



Fakultät für Medizin

Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. R. von Eisenhart-Rothe)

Der modulare proximale Humerusersatz
Modular-München-Lübeck (MML): klinische, radiologische und
funktionelle Ergebnisse

Andreas Hanns Woischke

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. R. H. H. Burgkart
2. Univ.-Prof. Dr. R. von Eisenhart-Rothe

Die Dissertation wurde am 25.08.2015 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 13.07.2016
angenommen.

1. Einleitung
 - 1.1. Motivation
 - 1.2. Fragestellung
2. Grundlagen
 - 2.1. Anatomie der Schulter
 - 2.1.1. Clavicula
 - 2.1.2. Humerus
 - 2.1.3. Skapula
 - 2.1.4. Rotatorenmanschette
 - 2.1.5. Bänder, Kapseln, Schleimbeutel
 - 2.1.6. Arterielle Versorgung
 - 2.1.7. Innervation
 - 2.2. Anatomischer Ablauf der Schulterbewegungen
 - 2.2.1. Abduktion
 - 2.2.2. Adduktion
 - 2.2.3. Rotation
 - 2.2.4. Ante- / Retroversion
 - 2.3. Grundlagen der Schulterendoprothetik
 - 2.3.1. Geschichte der Schulterprothese
 - 2.3.2. Vier Generationen der Standardschaft-Prothesen
 - 2.3.3. Bipolare Prothesen
 - 2.3.4. Cup-Prothesen
 - 2.3.5. Inverse Prothesen
 - 2.3.6. Zementierte oder nicht zementierte Verankerung
 - 2.3.7. Pfannenersatz
 - 2.3.8. Schulterprothesen mit modularem Aufbau
 - 2.3.9. Tumor-/Revisions-Prothese ESKA-MML®
3. Material und Methoden
 - 3.1. Patientenkollektiv
 - 3.1.1. Einschlusskriterien
 - 3.1.2. Geschlechts-, Seiten-, Altersverteilung
 - 3.1.3. Häufigkeitsverteilung der Tumoren im Patientengut
 - 3.2. Übersicht über die relevanten Tumoren und Metastasen des proximalen Humerus im untersuchten Krankengut
 - 3.2.1. Gutartige Tumoren
 - 3.2.2. Bösartige Tumoren
 - 3.2.3. Knochenmetastasen
 - 3.3. Diagnostik
 - 3.4. Therapie
 - 3.4.1. Operationsmethoden
 - 3.4.2. Extremitäten erhaltende Maßnahmen
 - 3.4.3. Amputation
 - 3.4.4. Autogene / Autologe Transplantate
 - 3.4.5. Allogene/ Homologe Transplantate

- 3.4.6. Xenogene / Heterologe Transplantate
- 3.4.7. Kombinierte Arthroplastik (Composite Auto-/Allograft)
- 3.4.8. Transfer der Clavicula
- 3.4.9. Tumorprothesen
- 3.4.10. Chemo- und Strahlentherapie
- 3.5. Behandlungsverlauf
 - 3.5.1. Indikationen
 - 3.5.2. Operationsbeschreibung der Implantation einer MML-Schulter-Prothese
 - 3.5.3. Rehabilitation
- 3.6. Nachuntersuchung
 - 3.6.1. Bewegungsausmaße
 - 3.6.2. Klinische Tests
 - 3.6.3. MSTS-Score
 - 3.6.4. Simple-Shoulder-Test
 - 3.6.5. Kraftgrade
 - 3.6.6. Röntgen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1. Klinische Untersuchung
 - 4.1.1. Bewegungsausmaße nach Neutral-Null-Methode
 - 4.1.2. Klinische Tests
 - 4.1.3. Resektionslängen
 - 4.1.4. Armlängen
 - 4.1.5. Kraftgrade
 - 4.1.6. MSTS-Score
 - 4.1.7. Simple-Shoulder-Test
 - 4.2. Röntgenbefunde
 - 4.3. Komplikationen
 - 4.3.1. Kein Rezidiv
 - 4.3.2. Infekte
 - 4.3.3. Keine Luxation
 - 4.4. Verstorbene Patienten
- 5. Diskussion
- 6. Zusammenfassung
- 7. Limitationen
- 8. Ausblick
- 9. Verzeichnisse
 - 9.1. Literaturverzeichnis
 - 9.2. Abkürzungsverzeichnis
 - 9.3. Abbildungsverzeichnis
 - 9.4. Tabellenverzeichnis
- 10. Danksagung
- 11. Anhang
 - 11.1. Fragebögen

1. Einleitung

1.1. Motivation

Durch maligne Tumoren im proximalen Bereich des Humerus entstehen nach Tumorresektionen Knochendefekte, die mittels Knochentransplantation, Tumorprothesen oder andere Alternativen rekonstruiert werden können. „Der proximale Humerus ist der dritthäufigste Entstehungsort von Osteosarkomen, der häufigste aller primären Knochensarkome und eine häufige Lokalisation von Metastasen.“ [75]

Aufgrund der verschiedenen Arten und Lokalisationen der Tumoren, die nach dem „Musculoskeletal Tumor Staging System“ (MSTS) erfasst werden, gibt es diverse Möglichkeiten der Resektion und der Wiederherstellung des betroffenen Gebietes bzw. des Gelenkes. Vor wenigen Jahrzehnten wurden bei malignen Tumoren meist Amputationen der Extremitäten als Therapiemaßnahmen durchgeführt, mit denen die Fünf-Jahres-Überlebensrate unter 20% lag [28]. Heutzutage werden aufgrund der Fortschritte in der Medizin durch alternative operative Therapien sowie adjuvante und neoadjuvante Chemo- und Strahlentherapie bessere klinisch-funktionelle Ergebnisse mit höheren Überlebensraten erzielt. Amputationen sind als primäre Therapie bei Osteosarkomen eher selten geworden. Durch eine primäre Tumorresektion, bei der eine vollständige Entfernung des Tumors angestrebt wird, werden gleichwertige Ergebnisse erzielt. Gliedmaßen erhaltende Maßnahmen sind aus diesem Grund in letzter Zeit gegenüber der Amputation bzw. Exartikulation zunehmend favorisiert. In einer Zehnjahresstudie von Delepine et al. konnten beispielsweise 96% von 240 Knochensarkomen durch eine Gliedmaßen erhaltende Chirurgie ohne großes Risiko von Lokalrezidiven reseziert werden. [16]

Neben der Steigerung der Überlebensrate ist aber auch die postoperative Funktionalität der erhaltenen Extremität ein wichtiges Kriterium, das mitbeurteilt werden muss. Um eine Extremität zu erhalten, muss als höchste Priorität gewährleistet sein, dass der Tumor vollständig reseziert wird und dass dann, je nach onkologischem Ausmaß, eine passende Rekonstruktion des entstandenen Defektes durchgeführt wird.

Das Ziel der Rekonstruktionen ist immer die funktionelle Wiederherstellung der knöchernen Kontinuität, die dem Patienten eine baldmöglichste und dauerhafte Nutzung seines Armes ermöglicht. Zu den Rekonstruktionsverfahren gehört der proximale Humerusersatz Modular-München-Lübeck (MML), zu dem jedoch nur wenige Angaben in der Literatur vorliegen. Aus diesem Grund soll in dieser Studie das Patientenkollektiv der Klinik für Orthopädie des Klinikums Rechts der Isar München analysiert werden.

Im Zeitraum zwischen 1996 und 2007 wurden insgesamt 36 Tumor-Patienten mit einem proximalen Humerusersatz Typ MML in der Orthopädischen Klinik des Klinikums Rechts der Isar versorgt. Bei all diesen Patienten war wegen des Tumorleidens eine operative Resektion der Neubildung notwendig geworden und auf Grundlage der präoperativen Untersuchungen die Indikation zur anschließenden Implantation dieses Ersatzes gestellt worden.

In die Nachuntersuchung eingeschlossen wurden Patienten mit Neubildungen im Bereich des proximalen Humerus, die o.g. proximalen Humerusersatz implantiert bekommen hatten. Die Implantation muss zum Einschluss mindestens 2 Jahre zuvor erfolgt sein, um ein ausreichendes Einwachsen und genügenden Wiederaufbau der Muskulatur zu gewährleisten. Nicht nachuntersucht wurden Patienten, die die Prothese nicht aufgrund eines Tumorleidens bekommen hatten oder bei denen sie nicht ausreichend lange implantiert war. Nicht nachuntersucht werden konnten die verstorbenen Patienten und diese, welche der Aufforderung zur Nachuntersuchung nicht nachkamen (Lost to follow up). Die Follow up Zeiten lagen zwischen 7 Jahren (84 Monaten) und 2,4 Jahren (28 Monaten). Der Mittelwert der Follow up Zeiten beträgt 4,2 Jahre (49,8 Monate).

1.2 Fragestellung

Bisher wurden nur sehr wenige Nachuntersuchungen zum proximalen Humerusersatz durchgeführt. Es gibt bisher nur eingeschränkt Daten, die eine Beurteilung der möglichen funktionellen und onkologischen Ergebnisse erlauben. Zu diesem Zweck sollen im Rahmen einer klinischen Studie folgende Fragestellungen geklärt werden:

Zur funktionellen Analyse wurden die aktiven Bewegungsausmaße nach Neutral-Null-Methode im Seitenvergleich zur gesunden oberen Extremität erhoben. In wie weit weichen diese von der gesunden Gegenseite ab, ist eine Bewegungsebene besonders eingeschränkt?

Um das klinische Bild genauer zu erfassen, wurden zusätzlich klinische Tests zur Intaktheit der Rotatorenmanschette und Stabilität des Schultergelenkes erhoben. Welche klinischen Tests fallen pathologisch aus, ist die Schulter postoperativ gar instabil und neigt zu (Sub-) Luxationen?

Eine durchgeführte Resektion richtet sich nach dem Ausmaß und der Entität des Tumorbefalls und ist von Patient zu Patient unterschiedlich. Bei der operativen Rekonstruktion kann es aus verschiedenen Gründen der Knochen- und Weichteilresektion zu Differenzen gegenüber der ursprünglichen Extremitätenlänge kommen. Daher soll erhoben werden, wie groß die Resektionslängen waren und wie groß die Differenzen der Armlängen postoperativ sind.

Bestehen Beziehungen zwischen dem Ausmaß der Resektion und der postoperativen Armlängendifferenz?

Werden die umgebenden Muskeln reseziert und ggf. wieder die Ursprünge und Ansätze refixiert, ergeben sich Unterschiede in den prä- und postoperativen Kraftgraden, die in der Nachuntersuchung erfaßt werden sollen. Es soll nachuntersucht werden, wie gut die Patienten im Alltag mit Ihrer Prothese zu Recht kommen, welche Alltagstätigkeiten sie wie gut durchführen konnten.

Es ist sehr wichtig, nach überstandener Krankheit wieder ins Berufsleben integriert zu werden. Daher sollte geklärt werden, ob die Studienteilnehmer wieder in Ihre erlernten Berufe zurückkehren konnten.

Operationen dieses Ausmaßes stellen sehr schmerzhaft Maßnahmen dar, welche die Patienten auch noch nach der Operation belasten können. Somit drängt sich die Frage auf, ob auch noch nach längerer Zeit Analgetikabedarf besteht.

Eine gute Übersicht über das Ergebnis einer Operation geben die hierfür erarbeiteten Nachuntersuchungs-Scores. In dieser Studie wurde ein abgewandelter MSTS/ISOLS-Score erhoben. Zudem wurden die Fragen des Simple-Shoulder-Tests (SST) beantwortet. Zusätzlich wurden die Röntgenbefunde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erhoben. Neben dem funktionellen ist das onkologische Ergebnis entscheidend. Daher wurde erhoben, ob Rezidive auftraten.

Bei den verstorbenen Patienten drängt sich die Frage auf, ob die Todesursache in Zusammenhang mit dem Tumorleiden steht, welche aus den eingesehenen Todesbescheinigungen eruiert wurden.

Diese Fragestellungen sollen anhand der erhobenen Ergebnisse beantwortet werden und die daraus entstehenden Schlussfolgerungen diskutiert werden.

2. Grundlagen

2.1. Anatomie der Schulter und des Schultergürtels

Die einzige gelenkige Verbindung mit dem Thorax ist das Gelenk zwischen Clavicula und Sternum (Articulatio sternoclavicularis). Verglichen mit der Beweglichkeit des Schultergelenkes verdoppelt sich der Bewegungsumfang des Armes durch die zusätzliche Verschieblichkeit des Schultergürtels. Im Grunde bilden 5 Gelenke, 3 Diarthrosen und 2 „Falschgelenke“ die Funktionseinheit, aus deren Zusammenspiel ein derartiges Bewegungsausmaß erwächst: [65] Die Articulatio sternoclavicularis, Articulatio acromioclavicularis, Articulatio glenohumeralis bilden darin die 3 Diarthrosen.

Ein Gelenk (Diarthrose = Articulatio synovialis) wird definiert als eine diskontinuierliche Knochenverbindung, die es den Knochen erlaubt, sich gegeneinander zu bewegen. Gemeinsam ist allen Gelenken ein Gelenkspalt, eine Gelenkkapsel, die Gelenkschmiere (Synovia), der Knorpel (überzieht den Knochen gelenkseits) und das Gelenk stabilisierende Bänder. Der Gelenkspalt liegt zwischen den Gelenkenden der Knochen und wird umgeben von der Gelenkkapsel. Im Gelenkspalt befindet sich die Synovia. Diese dient als Gleitmittel. Außerdem dient sie als Transportmedium für die Ernährung des gefäßlosen Gelenkknorpels. Der Gelenkknorpel besteht aus verformbarem hyalinem Knorpel, der bei Bewegungen eine größere Kontaktfläche und damit eine bessere Druckverteilung ermöglicht. An den Stellen der stärksten Druckbelastung findet man die dicksten Knorpelschichten. Zusätzlich schützt der Knorpel bei Bewegung den Knochen gegen das Abreiben von Knochensubstanz.

Der Schultergürtel besteht aus drei Knochen: Schlüsselbein (Clavicula), Schulterblatt (Scapula) und Oberarm (Humerus). [2, 6, 29, 50, 64, 65]

2.1.1. Die Clavicula

Die Clavicula ist s-förmig gewunden und hat beim Erwachsenen eine Länge von 12-15cm. Bei Frauen und muskelschwachen Männern ist die Clavicula graziler und weniger stark gekrümmt als bei kräftigen Individuen. Das laterale Ende des Schlüsselbeins ist platt und breit und bildet mit dem Acromion der Scapula das Acromio-Clavicular-Gelenk (ACG). Der mediale (zur Körpermitte hin) Teil ist dicker und bildet mit dem Brustbein (Sternum) das Sterno-Clavicular-Gelenk (Articulatio sternoclavicularis).

2.1.2. Der Humerus

Der Humerus ist ein langer Röhrenknochen, an dem die proximale und distale Epiphyse und Metaphyse sowie die dazwischenliegende Diaphyse unterschieden werden. Die proximale Epiphyse wird vom kugelförmigen Oberarmkopf (Caput humeri) gebildet. An der proximalen Metaphyse befinden sich zwei Apophysen (Knochenfortsätze), lateral das Tuberculum majus und ventral das Tuberculum minus, getrennt durch den Sulcus intertubercularis. Diese dienen als Ansatzstelle wichtiger Muskeln. Das Caput humeri und die Cavitas glenoidalis der Scapula sind die knöchernen Anteile des Schultergelenks. Das distale Ende des Humerus geht in den Epicondylus lateralis und medialis über und formt die Trochlea zur Artikulation mit der Incisura olecrani und das Capitulum humeri zur Artikulation mit dem Capitulum radii.

2.1.3. Die Scapula

Das Schulterblatt ist ein platter, dreieckiger Knochen. Ihre drei Kanten (superior, lateral, medial) laufen in drei Winkel zusammen (inferior, superior, lateral). Im Ruhezustand der Schulter, bei herabhängendem Arm, liegt kranial die Basis des Dreieckes, kaudal der untere Winkel (Angulus inferior). Die ventrale Seite dient als Ursprungsfläche für den Musculus subscapularis. Die dorsale Seite wird durch die Spina scapulae in zwei Fossae (Gruben) aufgeteilt, die Fossa supraspinata und die Fossa infraspinata. Hier entspringen die gleichnamigen Muskeln, der Musculus supraspinatus und der Musculus infraspinatus. Die Spina scapulae geht nach lateral (seitlich) in das Acromion (Schulterhöhe) über. Dieses überragt das Schultergelenk hinten und oben. Medio-ventral besitzt das Acromion eine Gelenkfläche, die mit dem Schlüsselbein artikuliert. Am lateralen, cranialen Teil der Scapula, am Angulus lateralis, befindet sich die Cavitas glenoidalis, welche die Gelenkpfanne für das Schultergelenk bildet. Im cranialen Bereich des Scapulahalses entspringt der Processus coracoideus (Rabenschnabelfortsatz). Er dient als Ansatz und Ursprung von Muskeln und Bändern (s.u.).

