res*, (179):116–128, Oct 1983.
- [109] M. Thomas, O. Dieball, and M. Busse. Normal values of the shoulder strength in dependency on age and gender—comparison with the constant, ucla, ases scores and sf36 health survey. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 141(2):160–170, 2003.
- [110] W.M. Murphy T.P. Rüedi. *AO Prinzipien des Frakturmanagements*. Stuttgart: Thieme-Verlag, 2002.
- [111] D. Bovill T.R. Norris, J.A. Turner. *Surgery of the shoulder*, chapter Nonunion of the upper humerus: an analysis of the etiology and treatment in 28 cases, pages 63–67. St. Louis: Mosby, 1990.
- [112] S. J. Turkel, M. W. Panio, J. L. Marshall, and F. G. Girgis. Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am*, 63(8):1208–1217, Oct 1981.
- [113] C. T. Vangsness, M. Ennis, J. G. Taylor, and R. Atkinson. Neural anatomy of the glenohumeral ligaments, labrum, and subacromial bursa. *Arthroscopy*, 11(2):180–184, Apr 1995.
- [114] G. Walch, R. Badet, A. Boulahia, and A. Khoury. Morphologic study of the glenoid in primary glenohumeral osteoarthritis. *J Arthroplasty*, 14(6):756–760, Sep 1999.

- [115] KC Watson. *Shoulder replacement*, chapter Indications and considerations of shoulder replacement in posttraumatic conditions, pages 129–33. Springer-Verlag GmbH Berlin, 1987.
- [116] A. Werner, T. Mueller, D. Boehm, and F. Gohlke. The stabilizing sling for the long head of the biceps tendon in the rotator cuff interval. a histoanatomic study. *Am J Sports Med*, 28(1):28–31, 2000.
- [117] D. Wessinghage. Themistocles gluck. 100 years artificial joint replacement. *Z Orthop Ihre Grenzgebiete*, 129(5):383–388, 1991.
- [118] A. J. Wijnman, W. Roolker, T.W. Patt, E.L.F.B. Raaymakers, and R.K. Marti. Open reduction and internal fixation of three and four-part fractures of the proximal part of the humerus. *J Bone Joint Surg Am*, 84-A(11):1919–1925, Nov 2002.
- [119] P. Wretenberg and A. Ekelund. Acute hemiarthroplasty after proximal humerus fracture in old patients. a retrospective evaluation of 18 patients followed for 2-7 years. *Acta Orthop Scand*, 68(2):121–123, Apr 1997.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Neer-II-Prothese.....	3
Abbildung 2: Die Sicherung des Glenohumeral-Gelenks durch die Ligamenta glenohumeralia.....	5
Abbildung 3: Die Arterielle Versorgung des Humeruskopfes [89].....	7
Abbildung 4: Rotatorenmanschette und die glenoidale Gelenkfläche	11
Abbildung 5: AO Klassifikation der proximalen Humerusfrakturen [58]	14
Abbildung 6: Neer-Klassifikation der proximalen Humerusfrakturen [79]	15
Abbildung 7: Modifikation der Neer Klassifikation nach Habermeyer [37]	16
Abbildung 8: Das „LEGO“ Einteilungssystem der proximalen Humerusfrakturen nach Hertel [44].....	17
Abbildung 9: Posttraumatische Fehlstellungen des proximalen Humerus:.....	18
Abbildung 10: Glenoidklassifikation nach Walch [114].....	19
Abbildung 11: Humerus Frakturklassifikation nach Codeman [60][61]	21
Abbildung 12: Constant-Score: FLEX 135°	26
Abbildung 13: Constant-Score: ABD	26
Abbildung 14: Constant-Score: IRO	26
Abbildung 15: Constant-Score: ARO	26
Abbildung 16: Kraftmessung mit dem Isobex mit 90° abduziertem (a) und 30° nach vorne geneigtem (b) Arm	27
Abbildung 17: Röntgentraumaserie: (a) true-a.-p.-Aufnahme; (b) Scapula-Y-Aufnahme; (c) axiale Aufnahme; (d) Velpeau-Aufnahme [37]	29
Abbildung 18: a: Radiolucent Zonen der Humeruskomponente und b: Radiolucent Zonen der Glenoidkomponente [72]	31
Abbildung 19: Schematische Darstellung des Humerus in der a.p.-Aufnahme. Definition der Messpunkte, aus denen das LGHO, KTMA und AHA errechnet werden kann (siehe Aufzählung) [107]	32
Abbildung 20: Messmethode des Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand in der	33
Abbildung 21: Bestimmung des Greater-Tuberosity-Offset am proximalen Humerus [78]	34
Abbildung 22: Bestimmung des Posterioren-Offsets (PO) und Messung der ITD am proximalen Humerus [78]	35
Abbildung 23: Dreidimensionale UNIVERS™-Prothese: (Arthrex, Karlsfeld).....	37
Abbildung 24: A: Stufenloser Winkeladapter der Inklination und B: Ante- und Retroversion	38
Abbildung 25: exzentrisch positionierter Kugelmechanismus des Kalottenträgers.....	39
Abbildung 26: Zementfreie Glenoidkomponente 1. Metal-back 2. Hohlschraube 3. PE- Einsatz.....	40
Abbildung 27: UHMW-PE-Glenoidkomponente zur zementierten Implantation.....	41
Abbildung 28: Beachchair Lagerung	42
Abbildung 29: Seitenverteilung der Frakturen des Gesamtkollektivs	48
Abbildung 30: Verteilung der Patient nach der Frakturklassifikation von Boileau	49
Abbildung 31: Anzahl der Patienten absolut, eingeteilt in die fünf Pfannentypen nach Walch. Subgruppenunterteilung in HEP und TEP.....	50
Abbildung 32: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse des Gesamtkollektivs	51