Das Hüftgelenk ist - vor dem Schultergelenk - das Einzelgelenk mit der größten Bewegungsfreiheit aller Gelenke des Menschen. Das Schultergelenk als Gelenkkomplex, zusammengesetzt aus 5 Gelenken, übertrifft diese Beweglichkeit jedoch. Es ist in dieser Hinsicht in allen drei Bewegungsebenen (Transversalebene = Horizontalebene, Frontalebene = parallel zur Stirnfläche, Sagittalebene = Pfeilebene) den anderen Gelenken des Körpers überlegen. Ermöglicht wird dieses Bewegungsausmaß durch die besondere Anatomie der Schulter. Zum einen ist die Schulter ein Kugelgelenk (Articulatio sphaeroidea) und bietet so

die Möglichkeit der Bewegung in den drei Hauptachsen bzw. sechs Hauptrichtungen. Dies sind die Abduktion und Adduktion um die Sagittalachse, d.h. das Seitwärtsheben und Anführen des Arms, die Flexion und Extension um die Transversalachse, d.h. das nach vorne und nach hinten Heben des Arms, und die Innen- und Außenrotation um die Vertikal- oder Longitudinalachse, d.h. die Drehung des Arms um seine eigene Längsachse. Das Schultergelenk bilden das Caput humeri als Gelenkkopf und die Cavitas glenoidalis scapulae als Gelenkpfanne. Letztere wird zusätzlich verstärkt und vergrößert durch das faserknorpelige Labrum glenoidale, die Gelenkklippe, welche rings um die Gelenkpfanne zieht. Die Besonderheit besteht im Größenverhältnis zwischen Gelenkkopf und -pfanne. Aufgrund der 3-4 mal größeren Fläche des Caput humeri fehlt eine knöcherner Führung am Schultergelenk. Zum Stabilisieren des Schultergelenks und zum Verhindern von Luxationen ist also ein nicht knöcherner Mechanismus notwendig, der die Beweglichkeit nicht einschränkt, aber trotzdem eine Stabilität im Rahmen der Funktionalität bietet. Dies kann durch den Muskelapparat, insbesondere die skapulare Muskelgruppe mit der Rotatorenmanschette, gewährleistet werden. [65]

2.1.4. Aufbau der Rotatorenmanschette

Die Muskeln der Rotatorenmanschette umhüllen das Gelenk schalenförmig. Indem die Muskeln einem von außen kommenden Zug auf das Gelenk einen Gegenzug entgegensetzen, halten sie das Caput humeri in der Gelenkpfanne. Zusätzlich strahlen von den Sehnen dieser Muskeln Fasern in die Wand der Gelenkkapsel ein, die als Kapselspanner dienen. Im einzelnen besteht die Rotatorenmanschette cranial aus dem Musculus supraspinatus, dorsal aus dem M. infraspinatus sowie dem Musculus teres minor und ventral aus dem Musculus subscapularis. Die Rotatorenmanschette als erste Muskelschicht wird nochmals als zusätzliche Gelenksicherung allseits vom Musculus deltoideus umgeben. Die dorsal liegenden Muskeln der Rotatorenmanschette dienen der Außenrotation, der M. supraspinatus zusätzlich der Abduktion, der M. teres minor zusätzlich der Adduktion und der M. subscapularis der Innenrotation im Schultergelenk. Der M. deltoideus unterstützt sämtliche Bewegungen.

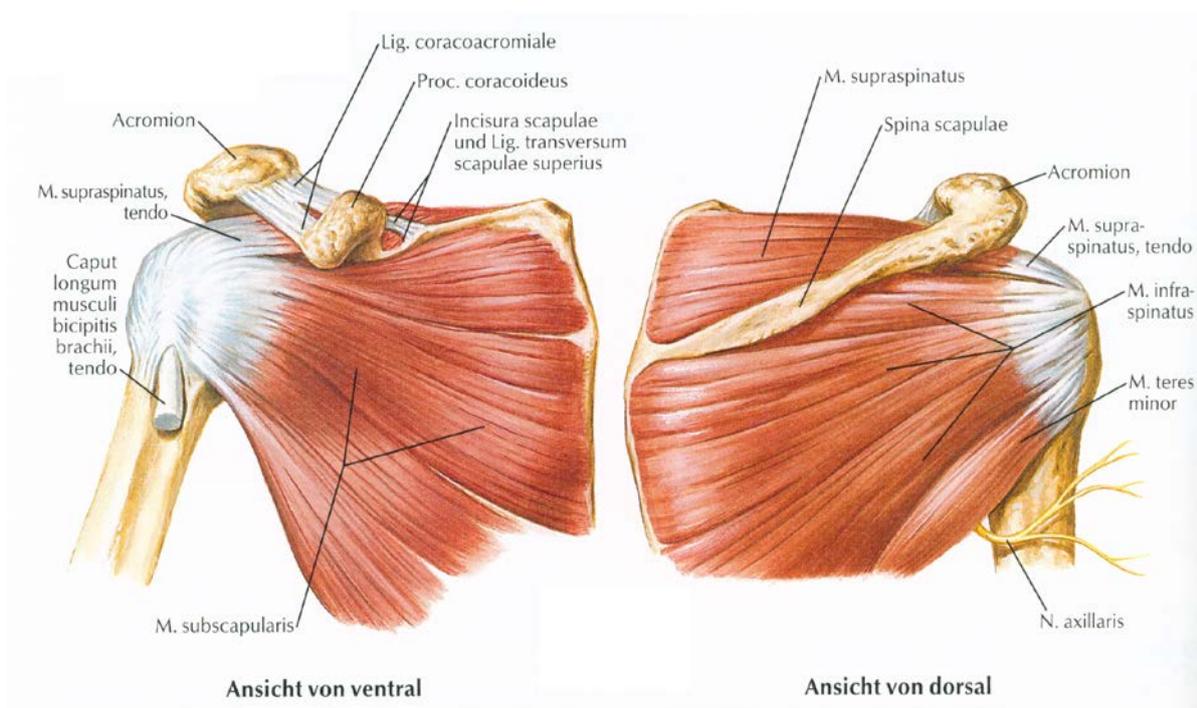
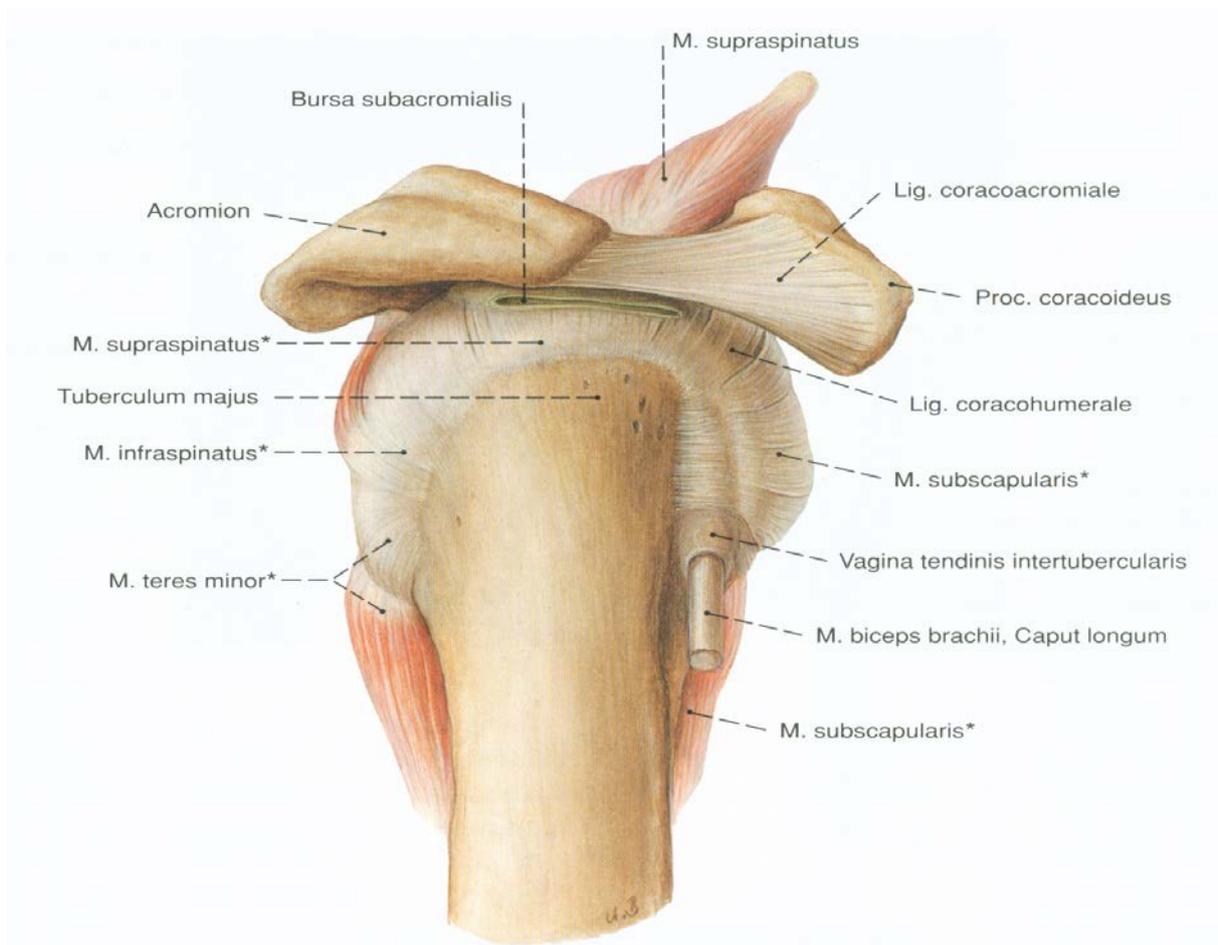


Abbildung 1: Aufbau der Rotatorenmanschette (Ansicht von lateral, ventral und dorsal) [58, 51]

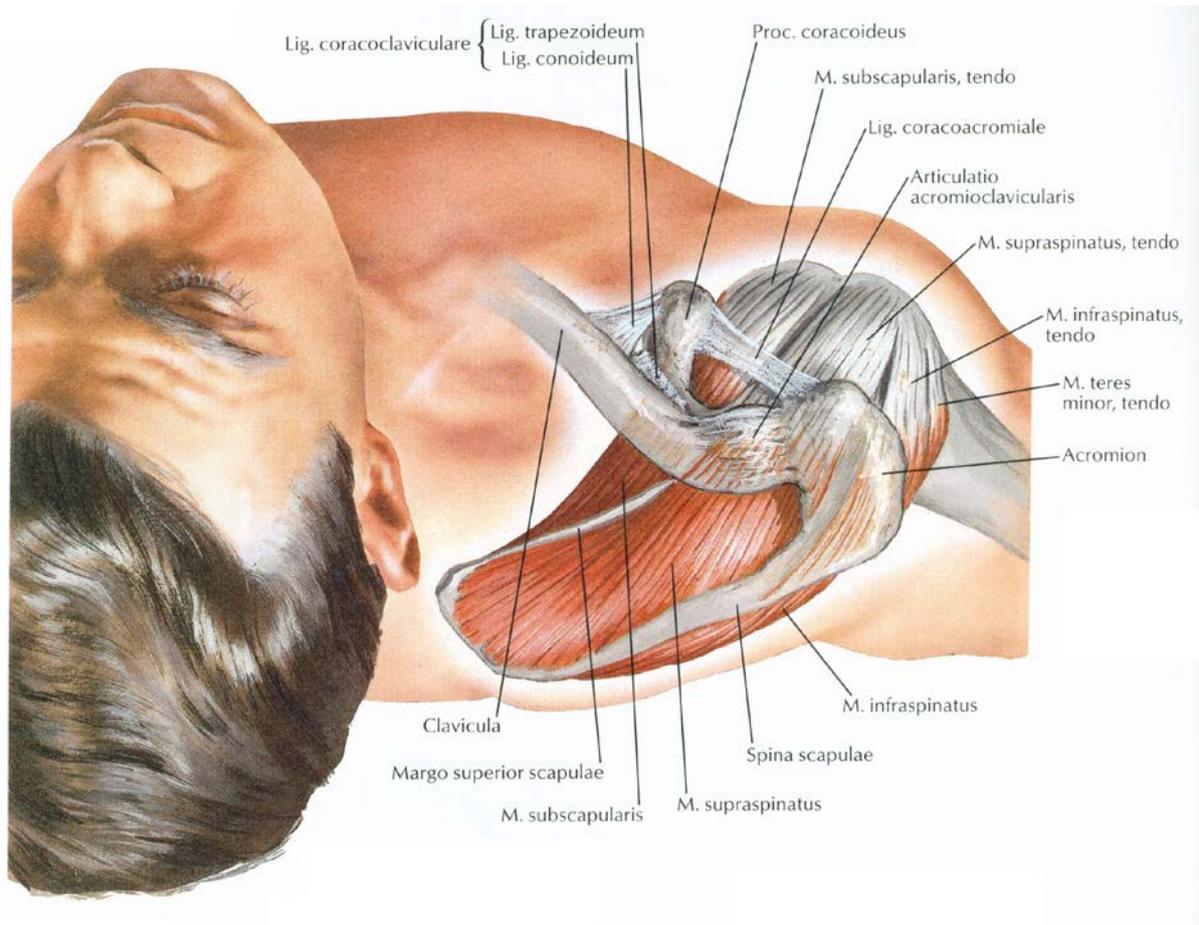


Abbildung 2: Aufbau der Rotatorenmanschette (Ansicht von cranial) [51]

2.1.5. Kapsel, Bänder und Schleimbeutel

Die Kapsel umgibt den Humeruskopf halskrausenartig. In Neutral-Nullstellung bildet sie kaudal Reservefalten, kranial sind ihre Anteile gespannt. Als Verstärkung dienen die Lig. coracohumerale und glenohumerale. Das Lig. coracohumerale entspringt vom Processus coracoideus. Es gliedert sich in zwei Bandzüge; der eine zieht zum Tuberculum majus und setzt dort zusammen mit dem sehnigen Ansatz des M. supraspinatus an, der andere zieht zum Tuberculum minus und inseriert zusammen mit dem Ansatz der Subscapularissehne. Das Lig. glenohumerale lässt sich unterteilen in das Lig. glenohumerale superius, mediale und inferius. Diese ziehen von der Ventralseite der Cavitas glenoidalis zum ventralen Teil des proximalen Humerus und dienen als Verstärkungszüge auf der Vorderseite der Gelenkkapsel.

Acromion und Processus coracoideus bilden zusammen mit dem Lig. coracoacromiale das Schulterdach (Fornix humeri). Bursa subacromialis, Bursa subdeltoidea (subacromialer und subdeltoideal Schleimbeutel) befinden sich unter dem Fornix humeri im Spatium subacromiale. Hebt man den Arm seitwärts an, dann gleiten der von der Supraspinatussehne

bedeckte proximale Teil des Humeruskopfes sowie das Tuberculum majus humeri unter dem Schulterdach in Richtung Fossa supraspinata. Bursa subdeltoidea und Bursa subacromialis sind in 95% der Fälle miteinander verschmolzen.

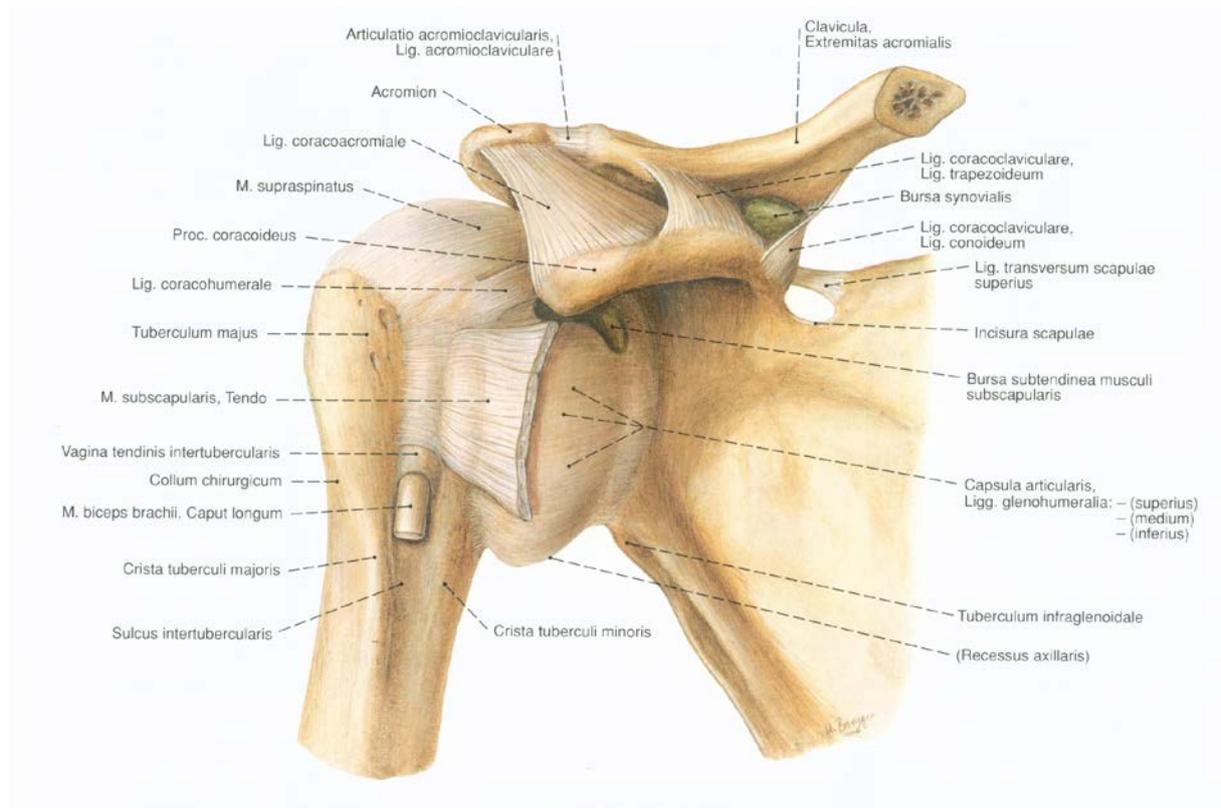


Abbildung 3:Kapsel, Bänder und Schleimbeutel des Schultergelenkes [58]

2.1.6. Arterielle Versorgung

Die arterielle Versorgung der Schulter wird durch die A. subclavia gewährleistet. Links entspringt sie direkt aus der Aorta, rechts aus dem Truncus brachio-cephalicus. Sie zieht durch die Scalenuslücke zwischen Muskulus scalenus anterior und medius und passiert den äußeren Rand der ersten Rippe. Ab hier wird sie A. axillaris genannt.

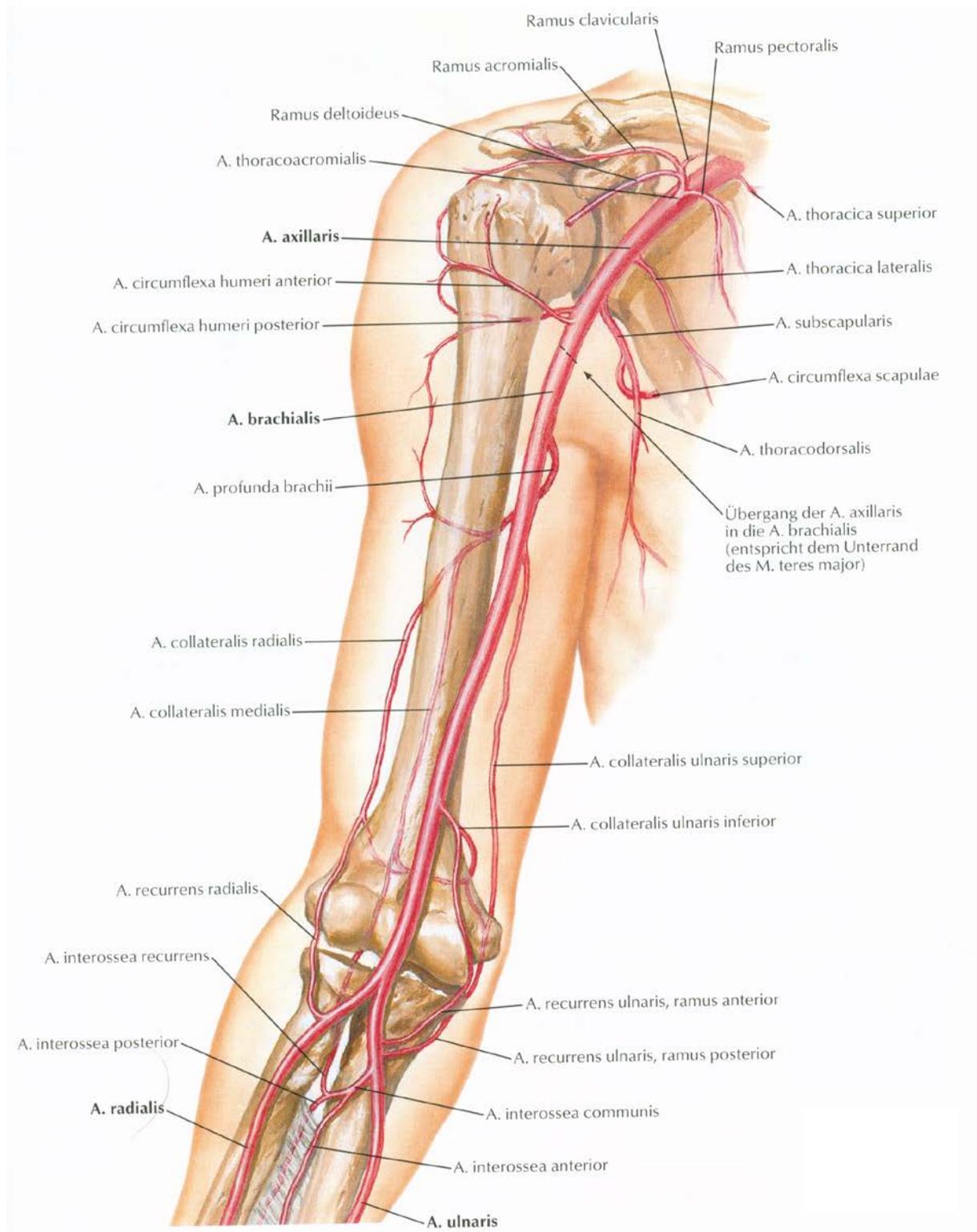


Abbildung 4: Arterielle Versorgung der Schulter und des Oberarmes [58]

2.1.7. Innervation

Die peripheren Nerven, die die Schulter und den Arm versorgen, haben ihren Ursprung im Plexus brachialis, der unter der Clavicula hindurchzieht und vom M. scalenus anterior bis zur

Axilla reicht. Man unterscheidet die Pars supraclavicularis mit dem N. suprascapularis (für den M. supra- und infraspinatus) und den N. subscapularis (für den M. subscapularis) von der Pars infraclavicularis. Der Plexus brachialis wird von Hauptstämmen (Truncus superior, medius und inferior) gebildet, die in mehrere, untereinander verbundene Stränge (Fasciculi) übergehen. Diese Stränge treten entlang der Arteria subclavia und Arteria axillaris in die Achselgend ein und bilden die eigentlichen Nerven. Aus den posterioren Fasern entsteht der N. radialis und der N. axillaris (für den M. deltoideus und den M. teres minor), aus den medialen der N. ulnaris und aus den lateralen der N. musculocutaneus. Laterale und mediale Fasern bilden zusammen den N. medianus (Medianusgabel).

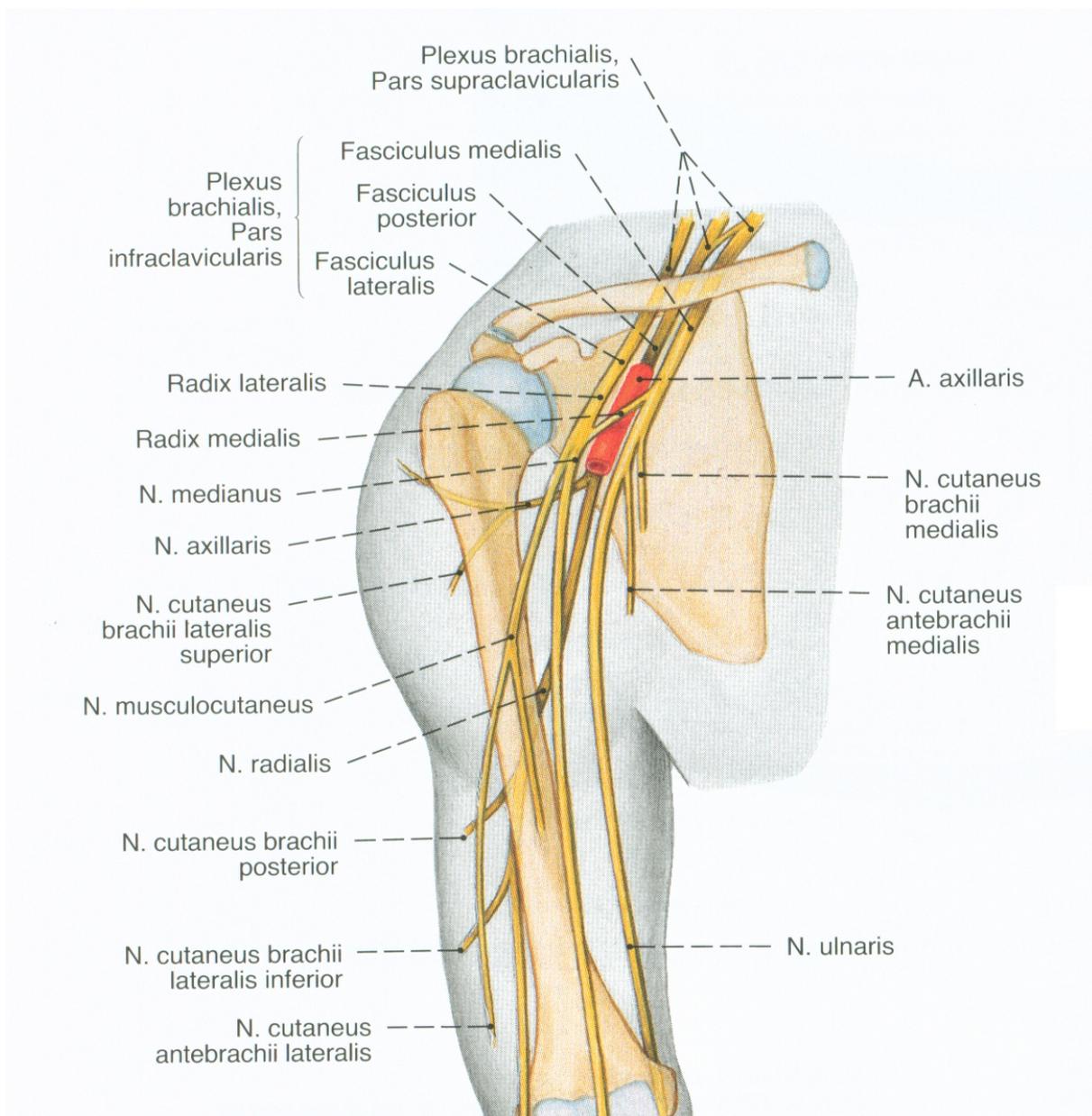


Abbildung 5: Nervale Versorgung der Schulter und des Oberarmes [58]

2.2. Anatomischer Ablauf der Schulterbewegungen

Die Bewegungen des Armes werden ermöglicht durch ein komplexes Zusammenspiel zwischen der Rotatorenmanschette, den weiteren Muskeln am Schultergelenk und den Muskelschlingen des Schultergürtels einschließlich Rückenmuskulatur. Diese sind der M. deltoideus, M. teres major, M. latissimus dorsi, M. coracobrachialis und die Mm. pectorales major et minor. All diese haben Ihren Ansatz am Humerus. Des Weiteren unterstützen die Mm. rhomboidei major et minor, der M. levator scapulae, der M. serratus anterior, M. subclavius, M. trapezius und der M. sternocleidomastoideus die Bewegungen im Schultergelenk. Letztere setzen an der Clavicula oder der Scapula an. Zusätzlich hat auch der M. biceps brachii als zweigelenkiger Muskel abduzierende, innenrotierende und antevertierende Wirkung im Schultergelenk. Die genauen Bewegungsabläufe und das Zusammenspiel der einzelnen Muskeln sollen in den folgenden Absätzen erklärt werden. Die Notwendigkeit der Resektion von Teilen dieser Muskulatur mit dem Ziel einer kompletten Tumorentfernung hat entsprechende Einschränkungen der Beweglichkeit zur Folge abhängig von der jeweiligen anatomischen Situation, was sich im resultierenden Bewegungsumfang, den bei der Nachuntersuchung durchgeführten Muskeltests und im erhobenen MSTS-Score niederschlägt. [39, 65]

2.2.1. Abduktion

Bei der Abduktion sind zwei Systeme beteiligt und zwar das Schultergelenk, erweitert durch die Verschieblichkeit des Schultergürtels am Brustkorb. Der Schultergürtel wird vom M. trapezius und vom M. serratus anterior bewegt. Im Glenohumeral-Gelenk wirken Pars acromialis des M. deltoideus und der M. supraspinatus bei der Abduktion synergistisch, die restlichen Muskeln der Rotatorenmanschette halten zusammen mit der langen Bicepssehne den Humeruskopf in der Schulterpfanne, damit er nicht nach oben luxiert. Die Kraft des M. supraspinatus hat ihr Aktivitätsmaximum bei 60°, die des M. deltoideus bei 90° Abduktion. Zusätzlich trägt der lange Bicepskopf bis zu 20% zur Abduktion bei, der kurze adduziert.

Die Abduktion der Schulter gliedert sich in drei Phasen, die fließend ineinander übergehen. Die erste Phase von 0° - 90° findet unter hauptsächlicher Beteiligung des M. supraspinatus und des M. deltoideus allein im Schultergelenk statt.

In der zweiten Phase mit der Abduktion von 90° - 150° drehen die Muskelschlingen des Schultergürtels die Skapula, um die Gelenkpfanne nach oben einzustellen. Dabei sind vor allem der M. trapezius und der M. serratus anterior aktiv. Bei ca. 150° Abduktion, 90° im

Schultergelenk und 60° durch Schulterblattbewegung, wird die Bewegung gebremst durch passiven Gegenzug der Adduktoren Mm. pectorales major et minor. [39]

Die dritte Phase von 150° - 180° wird durch Lateralflexion der Wirbelsäule ermöglicht. Dabei kommt es zur Kontraktion der gegenseitigen Rückenmuskulatur [39]. Hier schließt sich noch die durch Streckung der Wirbelsäule erreichte Aufrichtung des Körpers an. [65]

2.2.2. Adduktion

Folgende Muskeln bewirken eine Adduktion: M. teres major, M. latissimus dorsi, M. pectoralis major, Mm. rhomboidei, M. deltoideus, M. coracobrachialis.

Die stärksten Adduktoren sind der M. latissimus dorsi und der M. pectoralis major. Gegen deren Luxationstendenz des Humeruskopfes nach unten wirkt der lange Kopf des M. triceps. Wenn der M. teres major adduziert, fixieren die Mm. rhomboidei das Schulterblatt. [39]

2.2.3. Rotation im Schultergelenk

Die Innenrotation ermöglichen: M. latissimus dorsi, M. teres major, M. subscapularis und M. pectoralis major sowie der M. deltoideus. Der stärkste Innenrotator ist der M. latissimus dorsi. Die Außenrotation bewirken der M. infraspinatus, der M. teres minor, Teile des M. supraspinatus und der M. deltoideus. Die Innenrotation ist schwächer ausgebildet als die Außenrotation. [39]

2.2.4. Anteversion – Retroversion

Die Anteversion gliedert sich ebenfalls in drei Phasen.

In der ersten Phase hebt der M. deltoideus (pars clavicularis) zusammen mit dem M. coracobrachialis und der pars clavicularis des M. pectoralis major den Arm bis auf 50°. Begrenzt wird diese erste Phase durch das Lig. coracohumerale und den Widerstand des M. teres minor et major und des M. infraspinatus.

In der zweiten Phase wird die Scapula durch die Muskelschlingen des Schultergürtels vor allem durch den M. trapezius und M. serratus anterior um 60° nach oben gedreht. Dadurch kann eine Anteversion von 60° bis 120° ausgeführt werden.

In der dritten Phase wird durch die Lateralflexion der Wirbelsäule das volle Bewegungsausmaß ermöglicht. [39]

2.3. Grundlagen der Schulterendoprothetik

2.3.1. Geschichte der Schulterprothese

Im Jahre 1893 implantierte der französische Chirurg J. P. Pean die erste künstliche Schulterprothese, die aus Hartgummi und Platin bestand und durch den französischen Zahnarzt Michaels erdacht worden war. Sie wurde bei einem Patienten verwendet, dessen Schultergelenk durch Tuberkulose destruiert worden war. Allerdings musste sie nach zwei Jahren aufgrund von nicht zu kontrollierenden Infektionen wieder explantiert werden.

1951 entwickelte der amerikanische Orthopäde Charles Neer eine Oberarmprothese aus Vitallium, mit der Frakturen des Humerus versorgt werden konnten. Bis 1955 wurden die Indikationen für diese sog. Neer-I-Prothese auf die avaskuläre Knochennekrose und die Omarthrose erweitert. Diese kombinierte Stellbrink 1971 mit der von ihm erfundenen künstlichen Schulterpfanne aus Polyäthylen und schuf somit die erste Schulter-Total-Endo-Prothese. Die Neer-I-Prothese verfolgte noch ein formschlüssiges Prinzip. Dieses verließ Neer 1973, nachdem er mit mehreren Varianten dieses Prinzips Rückschläge erlitten hatte, mit der Neer-II-Prothese.

Aber nicht nur die Formgebung und Funktionalität der Prothesen wurde immer weiter verbessert. Anfangs stellte die selten dauerhaft stabile Verankerung der Prothesen im Knochen ein großes Problem dar. Die Entwicklung und Einführung des Knochenzements zur Verankerung von Implantaten im Jahre 1964 durch Charnley sowie die immer weiter verbesserte Oberflächenbeschaffenheit und Beschichtung der Prothesen erbrachte große Verbesserungen hinsichtlich Haltbarkeit und Überlebensrate von Prothesen. So war die erste Prothese von Pean noch aus Hartgummi und Platin gefertigt. Im Verlauf wurden über Zwischenstufen aus Acrylharz oder Vitallium Materialien wie Polyazetalharz, Chrom-Kobalt-Legierungen oder Polyäthylen für den Einsatz der Komponenten einer Schulterprothese gebräuchlich. Zusammen mit den neuen Erkenntnissen hinsichtlich der Biomechanik der Schulter und der endoprothetisch versorgten Schulter, welche im folgenden Kapitel genau beschrieben werden sollen, konnten die Standzeiten moderner Implantate erheblich gesteigert werden.

Die nächste Weiterentwicklung in den 90er Jahren brachte modular aufgebaute Prothesen hervor, deren Schaft und Kopf in Größe, Form und Neigungswinkel auf die anatomischen Verhältnisse am jeweiligen Patienten angepasst werden konnten. Diese Prothesen der „zweiten Generation“ basierten weiterhin auf dem Prinzip der Neer-II-Prothese. Im weiteren

Verlauf der 90er-Jahre wurden Systeme der dritten Generation entwickelt, bei denen die spezielle Kopfgeometrie des Humerus (sog. Offset) rekonstruiert werden konnte. Eine solche stellt die von Walch und Boileau konzipierte Aequalis-Prothese dar.

Für ein funktionell befriedigendes Resultat mit guter Schulterbeweglichkeit ist jedoch eine funktionstüchtige Rotatorenmanschette vonnöten. Da diese nicht immer gegeben ist, wurde die „inverse“ Schulterprothese entwickelt. Hier wird ein kugelförmiger Teil am Glenoid eingesetzt, während ein pfannenförmiger Teil an einem Stiel im Humerus befestigt wird. Somit wird der Drehpunkt des Gelenkes medialisiert und der Humerus distalisiert, wodurch der M. deltoideus eine bessere Hebelwirkung und somit stärkere Abduktion auch bei defekter Rotatorenmanschette erbringen kann.

Mit der Entwicklung der Tumorprothesen der Schulter auf Grundlage der modularen Prothesen wurde die Indikation der Schulterprothesen erweitert. Anfangs wurden sog. Isoelastische Modelle aus einem dünnen Metallkern umgeben von Polyacetalharz verwandt, welche jedoch aufgrund des Nicht-Einheilens der refixierten Sehnen an der Prothese eher Spacer-Funktion hatten. Dieser proximale Humerusersatz, welcher durch die Fertigung in verschiedenen Größen die Anpassung an das Resektat ermöglichte, wurde von der Entwicklung sog. modularer Prothesen gefolgt. Eine solche Prothese ist das ESKA-Schulter-MML-Tumor/Revisions-System. Durch den modularen Aufbau der einzelnen Bausteine kann der Ersatz ganz individuell an die der Pathologie entsprechenden Resektion angepasst werden. Refixationsösen und entsprechende Oberflächenmodifikationen sollen zudem ein Anwachsen der refixierten Sehnen gewährleisten. Ein modifiziertes Konzept dieses modularen proximalen Humerusersatzes, stellt das Prinzip der inversen Prothesen dar. [29, 32, 35,45]

2.3.2. Vier Generationen der Standardschaft-Prothesen

Wie beschrieben werden vier Generationen von Schulterprothesensystemen unterschieden.