Abbildung 33: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße des gesamten Kollektivs	52
Abbildung 34: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der HEP-Patienten	53
Abbildung 35: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der HEP-Patienten	54
Abbildung 36: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der TEP-Patienten	55
Abbildung 37: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der TEP-Patienten	56
Abbildung 38: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der HEP und TEP-Patienten	57
Abbildung 39: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der HEP und TEP-Patienten	57
Abbildung 40: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau	58
Abbildung 41: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau.....	59
Abbildung 42: Vergleich der prä- und postoperativen CS- Ergebnisse der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau	60
Abbildung 43: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau.....	61
Abbildung 44: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau	62
Abbildung 45: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau	63
Abbildung 46: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	64
Abbildung 47: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	64
Abbildung 48: Vergleich der postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	65
Abbildung 49: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau, unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	66
Abbildung 50: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau	67
Abbildung 51: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau	68
Abbildung 52: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau	69
Abbildung 53: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau	70

Abbildung 54: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau	71
Abbildung 55: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau	72
Abbildung 56: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau	73
Abbildung 57: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau	74
Abbildung 58: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Voroperationen	75
Abbildung 59: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Voroperationen	76
Abbildung 60: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten ohne Voroperationen	78
Abbildung 61: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten ohne Voroperationen	79
Abbildung 62: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit und ohne Voroperation	80
Abbildung 63: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit und ohne Voroperation	81

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewegungsausmaß des Glenohumeralgelenks [23].....	9
Tabelle 2: Constant und Murley Score [19][20].....	26
Tabelle 3: Alters- und geschlechtsnormierter CS.....	27
Tabelle 4: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse des Gesamtkollektivs	50
Tabelle 5: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße des gesamten Kollektivs	51
Tabelle 6: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der HEP-Patienten ..	52
Tabelle 7: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der HEP- Patienten	53
Tabelle 8: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der TEP-Patienten ...	54
Tabelle 9: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der TEP- Patienten	55
Tabelle 10: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ- I Frakturen nach Boileau	58
Tabelle 11: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau.....	59
Tabelle 12: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ- III Frakturen nach Boileau	60
Tabelle 13: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-III Frakturen nach Boileau.....	61
Tabelle 14: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Typ- IV Frakturen nach Boileau	62
Tabelle 15: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße in Grad der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau	63
Tabelle 16: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau.....	69
Tabelle 17: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intrakapsulären Frakturen nach Boileau	70
Tabelle 18: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau	71
Tabelle 19: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit extrakapsulären Frakturen nach Boileau	72
Tabelle 20: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau	73
Tabelle 21: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit intra- und extrakapsulären Frakturen nach Boileau	74
Tabelle 22: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit Voroperationen	75
Tabelle 23: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Voroperationen	76
Tabelle 24: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten ohne Voroperationen	77