Die erste Generation, repräsentiert durch das nichtmodulare Monoblock Neer-II-System, verbesserte die nicht anpassbaren älteren Systeme dahingehend, dass durch verschiedene Schaftdicken, -längen und Kopfgrößen eine individuelle Anpassung möglich wurde. Jedoch sind die erhältlichen Größenverhältnisse nicht so gewählt (Kopfradius 44mm, Kalottenhöhe 15mm und 22mm) [29], dass individuell die richtige Einstellung erfolgen kann, weil ein feststehendes Verhältnis aus Kopfradius und Kalottenhöhe in der Koronarebene die Größe des Humeruskopfes festsetzt. Wird der Prothesenkopf zu groß gewählt, führt dies zu

Bewegungseinschränkungen. Durch Abweichung des anatomisch vorgegebenen Inklinationswinkels (Winkel zwischen Kopf und Schaft in der Koronarebene) und der Fehllage des Kopfbereichs kommt es zu Änderungen der Hebelverhältnisse der Rotatorenmanschette. Der in diesem System verwendete Pfannenersatz führt durch gleichen Krümmungsradius von Pfanne und Kopf zwar zu größerer Stabilität, aber somit auch durch Aufheben des physiologischen Roll-Gleit-Mechanismus zu stärkerer Pfannenlockerung. [28]

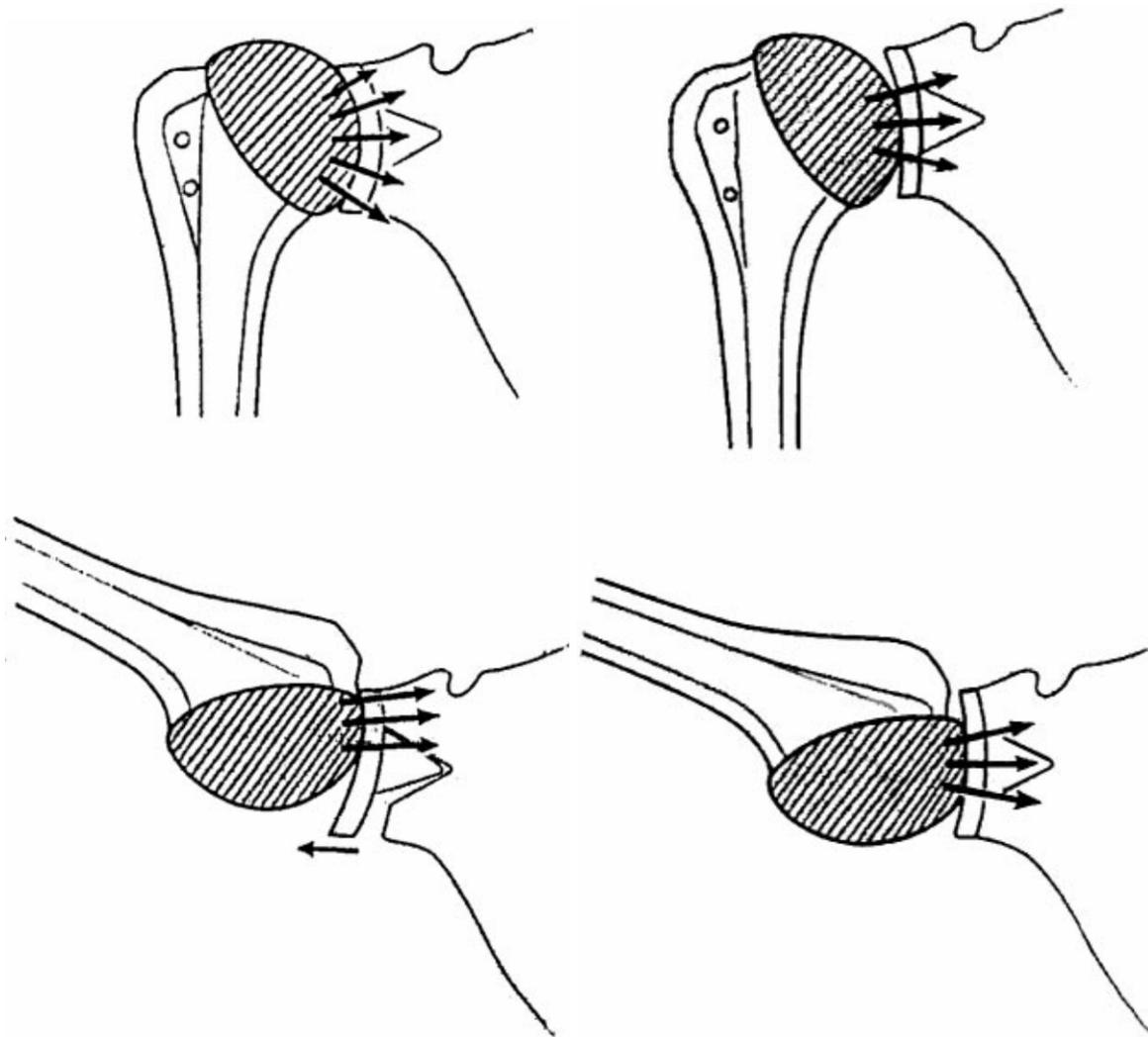


Abbildung 6 a: „Erste Generation“: Auf die Pfannenfläche einwirkende Kräfte bei identischen Krümmungsradien von Kopf- und Glenoidkomponente; b: „Zweite Generation“: Auf die Pfannenfläche einwirkende Kräfte bei unterschiedlichen Krümmungsradien von Kopf- und Glenoidkomponente; durch gleichzeitigen Roll- und Gleitmechanismus gelingt eine gute Zentrierung in der Pfanne [28]

Die zweite Generation bietet zwar ein modulares Konzept mit mehreren verschiedenen Größen für Kopf und Schaft, basiert aber noch immer auf dem vorgegebenen Kopf-Schaft –

Verhältnis des Neer-II-Systems. Durch die besser anpassbaren Größenverhältnisse kann das laterale Offset (Abstand zwischen lateraler Begrenzung des Tuberculum majus und der Gelenklinie des Glenoids), die vorgegebenen Größenverhältnisse und somit die Funktion der Rotatorenmanschette verbessert werden. Zudem besitzen in dieser Generation Kopf und Pfanne verschiedene Krümmungsradien, was den physiologischen Roll-Gleit-Mechanismus ermöglicht. Als nachteilig an diesem modularen System erweist sich, dass der Prothesenkopf nicht immer senkrecht bündig auf die Resektionsfläche am Humerus aufsetzen kann, was zu höheren Lockerungsraten führt.

Die Systeme der dritten Prothesengeneration verfolgen ein dreifach modulares System, mit dem zusätzlich der individuelle Inklinationwinkel (s.o.) durch Winkeladapter angepasst werden kann. Zudem kann man die Kalotte exzentrisch auf dem Hals positionieren, um so das anatomische Drehzentrum zu rekonstruieren. Um die resultierende Spannung an der Rotatorenmanschette nicht zu sehr zu erhöhen und eine Überlastung der Pfanne außerhalb des Drehzentrums zu vermeiden, ist die Rekonstruktion des Original-Rotationszentrums entscheidend. [29]

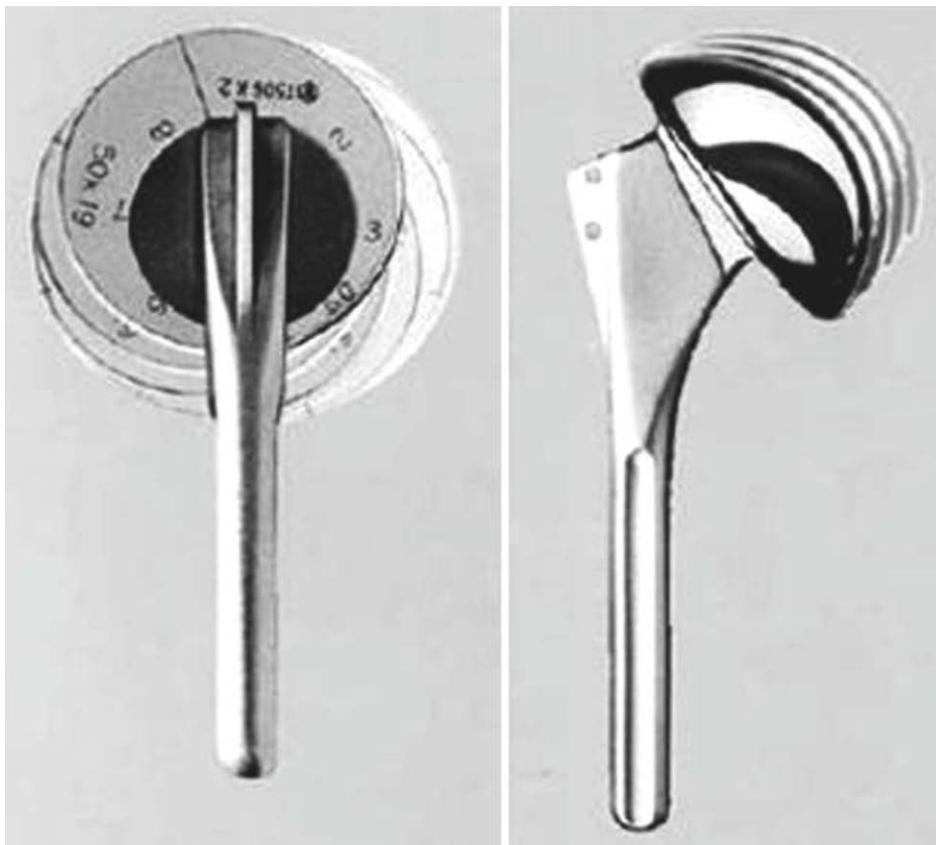


Abbildung 7: Schulterprothese der „dritten Generation“ (Aequalis, Fa. Tornier) mit variabler Kopfexzentrizität (a) und Inklination (b) [45]

In der vierten Generation der Schulterprothesen wird neben dem variabel einstellbaren Inklinationswinkel und der exzentrischen Kopfeinstellung mit einer Drehmöglichkeit im Kopf-Hals-Bereich eine Modularität um drei Achsen ermöglicht, was eine exakte Kalottenrekonstruktion ermöglicht. Somit ist eine sicher bündige Auflage des Kopfes auf der Resektionsfläche möglich und die Lockerungsraten sind geringer. In mehreren Untersuchungen zeigten die Systeme der vierten Generation die beste Übereinstimmung mit der vorgegebenen Anatomie und Physiologie. [29]

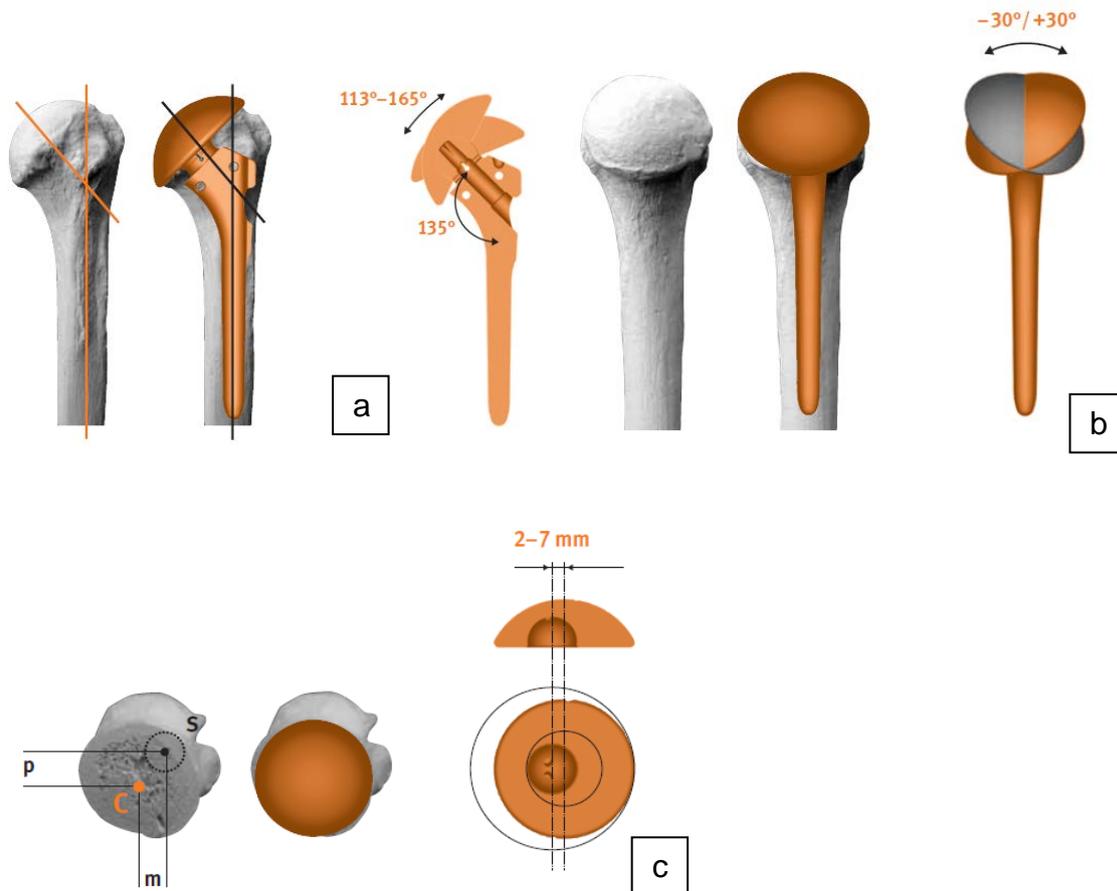


Abbildung 8: „Vierte Generation“ Anhand der Anatomical-Shoulder, Fa. Zimmer a: Verstellbare Inklination; b: Verstellbare Retrotorsion; c: „Offset“ [32]

2.3.3. Bipolare Prothesen

Bipolare Prothesen sind solche mit zwei ineinander liegenden Köpfen, die durch eine Lateralisierung und Kaudalisierung des humeralen Offsets zu einer besseren Vorspannung des M. deltoideus führen, wodurch teilweise ein Verlust der Rotatorenmanschette ausgeglichen werden kann. Das kraftschlüssige Konzept erlaubt keinen Roll-Gleit-Mechanismus und engt durch den kleinen Radius des Innenkopfes die Bewegungsausmaße des Patienten ein. [29]

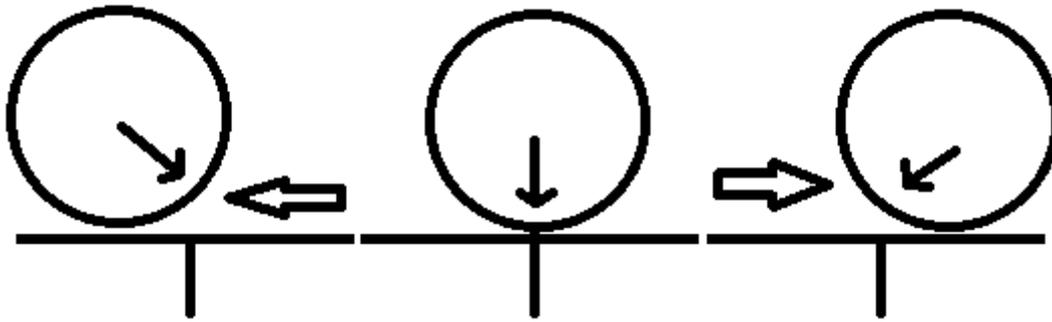


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Roll-Gleit-Mechanismus mit Gleiten des Humeruskopfes aus dem Pfannenzentrum bei entsprechender Drehbewegung

2.3.4. Cup-Prothese

Für die Omarthrose, die Omarthritis und die Humeruskopfnekrose vor allem bei jüngeren Patienten bietet die Cup-Prothese analog dem Wagner-Cup am Hüftgelenk eine weniger eingreifende Möglichkeit. Hier wird auf den Humeruskopf eine „Kappe“ mit einem zentralen Zapfen verankert. [29]

2.3.5. Inverse Prothese

Bei der von Paul Grammont entwickelten Inversen Prothese wird eine Glenosphäre in die plangefräste medialisierte Pfannenfläche verschraubt und die Kunststoffpfanne im Humerusschaft fixiert. Die Pfannenfläche hat ein Drittel der Größe der Glenosphärenfläche, was einen großen Bewegungsumfang ermöglicht. Durch die Medialisierung des Rotationszentrums werden die Lockerungskräfte minimiert, da ab 45° Abduktion hauptsächlich Kompressionskräfte auf das Glenoid wirken und somit das Drehmoment auf die glenoidale Komponente verringert wird. [45]. Eine verbesserte Vorspannung des M. deltoideus erreicht man durch die Kaudalisierung des Humerus mittels Resektion der humeralen Gelenkfläche oberhalb des Collum anatomicum. Durch die Medialisierung des Rotationszentrums und Distalisierung des Humerus kann der M. deltoideus die Elevationsaufgaben der Rotatorenmanschette auch bei deren Verlust nahezu vollständig ausgleichen. [29]

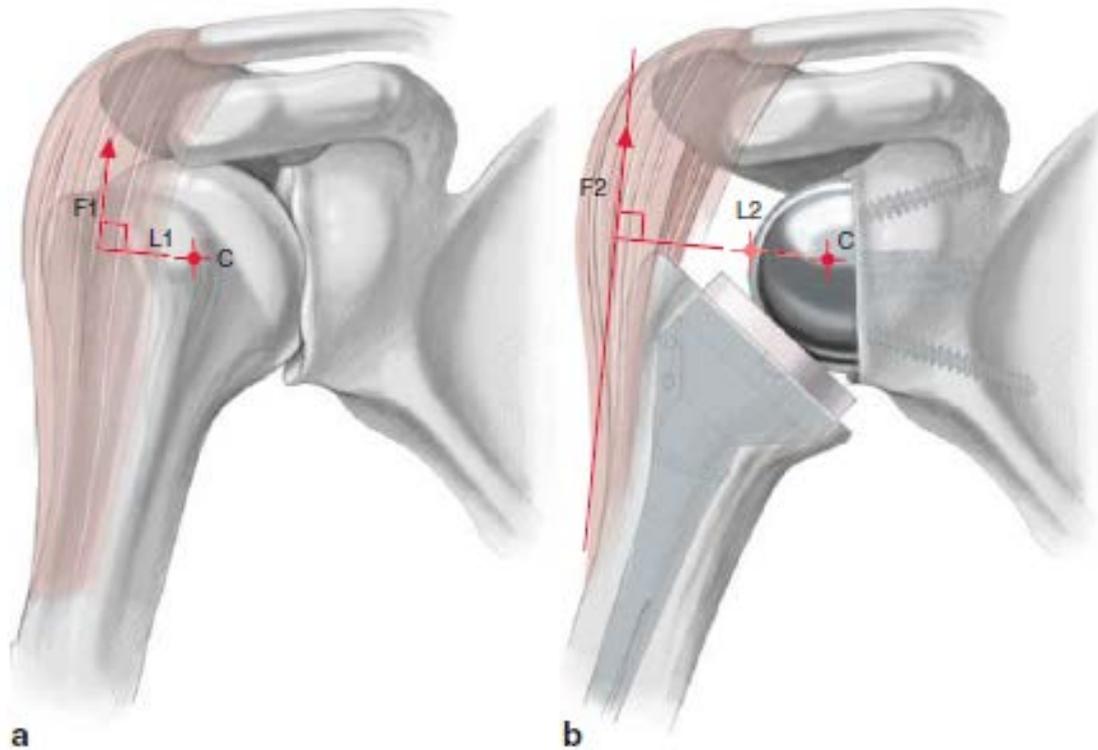


Abbildung 10: a: Verlagerung des Drehzentrums bei der Defekarthropathie nach kranial. b: Das Grundprinzip der inversen Prothese: 1. Fixiertes und medialisiertes Drehzentrum (Verlängerung des Deltahebelarmes ($L2 > L1$) und Verminderung des Drehmomentes auf die Glenoidkomponente, 2. Vergrößerung des akromiohumeralen Abstandes zur Wiederherstellung der Deltaspannung ($F2 > F1$). [45]

Nachteil der inversen Prothesen ist das sog. „inferiore Notching“ am Skapulahals, bei dem es sich um eine Osteolyse am unteren Glenoid handelt, was bis zum Freilegen der kaudalen Verankerungsschraube führen kann. Ob es hierdurch auch zu Lockerungen kommen kann, ist derzeit noch Gegenstand der Forschung.

2.3.6. Zementierte oder nicht zementierte Verankerung

Wenn der Wechsel eines einzementierten Prothesenschaftes notwendig wird, muss in der Regel der proximale Humerus osteotomiert werden. Daher sind zementierte Prothesen bei jungen Patienten und für Revisionen ungünstig. Ansonsten gibt es aktuell keine allgemeine Empfehlung hinsichtlich Zementierung oder press-fit-Design von Schulterprothesen, sondern die Entscheidung trifft der Operateur, in der Regel abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten: Alter und Allgemeinzustand des Patienten und knöcherne Verhältnisse. [29]

2.3.7. Pfannenersatz

„Kinematische Untersuchungen unter physiologischen Bedingungen zeigen, dass die glenohumerale Elevation größtenteils eine Rotation um das geometrische Zentrum und nur zu einem sehr geringen Teil eine Translationsbewegung darstellt.“ [29] Der Gelenkkontakt wird durch Angleichung von Kopf- und Pfannenradius erhöht, unterdrückt jedoch die physiologische Translation von 1,5 - 2mm. Gerade in den endgradigen Bewegungen sind die Translationsbewegungen am stärksten. Das Polyäthylen der Pfannenkomponente weist eine höhere Steifigkeit auf als die natürlichen Knorpel- und Labrumstrukturen, was die stoßdämpfende Funktion bei diesen Beanspruchungen mindert. Dies hat eine Verschlechterung der Beweglichkeit und einen höheren Abrieb des Pfannenkunststoffes zur Folge. Jede Translationsbewegung des Kopfes führt zu exzentrischer Belastung der Pfanne mit hohem Druck und somit zu Abrieb am Pfannenrand, an der gegenüberliegenden Seite zu einer Hubbelastung nachfolgend zur Lockerung („Rocking-Horse“ Phänomen nach Matsen).

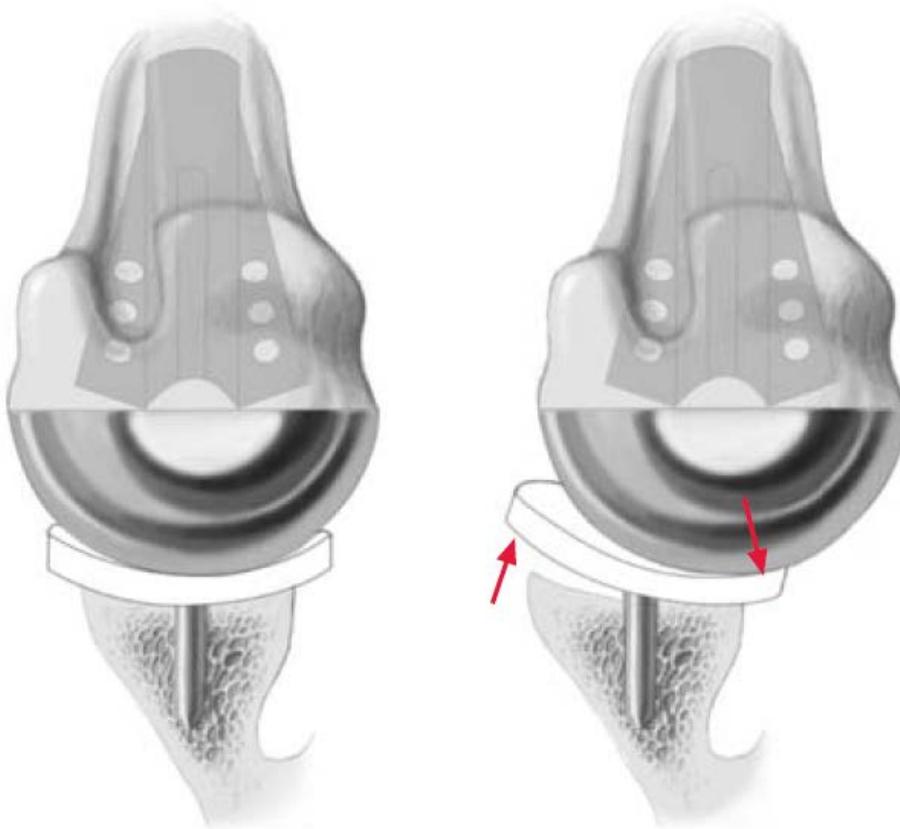


Abbildung 11: Rocking-horse-Phänomen bei exzentrischer Belastung der Glenoidkomponente [45]

Durch eine flachere und weniger konforme Pfannenkonfiguration wird die physiologische Translation ermöglicht und so die Hauptbelastungszone mehr ins Zentrum der Pfanne gelenkt, was die Lockerungsraten reduziert. Die Rückseite der Pfanne ist zumeist konvex geformt, da diese Form wesentlich leichter am Glenoid eingefräst werden kann, knochensparender ist und eine größere Oberfläche zur Befestigung bereit stellt als flache Formen. Wichtig ist die möglichst genaue Präparation des Glenoids für die Pfanne. „Denn je passgenauer die Pfannenpräparation, desto höher ist die Formstabilität und entsprechend geringer das Lockerungsrisiko.“ [29] Zur Befestigung stehen zementierte und nicht zementierte Systeme zur Verfügung. Erstere bestehen in der Regel aus Polyäthylen, während zementfreie zumeist aus einer Basisplatte aus Metall, welche mittels Schraubsystemen oder Spreizdübeln im Knochen verankert wird, und einem Polyäthyleninlay bestehen. [45]

2.3.8. Schulterprothesen mit modularem Aufbau

Endoprothesensysteme mit modularem Aufbau finden inzwischen breite Anwendungsgebiete. Ein Großteil der heute verwendeten Endoprothesen ist zumindest teilweise modular. Durch das modulare Prinzip der Schulterprothesen wird dem Operateur die Möglichkeit geboten, die Prothese während der Operation den Resektionsgrenzen des Tumors, den anatomischen Voraussetzungen, den operationstechnischen Besonderheiten und den Bedürfnissen des Patienten entsprechend anzupassen und einzubauen. Hierbei werden durch die Vielzahl an Variationen und Möglichkeiten die Anforderungen an Passgenauigkeit und Funktionalität erhöht. Gleichzeitig erhöht sich jedoch die Gefahr eines Versagens der Prothese. Diskonnektion, erhöhter Abrieb und vorzeitiger Verschleiß sind bekannte Komplikationen modularer Implantate. [29]

2.3.9. Tumor-/Revisions-Prothese ESKA-MML (Modular-München-Lübeck)® (jetzt Orthodynamics)

Das ESKA Tumor-/ Revisions-System für die obere Extremität ist modular aufgebaut und bietet die Einsatzmöglichkeiten:

- Ersatz des Schultergelenkes (proximaler Humerus)
- Totalersatz des Ellenbogengelenkes
- Totalersatz von der Schulter bis hin zu Ulna und Radius

Eine Anpassung an die anatomischen Gegebenheiten wird angestrebt durch verschiedene Größen sowie linke und rechte Ausführung spezieller Implantatelemente, zementiert oder zementlos. Die Verwendung der Oberflächenstruktur Spongiosa Metal® II dient der zementlosen Verankerung.

Zum modularen Aufbau gehören drei verschiedene Kopfgrößen, ein großes Adapterstielsortiment in verschiedenen Längen und Durchmessern, Verlängerungsmodule in unterschiedlichen Längen und konische Steckverbindungen mit Sicherungssystem und als Ergänzung eine Ellenbogenkomponente in Rechts-/Links-Variante.

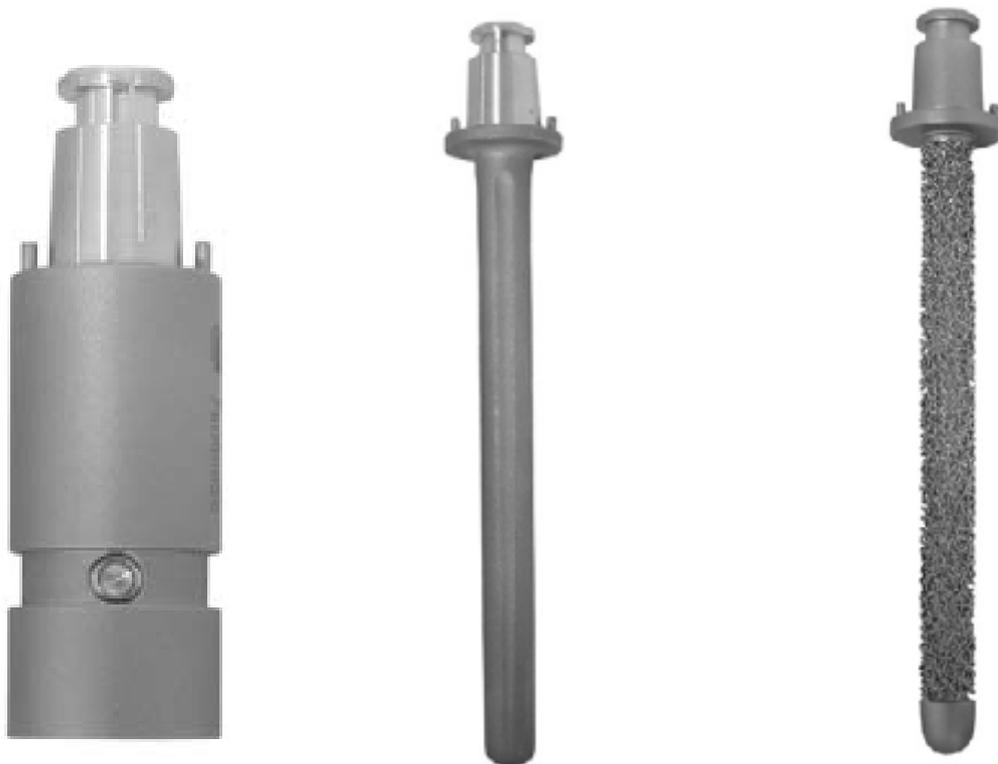
Hergestellt werden die Prothesen aus einer Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung (CoCrMo).



Abbildung 12: proximaler Humerusersatz Typ MML [21]



Abbildung 13: a: Humeruskopfkomponente b: proximaler Humerusersatz



c: Verlängerungsmodul d: Schaft zementiert e: Schaft zementfrei [21]

3. Material und Methoden

3.1. Patientenkollektiv

3.1.1. Einschlusskriterien

Die Einschlusskriterien für die Studie umfassen Patienten mit Tumoren im Bereich des proximalen Humerus sowie die Versorgung mit einer Schulter-MML-Tumor-Spezialprothese der Firma ESKA aus Lübeck. Vor der Untersuchung musste die Prothese mindestens 2 Jahre implantiert sein, um ein ausreichend langes Einwachsen und einen genügenden Wiederaufbau der Muskulatur zu gewährleisten.

Es wurden seit der Entwicklung der Prothese im Jahr 1996 insgesamt 36 Tumor-Patienten mit dieser Prothese in der Orthopädischen Klinik des Klinikums rechts der Isar in München versorgt. Davon waren 15 Patienten weiblichen und 21 männlichen Geschlechts. Zum Zeitpunkt der Studie waren noch 9 Patienten am Leben, 25 Patienten bereits verstorben und 2 Patienten leben in Russland und waren für die Studie nicht zu erreichen, obwohl sie postalisch mit einem ins Russische mit kyrillischer Schrift übersetzten Fragebogen (s. Anhang) aufgefordert wurden teilzunehmen. Ob diese beiden Patienten bereits verstorben sind, konnte leider, trotz vielfältiger Nachforschungen nicht in Erfahrung gebracht werden.

Die Nachuntersuchungen wurden zwischen Juni 2007 und März 2008 in der Poliklinik der Orthopädischen Klinik des Klinikums rechts der Isar in München durchgeführt.

Die folgenden beiden Übersichten beziehen sich auf alle genannten Patienten.

3.1.2. Geschlechts-, Seiten-, Altersverteilung

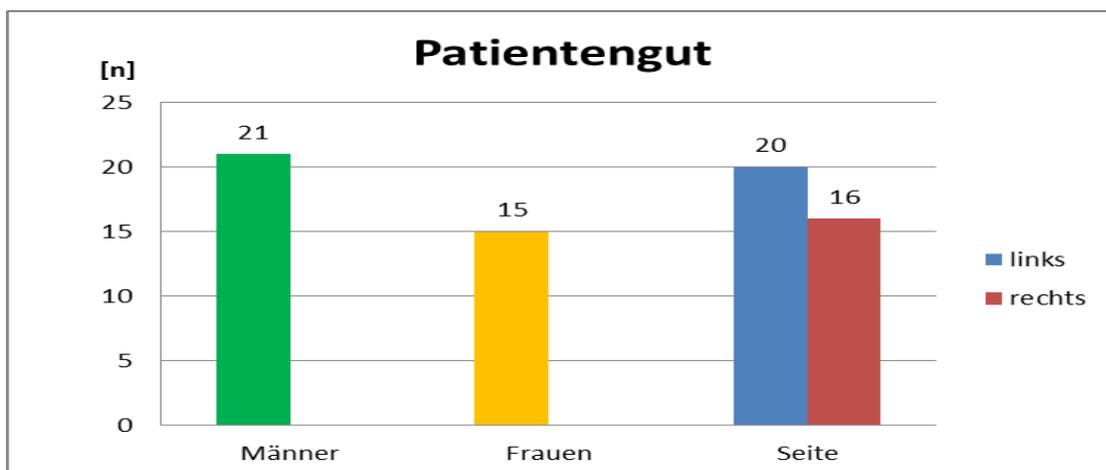


Abbildung 14: Überblick über die Geschlechts- und Seitenverteilung der Prothesenversorgung bei allen 36 Patienten

Tabelle 1: Überblick über die Geschlechts- und Altersverteilung im gesamten Patientengut

Patient	Geschlecht	Alter zum Zeitpunkt der Operation in Jahren	Patient	Geschlecht	Alter zum Zeitpunkt der Operation in Jahren
1	M	70	19	M	54
2	M	59	20	M	54
3	W	77	21	M	77
4	M	50	22	M	48
5	W	62	23	W	65
6	M	65	24	M	63
7	M	56	25	W	65
8	W	78	26	M	75
9	W	17	27	M	58
10	W	73	28	M	68
11	M	53	29	W	66
12	W	69	30	W	63
13	M	62	31	W	54
14	W	46	32	M	15
15	W	26	33	M	59
16	M	66	34	M	53
17	M	64	35	W	76
18	M	61	36	W	57

Tabelle 2: Überblick über die Geschlechts- und Altersverteilung und das Follow-up bei den nachuntersuchten Patienten

Patienten-Nummer	Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung in Jahren	Geschlecht	Nachuntersucht nach x Monaten
2	64	M	28
7	61	M	31
17	67	M	46
18	66	M	84
19	58	M	58
30	69	W	38
31	60	W	71
34	56	M	45
36	60	W	47

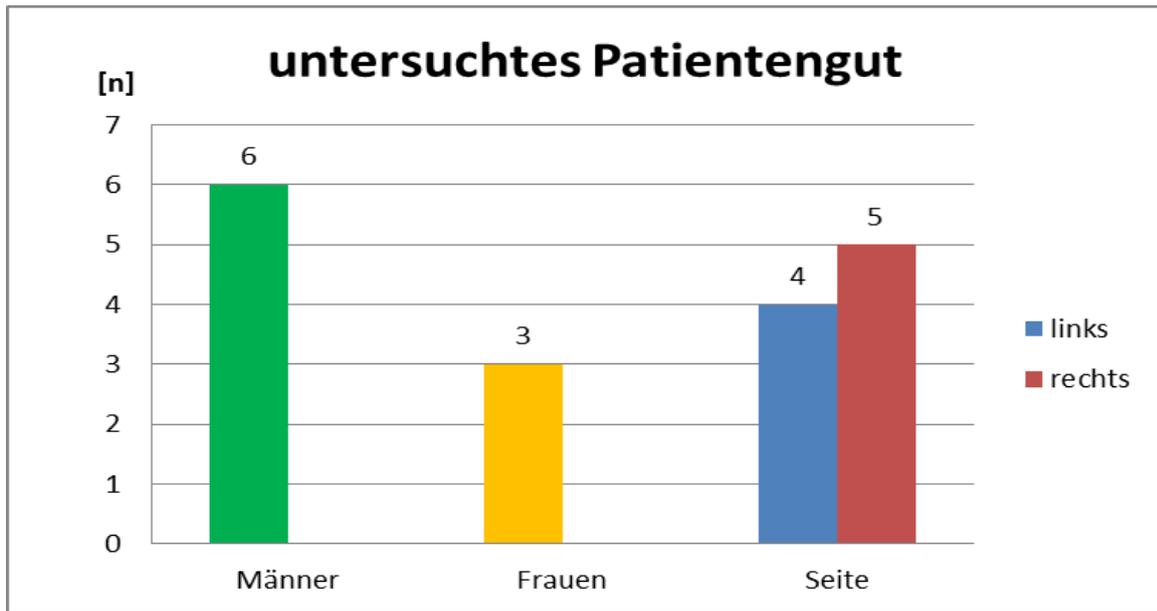


Abbildung 15: Geschlechts- und Seitenverteilung der Prothesenversorgung im nachuntersuchten Patientenkollektiv

Das Alter der Patienten bei Implantation der Prothese lag im Mittel bei 59 Jahren (min. 15, max.78, SD +/- 14,6).