Tabelle 25: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten ohne Voroperationen	78
Tabelle 26: Vergleich der prä- und postoperativen CS-Ergebnisse der Patienten mit und ohne Voroperation	79
Tabelle 27: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit und ohne Voroperation	81
Tabelle 28: Anzahl der Patienten (in %) mit pathologischen und nicht pathologischen Ausprägungen der radiologischen Parameter. Vergleich der präoperativen und postoperativen Werte	87
Tabelle 29: Radiologische Parameter im Vergleich: präoperativ und postoperativ	87
Tabelle 30: Zusammenfassung der postoperativen Veränderung der ARO bei HEP Patienten in den Vergleichsstudien der Literatur	96
Tabelle 31: Vergleich der präoperativen Constant-Score Ergebnisse der	129
Tabelle 32: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der.....	129
Tabelle 33: Vergleich der präoperativen Bewegungsausmaße der	129
Tabelle 34: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der.....	129
Tabelle 35: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	130
Tabelle 36: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	130
Tabelle 37: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	130
Tabelle 38: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße (in Grad) der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP	130
Tabelle 39: Vergleich der prä- und postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau	131
Tabelle 40: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau	131

11. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria	LGHM	Ligamentum glenohumerale medius
a.p.	anterior-posterior	Lig.	Ligamentum
Abb.	Abbildung	LWK	Lendenwirbelkörper
ABD	Abduktion	M.	Musculus
ADL	Aktivitäten des täglichen Lebens	med.	medial
AHA	Acromio-humeraler-Abstand	Mm.	Musculi
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen	mm	Millimeter
ARO	Außenrotation	MRT	Magnetresonanztomographie
C3	Cervikalwirbel 3	MTT	Medizinische Trainingstherapie
cm	Centimeter	N.	Nervus
CS	Constant Score	PE	Polyetylen
CS gew.	Constant Score gewichtet	PO	Posteriores-Offset
CT	Computertomographie	post-OP	postoperativ
FLEX	Flexion	prä-OP	präoperativ
GHL	Glenohumerale Bänder	Proc.	Processus
GTO	Greater-tuberosity Offset	RLL	Radiolucent lines
h	Stunde	ROM	Range of motion
HEP	Hemiendoprothese	SGHL	Ligamentum glenohumerale superius
IGHL	Ligamentum glenohumerale inferius	Tab.	Tabelle
IRO	Innenrotation	TEP	Totalendoprothese
kg	Kilogramm	Tub.	Tuberculum
KTMA	Kalotten-Tuberculum-majus-Abstand	V.	Vena
lat.	lateral	vor-OP	Voroperation
LGHO	Laterales glenohumerales Offset		

12. Anhang

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
TEP prä-OP	37,88	30,00	5,58	7,46	13,04	4,33
HEP prä-OP	45,78	36,43	6,53	8,39	17,67	3,48
p-Wert	0,085	0,071	0,422	0,264	0,045	0,776

Tabelle 31: Vergleich der präoperativen Constant-Score Ergebnisse der HEP und TEP-Patienten

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
TEP post-OP	78,21	61,54	13,09	14,5	23,31	8,74
HEP post-OP	79,44	62,84	12,34	15,13	25	7,54
p-Wert	0,84	0,682	0,45	0,58	0,38	0,43

Tabelle 32: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der HEP und TEP-Patienten

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
TEP prä-OP	92,86	71,73	21,15
HEP prä-OP	103,27	75,38	23,04
p-Wert	0,459	0,427	0,888

Tabelle 33: Vergleich der präoperativen Bewegungsausmaße der HEP und TEP-Patienten

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
TEP post-OP	113,75	95,18	32,86
HEP post-OP	126,47	108,24	36,97
p-Wert	0,17	0,25	0,39

Tabelle 34: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der HEP und TEP-Patienten

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau I HEP post-OP	83,42	65,77	13	15,94	26,94	6,76
Boileau I TEP post-OP	82,24	68,01	13,33	16	27,33	9,9
p-Wert	1	1	0,823	0,615	0,728	0,123