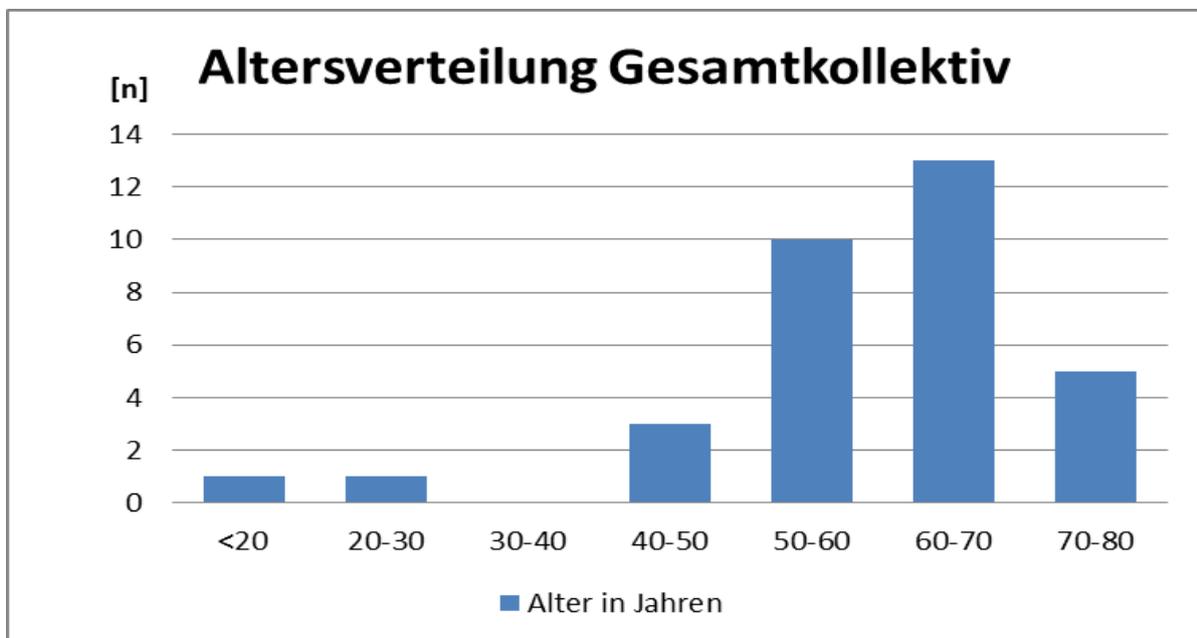


Abbildung 16: Übersicht über die Altersverteilung im gesamten Patientenkollektiv zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation

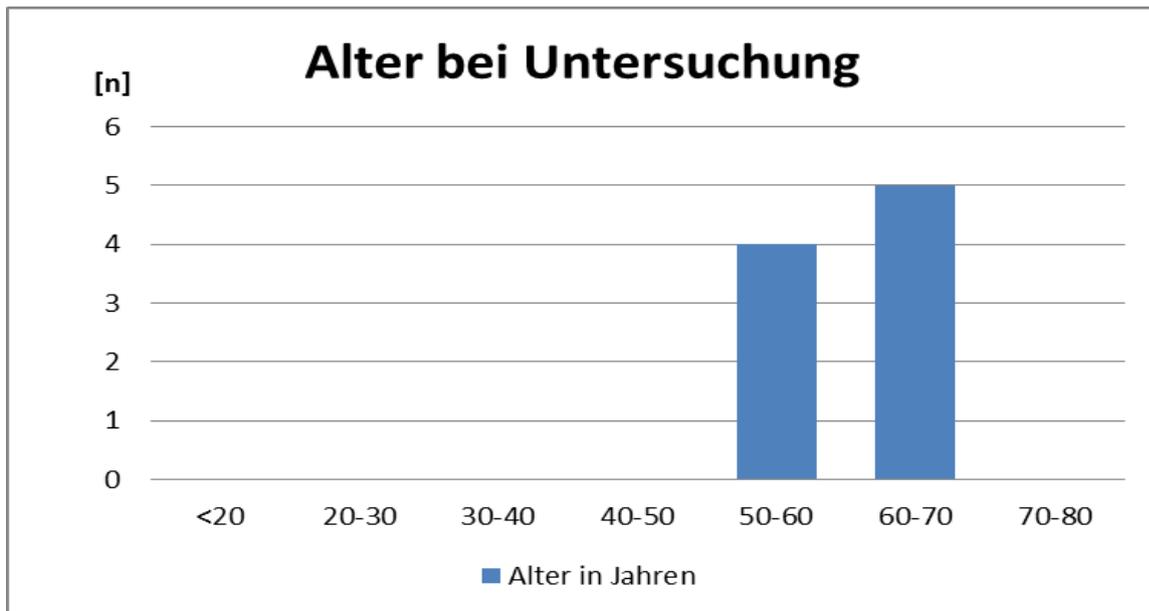


Abbildung 17: Übersicht über die Altersverteilung im untersuchten Patientenkollektiv zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Das mittlere Follow up lag bei 4,4 Jahren (min. 3, max. 6, SD +/- 1,2).

3.1.3. Häufigkeitsverteilung der Tumoren im Patientengut

In Deutschland entfielen im Jahr 2007 von insgesamt knapp 17 Millionen jährlichen Krankenhausfällen ca. 2 Millionen auf Neubildungen jeglicher Art. Das sind ca. 2400 Fälle pro 100.000 Einwohner. Mit ca. 190.000 Fällen pro Jahr stehen Neubildungen der Lunge an der Spitze dieser Statistik. [30]. Primär bösartige Neubildungen des Knochens stellen mit ca. 1% aller Malignome nur einen verhältnismäßig geringen Anteil dar. [11] Knochentumoren sind verglichen mit anderen gut- und bösartigen Neubildungen weniger häufig. Bei Kindern stellen sie allerdings die 6. häufigsten Neubildungen, bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen sogar die 3. häufigsten nach Lymphomen und Leukämien dar. [24, 25]

Beinahe alle malignen Neubildungen sind dazu in der Lage, Knochenmetastasen auszubilden. Über 50% der ca. 2 Millionen pro Jahr neu diagnostizierten Tumorerkrankungen bilden in ihrem Verlauf Knochenmetastasen aus. [71] Die in der Chemo- und in der Strahlentherapie erbrachten Fortschritte führten zu einer deutlichen Prognoseverbesserung bei Patienten mit metastasierten Neoplasien. Gleichzeitig ist die Gesamtzahl der neu aufgetretenen Krebserkrankungen in Deutschland zwischen 1980 und 2006 bei Frauen um 35%, bei Männern um mehr als 80% gestiegen. [Statistisches Bundesamt] Aus diesem Grund stiegen die Behandlungen von Knochenmetastasen in der Orthopädie in den letzten Jahren deutlich an.

In der vorliegenden Arbeit hatten primär bösartige Erkrankungen von Knorpel- und Knochengewebe einen Anteil von 25 % (n = 9), eine Patientin hatte mit einem Hämangiom eine gutartige Neubildung des Knochens. Metastasen anderer Primärtumoren waren mit 52,8 % (n = 19) mehr als doppelt so häufig. Mit 19,4 % (n = 7) standen Metastasen von Nierenzell-Karzinomen innerhalb des erfassten Patientengutes an der Spitze. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die verschiedenen Diagnosen der in der Studie eingeschlossenen Patienten.

Tabelle 3: Diagnosen des gesamten Patientenkollektivs

Diagnose	%	n=36
Metastasen Nierenzell-Ca	19,4	7
Chondrosarkom	16,7	6
Metastasen Mamma-Ca	10,4	4
Plasmozytom	8,3	3
Osteosarkom	8,3	3
Metastasen eines unbekanntes Primarius	8,3	3
Metastasen Lungen-Ca	5,6	2
Metastasen malignes Melanom	5,6	2
Akute myeloische Leukämie	2,8	1
Weichteilsarkom	2,8	1
Leiomyosarkom	2,8	1
Metastase eines PNETT	2,8	1
Metastase eines anaplastischen Ca	2,8	1
Hämangiom	2,8	1

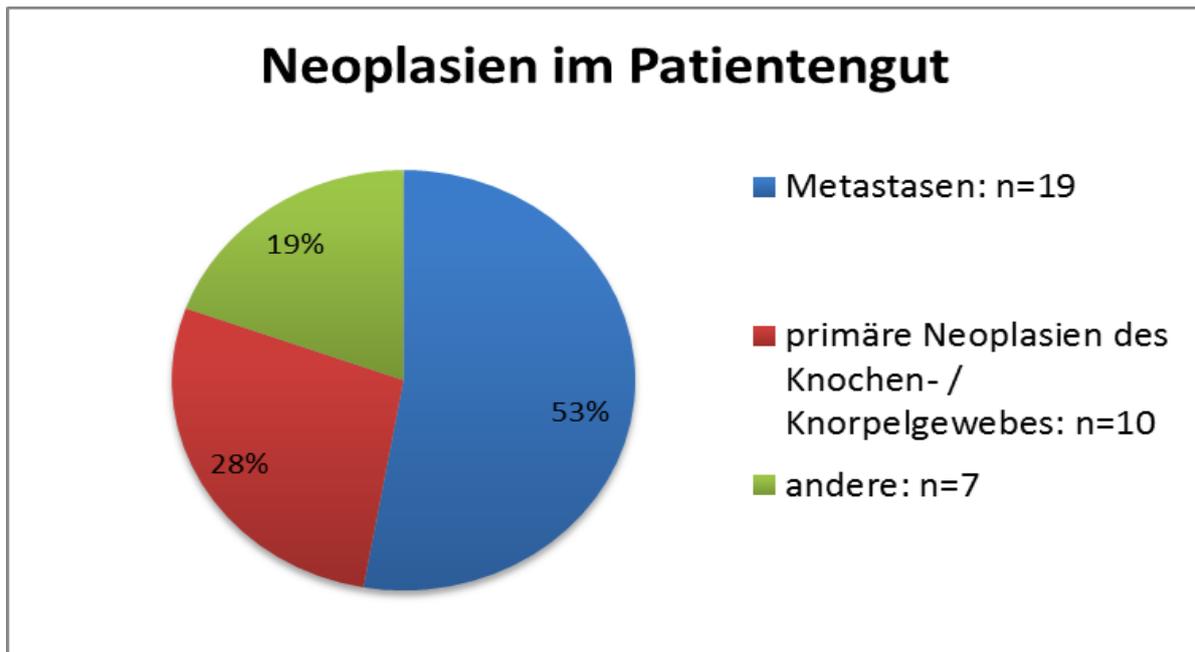


Abbildung 18: Verteilung der Neoplasien im Patientenkollektiv

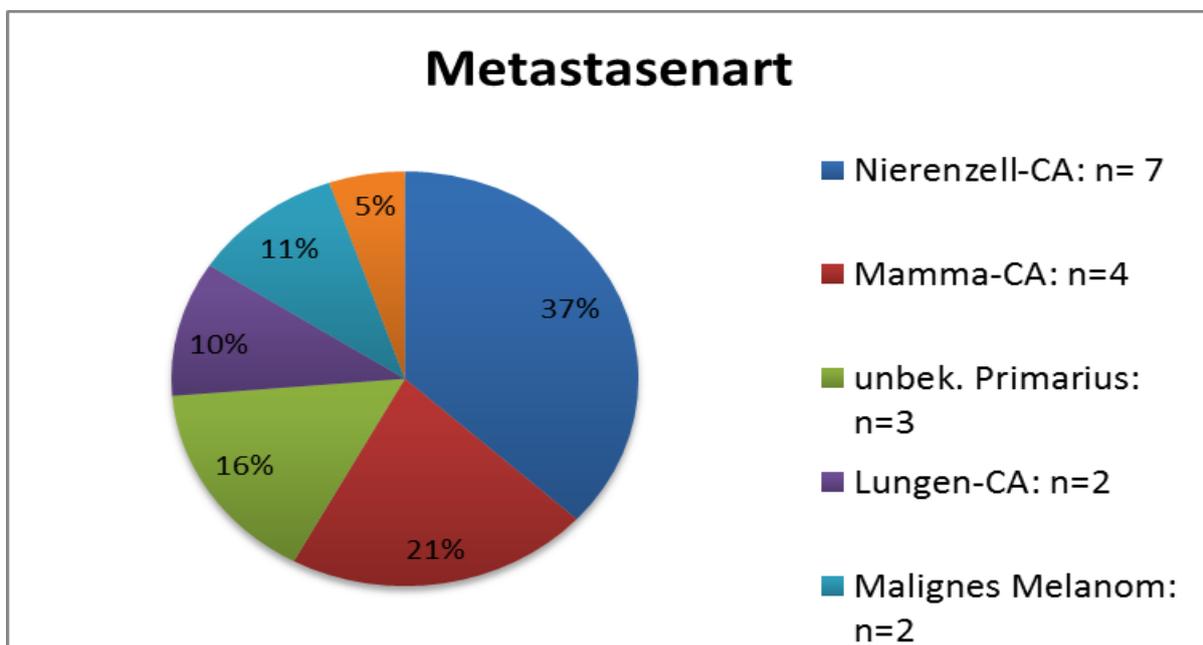


Abbildung 19: Anteile der verschiedenen Metastasen im Patientenkollektiv

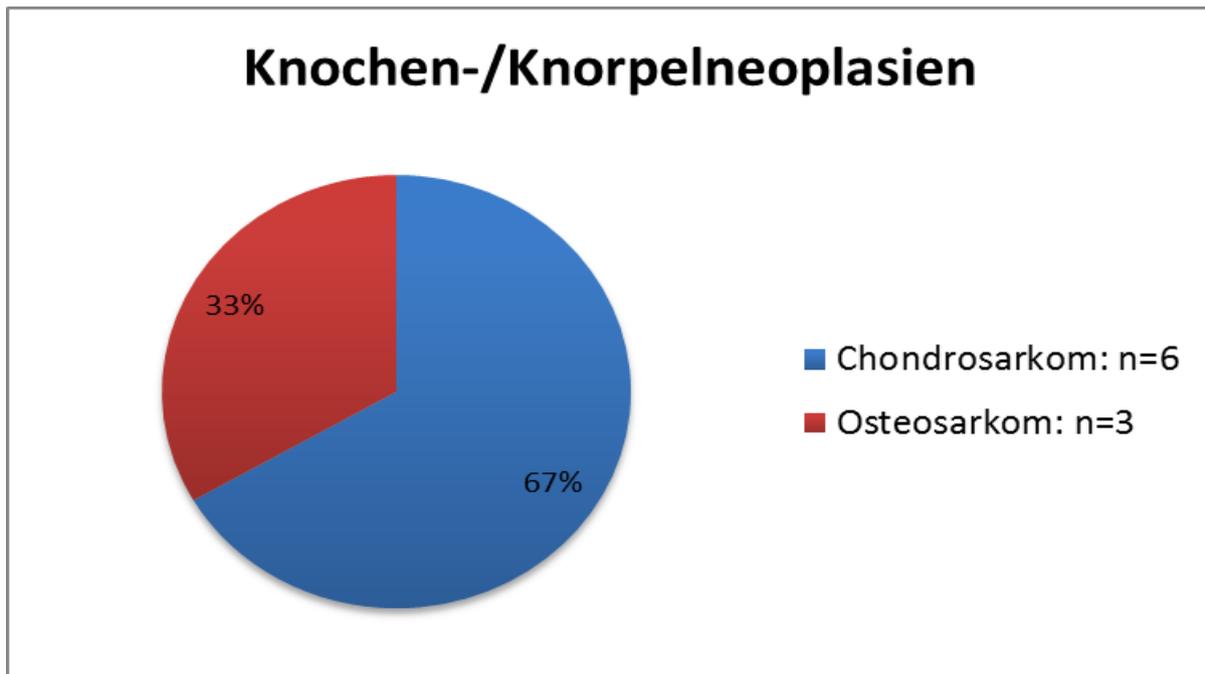


Abbildung 20: Knochen-/Knorpelneubildungen im erfassten Patientenkollektiv

Von den anderen Neubildungen hatten 3 Patienten ein Plasmozytom und jeweils ein Patient eine Amyeloische Leukämie, ein Leiomyosarkom, ein Weichteilsarkom und ein anaplastisches Karzinom.

Die Erfolge der Endoprothetik stellen heute einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Lebensqualität und zur Steigerung der Lebenserwartung dar. [26] In Deutschland wurden 2009 213.174 Hüftprothesen und 159.137 Knieprothesen implantiert [30], damit deutlich mehr als Schulterprothesen mit ca. 3000 [33]. Die Anzahl möglicher Indikationen zum künstlichen Gelenkersatz am Schultergelenk ist jedoch ungleich größer. [35] (s. Kapitel 9.1 Indikationen) Die Zahl der jährlich implantierten Schulterendoprothesen nimmt kontinuierlich zu.

Mit weiteren Neuentwicklungen nimmt die Tumorendoprothetik der großen Gelenke zu und hat sich auch am Schultergelenk etabliert.

3.2. Übersicht über Tumoren und sonstige Läsionen des proximalen Humerus

Benigne Tumoren wachsen langsam und lokal begrenzt. Jedoch können auch sie durch Verdrängung und Einengung von umgebenden Strukturen zu Beeinträchtigungen führen. Die benignen Knochentumoren werden nach Enneking [20] unterteilt in:

- latent: gleich bleibend, nicht wachsend, keine Beschwerden

- aktiv: wachsend, mit Beschwerden, überschreiten keine „natürlichen“ Grenzen wie Faszien
- aggressiv: wachsend, mit Beschwerden überschreiten „natürliche“ Grenzen

Maligne Erkrankungen breiten sich meist schnell und aggressiv aus, infiltrieren und zerstören umgebende Gewebe und bilden Metastasen. Histologisch unterscheidet man hochgradig maligne gering differenzierte und niedriggradig maligne gut differenzierte Typen.

Maligne Knochentumoren:

Chondrosarkom (vom Knorpel ausgehend)

Osteosarkom (vom Knochen ausgehend)

Fibrosarkom (vom Bindegewebe ausgehend)

Ewing-Sarkom (vom Knochenmark ausgehend)

Retikulumzell-Sarkom (vom Knochenmark ausgehend)

Plasmozytom (von Plasmazellen des Knochenmarks ausgehend).

Semimaligner Knochentumor:

Riesenzelltumor

Von den vorstehenden Läsionen sind für den proximalen Humerus in unserem Krankengut relevant:

3.2.1. Gutartige Tumoren

Von den gutartigen Tumoren kommt in unserem Krankengut das Hämangiom vor.

Hämangiom

Dieser benigne Tumor geht von Blutgefäßen aus und kommt vor allem an Wirbelkörpern, aber auch am Schädel und den langen Röhrenknochen (z.B. Humerus) vor. Eine Geschlechterprävalenz besteht nicht, Kinder sind häufiger betroffen. Neben den kapillären Hämangiomen, welche 30-40% aller Gefäßtumoren ausmachen und aus kapillären Blutgefäßen bestehen, gibt es noch das kavernöse Hämangiom aus dickwandigen, größeren Blutgefäßen und das arteriovenöse, das venöse, das epitheloide und das intramuskuläre Hämangiom. [6] Die Diagnose gelingt mit dem Röntgenbild oder dem MRT, was eine Biopsie meist erübrigt. Zu den selten auftretenden Symptomen zählen Schmerzen, Einbrüche des Trabekelwerkes oder an der Wirbelsäule neurologische Symptome. Eine Therapie ist in nur wenigen Fällen notwendig. Falls erforderlich kommen Analgetika, Strahlentherapie,

Embolisation der zuführenden Gefäße oder die Enukleation des Knochens (-abschnittes) zum Einsatz. [6, 7, 22, 29, 42, 50, 54, 64, 68, 77, 80] In ausgedehnten Fällen und bei fortgeschrittener Destruktion des umgebenden Knochens mit daraus folgender Frakturgefahr bzw. Instabilität kann eine ausgedehnte Resektion mit anschließendem endoprothetischen Ersatz notwendig werden, wie in dem in dieser Arbeit dargestellten Fall.

3.2.2. Bösartige Tumoren

Zu den bösartigen Tumoren unseres Krankengutes gehören das Osteosarkom, das Chondrosarkom und das Weichteilsarkom.

Osteosarkom

Das Osteosarkom ist der häufigste primäre maligne Knochentumor. Die jährliche Inzidenz liegt in Europa bei 2-5 Patienten pro 1.000.000 Einwohner. [6] Er entsteht aus Knochenmatrix produzierenden Zellen und tritt bevorzugt bei Kindern und jungen Erwachsenen auf. Vor dem 40. Lebensjahr werden mehr als 80% diagnostiziert. [6] Ein zweiter seltenerer Altersgipfel liegt bei 50 Jahren. Die Verteilung männlich zu weiblich beträgt 3:2. [6] Prädilektionsstellen sind die Metaphysen der langen Röhrenknochen, vor allem in Kniegelenksnähe. Mit ca. 85% ist das hochmaligne konventionelle Osteosarkom das häufigste, während mit 1-2% - intramedullär gelegene - niedrig maligne zentrale Osteosarkome selten sind. [6] Das Wachstum ist extrem schnell und sehr maligne, wobei benachbarte Strukturen infiltriert sowie Knochengrenzen und Wachstumsfugen durchbrochen werden. Die Metastasierung erfolgt bereits frühzeitig und häufig in die Lunge. Klinische Symptome sind bald eintretende Schmerzen, rasch zunehmende Schwellung und häufig eine Bewegungseinschränkung des benachbarten Gelenkes. Therapeutisch erfolgt eine neoadjuvante Chemotherapie nach dem COSS-Schema (Cooperative OsteoSarkoma Study) mit anschließender operativer Entfernung. Die 5 Jahres-Überlebensrate liegt bei alleiniger chirurgischer Therapie bei 1-15%, bei additiver Chemotherapie steigt sie auf ca. 70%. [6]

Chondrosarkom

Das Chondrosarkom ist ein bösartiger Tumor, der primär entstehen oder sich sekundär aus einem gutartigen Knorpeltumor (Chondrom) entwickeln kann. Es wird mit einer Häufigkeit von 15% [6] aller primären malignen Knochentumoren im Erwachsenenalter angegeben. Männer sind häufiger betroffen, die Häufigkeit gipfelt – mit zunehmendem Alter ansteigend – im 6. Lebensjahrzehnt. [6]

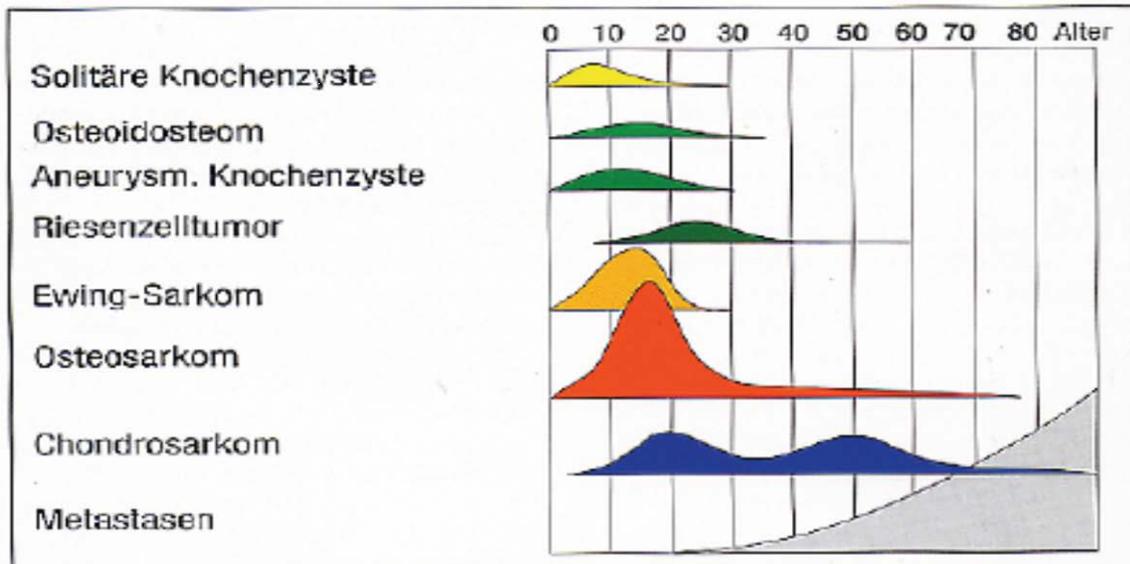


Abbildung 21: Typische Altersverteilung von Knochentumoren [9]

Prädilektionsstellen sind das proximale und distale Femur, der proximale Humerus, die Scapula und das Becken. Zudem unterscheidet man ein zentrales (stammnahes) von einem peripheren (stammfernen) Chondrosarkom, wobei der zentrale Tumor im Regelfall einen höheren Malignitätsgrad aufweist. Aufgrund des langsamen Wachstums treten Schmerzen erst spät auf, auch die Metastasierung erfolgt erst spät. Im Röntgenbild zeigen sich Osteolysen, welche irregulär und sklerotisch begrenzt sind, mit teils ausgedehnten Verkalkungen. [6] Aufgrund der niedrigen Strahlen- und Chemosensibilität besteht die Therapie in radikaler chirurgischer Entfernung. Die Prognose ist abhängig vom Malignitätsgrad. Bei Low Grade Tumoren beträgt die Fünf-Jahres-Überlebensrate bis zu 90% [7], jedoch treten Lokalrezidive häufig und teils nach mehr als 10 Jahren auf. [6]

Weichteilsarkome

Diese seltene (weniger als 1% aller Malignome) Tumorart kommt an den nicht knöchernen Geweben neuroektodermaler Herkunft vor. Beispielfhaft sollen das Fibrosarkom, das Angiosarkom, das Leiomyosarkom (Ursprung: glatte Muskulatur), Rhabdomyosarkom (Ursprung: quergestreifte Muskulatur) und das Liposarkom erwähnt werden. Neben diesen existieren noch eine Vielzahl weiterer Weichteilsarkome. Mehr durch Schwellung als durch Schmerzen treten sie in Erscheinung, wobei diagnostische Sicherheit durch Biopsien und Kontrastmittel-MRTs gewonnen wird. Je nach Tumorart erfolgt neoadjuvant eine Strahlen- oder Chemotherapie, gefolgt von möglichst vollständiger Entfernung des Tumors. Prognostisch besteht eine Fünfjahres-Überlebensrate von 7-75%. [6]

Plasmozytom (Multiples Myelom)

Die WHO-Klassifikation zählt Plasmozytome zu den malignen Lymphomen. [6] Die diffuse oder multilokuläre Knochenmarksinfiltration verursacht am Knochen osteolytische Herde bis hin zu pathologischen Frakturen oder Osteoporose bei gleichzeitiger Vermehrung der Plasmazellen im Knochenmark. Betroffen sind meist Patienten des mittleren und höheren Lebensalters. Das Multiple Myelom ist eine der häufigsten B-Zell-Neoplasien und macht etwa 10% aller hämatologischen Malignome aus. [6] Röntgenologisch sieht man multiple rundliche ausgestanzte Defekte ohne knöcherne Reaktion („Schrotschussschädel“). Seine Hauptlokalisationen sind Schädel, Wirbelsäule und Rippen, Becken sowie Femur und Humerus. Klinisch tritt es durch Schmerzen an den beteiligten Knochen sowie die tumorübliche B-Symptomatik in Erscheinung. Therapieoptionen sind Chemotherapie, Stammzelltransplantation, lokale Strahlentherapie sowie bei Bedarf operatives Vorgehen. [6] Die 5-Jahres-Überlebensrate liegt bei etwa 40%, wobei auch unter Therapie lediglich vorübergehende Remissionen – jedoch keine Heilung – möglich sind. [Gesundheitsberichterstattung des Bundes]

3.2.3. Knochenmetastasen

Grundsätzlich ist bei jedem malignen Tumor die Entstehung von Metastasen am Knochen vor allem durch hämatogene Ausbreitung möglich. Es gibt osteoblastische = Knochen aufbauende (v.a. bei Prostata- und Schilddrüsenkarzinom), osteoklastische = Knochen abbauende (v.a. bei Nierenkarzinom) und Mischformen (v.a. bei Bronchial- und Mammakarzinom). Das Skelett stellt nach Leber und Lunge die den dritthäufigsten hämatogenen Absiedelungsort dar. [6] Die fünf häufigsten Knochenmetastasen bildenden Tumore sind das Mamma-, Bronchial-, Prostata-, Schilddrüsen- und das Nierenkarzinom. Dem gegenüber stehen die fünf meist betroffenen Knochen: Die Wirbelsäule (37%), das Becken (13%), der Thorax (30%), der Schädel (10%), das Femur und der Humerus (zusammen 10%). [6] Insgesamt kommen Metastasen (16% aller Tumoren) häufiger als primäre Knochtumoren (1% aller Tumoren) vor. [53] Die Prävalenz nimmt mit dem Alter zu. Die Hauptsymptome der sekundären Knochenmalignome sind Schmerzen (Ruhe- und Dauerschmerzen) und Frakturen. Bei letzteren muss immer die Frage gestellt werden, ob es sich um ein adäquates Trauma für die jeweilige Fraktur handelt. Auch kommen neurologische Symptome infolge von Frakturen der durch den Tumor osteolytisch veränderten Knochen oder durch das verdrängende Wachstum der Malignome vor. Zur Diagnose stehen radiologische (Röntgen, MRT, CT, Szintigraphie), laborchemische (alkalische Phosphatase), operative (Probebiopsie) Verfahren nach der

klinischen Untersuchung zur Verfügung. Therapeutisch steht die Behandlung der Grundkrankheit im Vordergrund. Operative Therapien dienen zumeist einem palliativen Zweck. Hier finden sich - ergänzend zur Entfernung der Metastase - die Stabilisierung der von Frakturen bedrohten Knochen, Schmerzbekämpfung sowie der Erhalt der Funktionalität. Je nach Tumorentität wird diese Behandlung durch Strahlen-, Chemo- oder medikamentöse Therapie (Bisphosphonate) ergänzt. [6, 7, 22, 29, 42, 50, 54, 64, 68, 77, 80]

3.3. Diagnostik

Das diagnostische Vorgehen sollte gemäß Stufendiagnostik erfolgen, wobei zwischen Patienten mit Tumorerdtdiagnose und bekanntem Tumorleiden unterschieden werden muss. Für ein erfolgreiches therapeutisches Vorgehen ist das Wissen um die Tumorentität unabdingbar, was durch histologische Sicherung erzielt werden kann; ist es nicht möglich, diese zu eruieren, spricht man von einem CUP („carcinoma unknown primary“). [56]

Stufen der Stufendiagnostik [60]:

1. Basisdiagnostik: Klinik, Anamnese, körperliche Untersuchung, Labor
 2. Weiterführende Diagnostik / OP-Planung: Röntgen, CT, Szintigraphie, Angiographie, MRT, Biopsie, schließlich Tumorgraduierung
- Anamnese: Beschwerdedauer, -art, B-Symptomatik, Familienanamnese
 - Die Anamnese ist zumeist inhomogen und erst bei Beschwerdepersistenz, teils nach Monaten mit ggf. unspezifischer Therapie infolge insuffizienter Diagnostik, erfolgt die genaue Abklärung. [25] Bei malignen Neoplasien sind die Beschwerden zumeist progredient und können mit Schmerzen oder einer Schwellung auftreten. Durch Sport kann eine Schmerzverstärkung ausgelöst werden. Die Schmerzsymptomatik mancher Tumoren, bestes Beispiel stellt hier das Osteoidosteom dar, folgen einer zirkadianen Rhythmik mit nächtlichem Gipfel. [60]
 - Ausführliche klinische Untersuchung: Maligne sind zumeist Befunde von mehr als 5cm oder rascher Größenprogredienz, des Weiteren sind diese häufig tastempfindlich, können fest mit dem darunter liegenden Knochen verbunden sein, während gutartige weniger auffällige Untersuchungsbefunde erbringen. Selbstverständlich kann sich auch hinter jedem Minimalbefund, der nur langsam voranschreitet, eine maligne Neoplasie verbergen. [60]
 - Röntgen: Standardmäßig erfolgt konventionelles Röntgen in 2 Ebenen, hier ist zumeist durch die Lage und das Erscheinungsbild eine Aussage möglich über Entität der Neubildung und die Stabilität und somit das Frakturrisiko an der Lokalisation. Das

Enchondrom, das Osteoidosteom, das nichtossifizierende Fibrom (NOF) und der fibröse Kortikalisdefekt stellen zumeist – aufgrund ihrer typischen radiologischen Darstellungsblickdiagnosen dar. [38]

- Scharf begrenzter Rand, glatte reaktive Sklerosierung und fehlende Weichteilaustrahlung weisen auf langsames Wachstum und somit Gutartigkeit hin
- Unscharfe Begrenzungen, Osteolysen (Mottenfraß), Codman-Sporn (Mineralisation des beim Durchbruch abgehobenen Periost), Spiculae (senkrecht zum Schaft wachsende Knochenbälkchen), Weichteilaustrahlung bei unterbrochenem Periost sind Zeichen für schnelles Wachstum und damit Bösartigkeit.

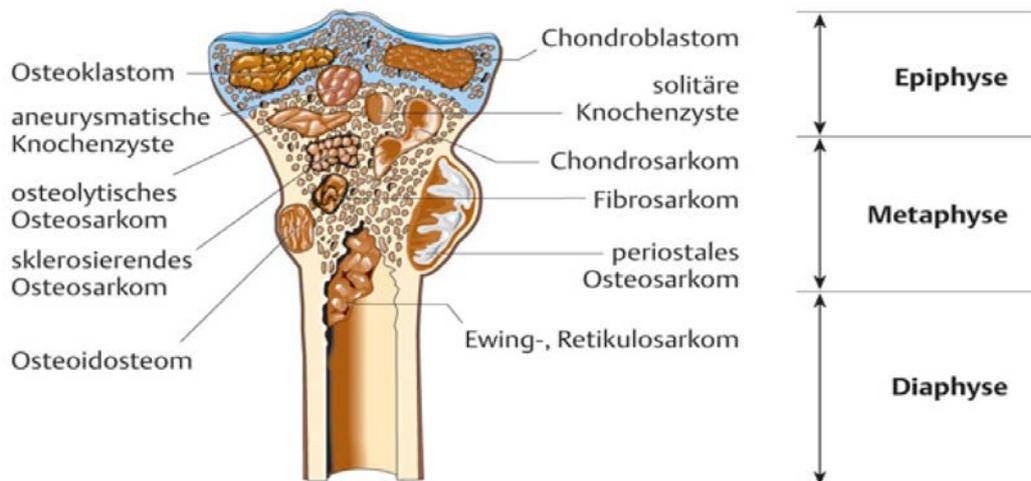


Abbildung 22: Typische Lokalisationen von Knochentumoren [53]

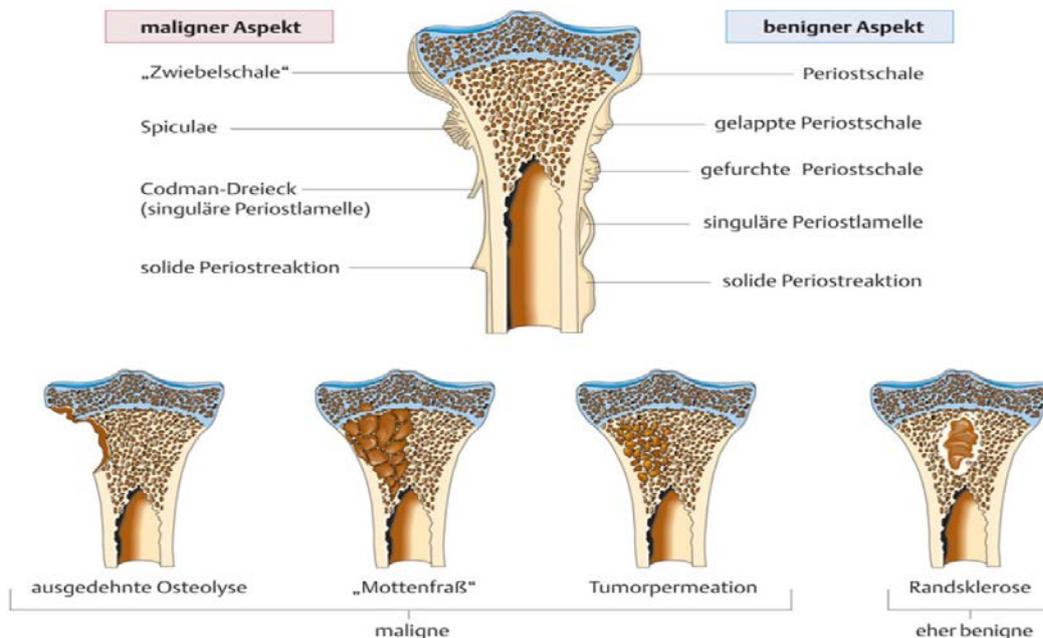


Abbildung 23: Morphologie und Radiologie von Knochentumoren [53]