Tabelle 35: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau I HEP post-OP	134,44	112,22	40,56
Boileau I TEP post-OP	125,33	100,33	36,67
p-Wert	0,424	0,374	0,62

Tabelle 36: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

	CS Gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau IV HEP post-OP	78,42	56,17	12,75	13	19,33	4,97
Boileau IV TEP post-OP	61,13	46,95	12,2	10	15,6	3,75
p-Wert	0,465	0,331	0,773	0,465	0,409	0,18

Tabelle 37: Vergleich der postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau IV HEP post-OP	105	91,67	15
Boileau IV TEP post-OP	80	60	8,75
p-Wert	0,454	0,198	0,513

Tabelle 38: Vergleich der postoperativen Bewegungsausmaße (in Grad) der Patienten mit Typ-IV Frakturen nach Boileau unterteilt in die Prothesensubgruppen HEP und TEP

	CS gewichtet (%)	Gesamt CS (Punkte)	Schmerz (Punkte)	ADL (Punkte)	ROM (Punkte)	Kraft (Punkte)
Boileau I prä-OP	38,40	30,29	6,3	7,32	13,44	3,55
Boileau IV prä-OP	32,96	25,35	4,929	7,43	11,57	0,94
p-Wert	0,398	0,33	0,194	0,765	0,551	0,255
Boileau I post-OP	84,87	66,93	13,17	15,97	27,14	8,4396
Boileau IV post-OP	70,56	51,98	12,5	11,64	17,64	4,66
p-Wert	0,172	0,045	0,674	0,017	0,01	0,231

Tabelle 39: Vergleich der prä- und postoperativen Constant-Score Ergebnisse der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau

	FLEX (in °)	ABD (in °)	ARO (in °)
Boileau I prä-OP	95,97	72,07	23,62
Boileau IV prä-OP	91,43	56,43	29,29
p-Wert	0,447	0,151	0,52
Boileau I post-OP	130,3	106,82	38,79
Boileau IV post-OP	95	79	12,5
p-Wert	0,021	0,057	0,0001

Tabelle 40: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungsausmaße der Patienten mit Typ-I und Typ-IV Frakturen nach Boileau

13. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich von ganzem Herzen bedanken bei:

Herrn Prof. Dr. med. habil. P. Habermeyer, Praxis für Schulter- und Ellenbogenchirurgie, Atos Praxisklinik Heidelberg, für die freundliche Überlassung des Themas und Hilfestellung beim Erstellen der Dissertation. Darüber hinaus bedanke ich mich herzlichst für Ihre aufrichtige Unterstützung in persönlicher und beruflicher Hinsicht.

Frau Dr. med. P. Magosch, Praxis für Schulter- und Ellenbogenchirurgie, Atos Praxisklinik Heidelberg, für die profunde wissenschaftliche Betreuung und geduldige Begleitung der Dissertation. Danke für Ihre Unterstützung bei allen fachlichen Fragen, Ihr Engagement bei den Korrekturarbeiten und Ihre vielen Anregungen.

Den Patienten der Studie, die durch Ihre Teilnahme diese Arbeit erst ermöglicht haben.
Meinen Freunden und Familie, die in der Zeit, in der diese Arbeit entstanden ist immer für mich da waren.

Meinen Großeltern Waltraud und Walter Braun, für Ihre liebevolle Begleitung jeder meiner Schritte, die den Weg zu dieser Arbeit möglich gemacht haben.

Meiner Großmutter Ruth Adeberg, für die ebenfalls liebevolle Unterstützung in allen meinen Lebensabschnitten. Meinem Großvater Hans Joachim Adeberg, der sicher stolz auf mich ist.

Meinem Bruder Niklas, der für mich alles ist.

Meinen Eltern Elke und Kay Adeberg, denen ich diese Arbeit widme, für Ihre bedingungslose Liebe und aufopferungsvolle Unterstützung, ohne die das erfolgreiche Studium und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären.

Gott, der mich leitet und mir die Kraft für diese Arbeit gegeben hat.

14. Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit ausdrücklich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Heidelberg, 15.04.2013

Sebastian Adeberg