- Die Sonographie dient der Bestätigung, sollte der Verdacht auf einen Weichteiltumor bestehen, zudem können Biopsien ultraschall gesteuert durchgeführt werden und lokale Lymphknoten untersucht werden. Ein exaktes regionales Staging ist mit dieser Methode jedoch nicht möglich. [61] Der Vorteil der Sonographie liegt ganz klar in der hohen Verfügbarkeit, den niedrigen Kosten und der fehlenden Strahlenbelastung. Die erhobenen Befunde sind jedoch sehr untersucherabhängig.
- MRT: Laut Rechl et al. [60] stellt die Magnetresonanztomographie die zentrale Untersuchungsmethode zur Therapieplanung von Knochen- und Weichteiltumoren dar und unterstützt bei der differenzialdiagnostischen Zuordnung [38]. Mit ihr können Schlüsse über den Tumoraufbau, die Tumorexpansion und Infiltration des umgebenden Gewebes gezogen werden. Die fehlende Strahlenbelastung ist positiv zu erwähnen.
- CT: Das Ganzkörperstaging ist die Domäne der Computertomographie [61], zudem gelingt der Nachweis ossärer Matrixanteile, Randsklerosen oder Periostreaktionen. [38] Nachteilig ist die Strahlenbelastung für den Patienten. Die verhältnismäßig kurze Untersuchungsdauer bei hoher Aussagekraft über große Areale steht dem positiv entgegen. Szintigraphie: Sie kommt zum Einsatz, sollte die konventionelle Röntgendiagnostik keine eindeutige Aussage zulassen. Dann klärt sie die Frage, ob eine Läsion solitär ist und einen aktiven Knochenstoffwechselumsatz aufweist, woraus Rückschlüsse auf das Wachstumsverhalten möglich sind. [38] Zudem kann eine Ganzkörperszintigraphie Hinweise auf weitere Tumorlokalisationen geben. Ein Nachteil dieses Verfahrens sind die möglichen falsch negativen Ergebnisse bei osteolytischen Neubildungen.
- Angiographie: Das Ausmaß der Vaskularisierung, die Beziehung zu den großen Gefäßen, die Klärung der Embolisationsmöglichkeit sowie die Darstellung von AV-Malformationen sind spezielle Fragestellungen, die mittels Angiographie oder MR-Angiographie geklärt werden können [60]
- Labor: Standardwerte wie das Blutbild, Harnsäure, BSG und CRP dienen der Abgrenzung gegenüber entzündlichen Befunden. [38] Diese Werte und die alkalische Phosphatase können unspezifische Hinweise aufzeigen. Zudem können Tumormarker wichtige Hinweise hinsichtlich eines eventuellen Primarius liefern. Zur Tumorsuche werden keine Tumormarker eingesetzt, jedoch liefern sie wichtige Hinweise bei Verlaufsbeurteilung einiger Tumoren (z.B. Prostata – PSA; Kolon – α -Fetoprotein).

- PET: Die PET / PET-CT ist eine verhältnismäßig neue Untersuchung. Einen eindeutigen Platz in der diagnostischen Kaskade hat sie noch nicht. Sie stellt eine wichtige Stütze in der Suche nach Fernmetastasen hochmaligner Tumoren dar. Für primäre Sarkome liegt die Sensibilität bei 74-100% (hochmaligne > niedrigmaligne). [61]
- Biopsie: Die Biopsie (offen / perkutan als Nagel-/Stanzbiopsie/ Sonographie- oder CT gesteuert) dient der Gewinnung von Probematerial, auf dessen Grundlage ein Grading erfolgen kann. Hier muss äußerste Sorgfalt gewahrt bleiben, um keine Tumorzellen über anatomischen Barrieren hinaus zu verschleppen. Des Weiteren sollte der Stichkanal im späteren operativen Zugangsweg liegen, damit er mit dem Tumor in einem Stück entfernt werden kann. Nachteilig sind die erwähnte mögliche Verschleppung von Tumorzellen sowie bei der Nadelbiopsie die relativ kleine gewonnene Tumormasse, Vorteile sind das ermöglichte Grading des Tumors und damit die möglichst exakte Diagnose des Tumors sowie die niedrige Invasivität der Methode. [56]
- Tumorgrading: Sind alle o.g. Verfahren durchgeführt, werden beim Tumorgrading die Ergebnisse zusammengetragen und verwertet. So können schließlich die Tumorausdehnung, das Grading und hiermit das Risiko einer Metastasierung, wenn nicht schon solche vorliegen, beziffert werden. [60] Aus dem erfolgten Staging schließt sich der Therapieplan und die Prognose und ermöglicht einen Vergleich mit Studien und deren Patientengruppen. [5]

Es schließt sich nach Möglichkeit die Evaluation der Ergebnisse in einer interdisziplinären Tumorkonferenz an. Die Tumortherapie ist eine interdisziplinäre, bei der nur die bestmögliche Zusammenarbeit der einzelnen Disziplinen (Pathologie, Radiologie, Orthopädie, Onkologie, Strahlentherapie) ein für den Patienten optimales Therapieregime erbringen kann. Daher sollten die zusammengetragenen Ergebnisse unbedingt in einer solchen Tumorkonferenz diskutiert werden, um somit dem Patienten die bestmögliche multimodale Therapie zu ermöglichen.

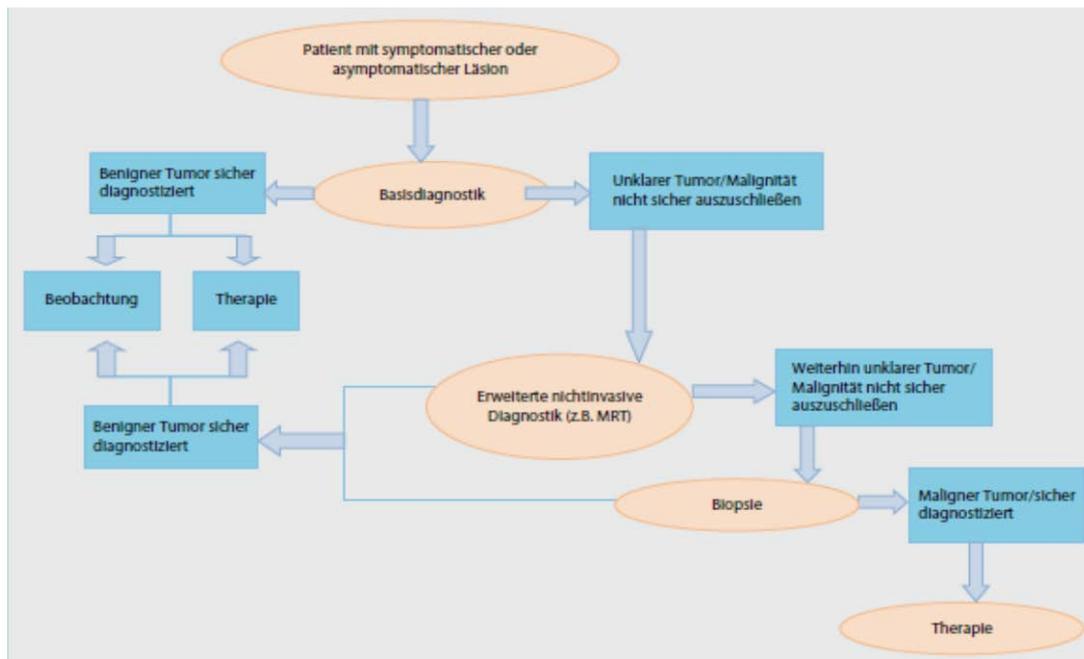


Abbildung 24:Vorschlag zum diagnostischen Vorgehen bei Knochenläsionen [38]

3.4. Therapie

3.4.1. Operationsmethoden

In der Tumorthherapie hat die vollständige Entfernung des Tumors die höchste Priorität.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Operationsmethoden zur angestrebten vollständigen Entfernung des Tumors: Gliedmaßen erhaltend oder Amputation (total oder subtotal).

Grundvoraussetzung für ein chirurgisches Vorgehen ist eine exakte präoperative Diagnostik bezüglich der Art, dem Ausmaß, dem Differenzierungsgrad und der Lage des Tumors sowie von den durch den Tumor verursachten Symptomen.

Zur Behandlung maligner Tumoren steht eine Vielzahl an Rekonstruktionsmethoden zur Verfügung und noch immer stellt die Behandlung dieser Neubildungen eine Herausforderung an den Chirurgen dar. Dabei gibt es verschiedene operative Verfahren. War früher die nicht-extremitäten-erhaltende Chirurgie führend, können heute die funktionellen Ergebnisse mit Patienten verglichen werden, die nicht aufgrund einer Tumorerkrankung versorgt wurden. Eine Literaturrecherche von Black et al. zeigt, dass die Messmethode für die Funktionalität (MSTS) gute oder sehr gute Ergebnisse zeigt. [75]

Der Humerus, v.a. der proximale Anteil, ist die dritthäufigste Lokalisation primär maligner Knochentumoren und der an der oberen Extremität am häufigsten von Metastasen befallene Knochen. Daraus ergibt sich in der Tumororthopädie oft die Indikation zur chirurgischen

Therapie. Grundsätzlich wird für primäre Tumoren eine weite Resektion gefordert. Metastasen erlauben ein intraläsionales Vorgehen, jedoch fordern oft fortgeschrittene Ausdehnung und Destruktion oder die Beziehung zu den Gelenken eine segmentale Resektion und daraus folgende ausgedehnte Rekonstruktion. [23]

3.4.2. Extremitäten erhaltende Maßnahmen

Bei den Extremitäten erhaltenden Eingriffen werden nach Enneking vier Möglichkeiten der operativen Resektion unterschieden [20]:

1. radikale Resektion (En-bloc-Resektion): Entfernung des gesamten befallenen Muskels/Knochens
2. Resektion weit im Gesunden: En-bloc-Resektion unter Einhalten eines Sicherheitsabstandes
3. Resektion entlang der Tumorgrenze (marginal excision): En-bloc-Resektion innerhalb der reaktiven Zone
4. intrakapsuläre Resektion: Teilentfernung des Tumors

Die histologische Untersuchung des Resektats inklusive Schnittländerbeurteilung ist unabdingbar, um ein genaues Ergebnis hinsichtlich eines intraläsionalen, marginalen, weiten oder radikalen Schnittverlaufes zu erhalten. Seit den 1970er Jahren gewinnt die sog. Gliedmaßen erhaltende Operation („limb salvage“) zunehmend an Bedeutung, da die Amputation bei ausreichend weit gewählten Resektionsgrenzen keine Erhöhung der Überlebensrate zeigt. [60] Enneking et al. [18] prägten den Begriff, der weiten Tumorresektion, d. h. die Resektion im Gesunden. Zusammen mit der Möglichkeit das OP-Gebiet zuvor in der MR-Schnittbilddiagnostik genau darzustellen, führte dies zu einer Erhöhung der lokalen Kontrolle.

3.4.3. Amputation

Die Indikation für eine Amputation wird zurückhaltend gestellt, da dieses Vorgehen als endgültige Entscheidung immer einen Verlust einer Extremität beinhaltet. Früher galt die Amputation als die einzige Möglichkeit einer radikalen Entfernung eines malignen Tumors an einer Extremität, um eine Überlebenschance zu gewährleisten. In einem vergleichbaren Krankengut war nach Bhagia et al. [3] aus dem Jahre 1997 die Amputation eine nutzbare Möglichkeit, gegen hochgradige maligne Tumoren vorzugehen. Die Autoren errechneten eine durchschnittliche Überlebensrate von 20,6 Monaten bei 20 Patienten.

Heutzutage ist es jedoch aufgrund der Techniken und adjuvanten Therapien meist möglich, maligne proximale Humerustumoren armerhaltend zu reseziieren.

Trotzdem ist die Amputation indiziert, wenn das Haupt-Gefäß-Nervenbündel bis an den Tumor grenzt, hindurchzieht oder gar bereits vom Tumor durchsetzt wird. Auch wenn die Biopsie einen Infekt nachweist oder die präoperative Chemotherapie keinen Response zeigt, könnte eine Amputation in Erwägung gezogen werden. Levine et al. [44] sowie Wittig [79] beschrieben die Amputation als eine letzte Möglichkeit, wenn keine Alternative anwendbar war oder sie wird rein palliativ eingesetzt, um Schmerzen zu reduzieren.

3.4.4. Autogene / Autologe Transplantate

Bei autogenen Transplantaten sind Spender und Empfänger dieselbe Person. Zu den Rekonstruktionen mit autogenen Knochentransplantaten gehört zum Beispiel die Wiederherstellung des Humerus nach der Resektion durch frei vaskularisierte Fibulatransplantate. Bei Kindern wurde versucht, das Wachstumspotential nach einer Resektion zu erhalten. Hier werden vaskularisierte Fibulatransplantate mit der proximalen Epiphyse und einer aktiven Wachstumsscheibe verwendet, um ein durchschnittliches Wachstum von 1 cm pro Jahr zu erreichen.

3.4.5. Allogene/ Homologe Transplantate

Allogene Transplantate sind von einem differenten Individuum derselben Spezies. Bei der chirurgischen Rekonstruktion mit einem autogenen oder allogenen Transplantat unterscheidet man den Intercalary-Graft vom osteochondralen Graft. Beim Intercalary-Graft befindet sich der Tumor in der Diaphyse der Röhrenknochen und das Gelenk kann erhalten werden. Osteochondrale Grafts verwendet man, wenn der Tumor in das benachbarte Gelenk eingebrochen ist.

3.4.6. Xenogene / Heterologe Transplantate

Xenogene Transplantate sind von Individuen einer anderen Spezies. Aufgrund der hohen Immuninkompatibilität verschiedener Spezies kommt es häufig zu ausgeprägten Abstoßungsreaktionen. Aus diesem Grund sind diese Transplantate heutzutage als weitgehend obsolet anzusehen.

3.4.7. Kombinierte Arthroplastik (Composite Auto-/Allograft)

Bei dieser kombinierten Vorgehensweise wird das Humerusresektat durch eine Langschaftprothese sowie ein Allotransplantat ersetzt. Das Endoprothesenelement wird durch den allogenen Fremdknochen hindurch in den verbleibenden Humerusstumpf zementiert oder in Pressfit-Technik fixiert. Als wesentlichen Vorteil dieser kombinierten Methode erhoffte man sich wiederum eine bessere Refixierung des Weichteilmantels im Vergleich zu Alloplastik. Bisherigen Berichten zufolge ist diese Methode allerdings sehr komplikations-

behaftet (Rockwood und Matsen 1998[54]). [33] Über die Kombination Prothese und autologer Knochen (z.B. vom Beckenkamm) berichten Cofield und Sperling. [13]

3.4.8. Transfer der Clavicula

Die biologische Rekonstruktion, eine Clavicula zu transferieren, wurde erstmals von Sulmaa [70] bei Kindern mit einer Phokomelie (Robbengliedrigkeit) durchgeführt. Diese Extremitätenentwicklungsstörung ist eine Fehlbildung, bei der die Hände unmittelbar an den Schultern ansetzen. Der Autor gibt als erfolgreiches Ergebnis an, dass die Patienten, bei denen die Operation bilateral durchgeführt worden war, die Hände postoperativ vor dem Körper zusammenführen konnten.

Winkelman [76] beschrieb 1992 eine Modifizierung der von Sulmaa durchgeführten Operation und er legte dieser Methode die Intention einer Rekonstruktion nach Tumorresektionen zugrunde. Da der proximale Humerus reseziert wird, kann die Clavicula nach distal rotiert und am distalen Humerus fixiert werden. Die Clavicula pro humero-Operation stellt eine gute Alternative zu anderen Rekonstruktionen dar. Sie ist einfacher durchzuführen als eine Fibulatransplantation und die funktionellen Ergebnisse sind besser.

Der Transfer der Clavicula ist eine sehr gute Methode, wenn Prothesen nicht genutzt werden können, die Patienten zu alt sind oder für Länder, in denen Tumorprothesen aus Kostengründen nicht verfügbar sind.

3.4.9. Tumorprothesen

Seit 1940 gibt es Endoprothesen für Rekonstruktionen, seit 1988 ein Modular Replacement System (MRS) für intra- und extraartikuläre Resektionen mit weniger Frakturen, Revisionen, Tumorrezidiven und kürzerer Immobilisationszeit als bei Transplantaten, Composite Grafts oder Arthrodesen. [67]

O'Connor et al [55] sahen den Vorteil der Prothesen in der schnellen distalen Fixierung und der Möglichkeit der postoperativen Bestrahlung. Das potentielle Infektionsrisiko war geringer als bei Transplantaten.

Bei chirurgischen Rekonstruktionen mit Prothesen können modulare Prothesen, beispielsweise ESKA-Schulter-Tumor-MML-Prothesen, in individuell unterschiedlichen Rekonstruktionslängen verwendet werden. Die nötige Prothesenlänge wird anhand präoperativer Planungszeichnungen bestimmt. Bei ausgedehnter Destruktion durch den Tumor kann die gesunde Gegenseite als Referenz benutzt werden.

Im Schultergürtel ist nicht die Knochenresektion alleine für die Wahl des Rekonstruktionsverfahrens ausschlaggebend, sondern auch der begleitende Weichteilverlust. Entscheidend ist der Erhalt der Rotatorenmanschette, des N. axillaris und des Deltoideus.

Kassab et al. [40] haben einen Algorithmus beschrieben, der einen konventionellen proximalen Humerusersatz dann empfiehlt, wenn Rotatoren und Deltoideus geopfert werden müssen. [23]

3.4.10. Chemotherapie und Strahlentherapie

Je nach Sensibilität des Tumors werden Strahlentherapie und Chemotherapie oder eine Kombination eingesetzt.

Unterschieden werden die neoadjuvante Strahlen- / Chemotherapie, die zur Bekämpfung des Tumors bzw. Reduzierung der Tumormasse vor einer geplanten Operation dient, und die adjuvante Strahlen- / Chemotherapie, die nach einer Operation zur Behandlung von Mikrometastasen oder Tumorresten eingesetzt wird. Die Chemotherapie bewirkt eine spezifische Hemmung sich schnell teilender Zellen. Die systemische Behandlung wirkt sowohl auf Tumorzellen wie auch auf gesundes Gewebe. Bekannt sind die Nebenwirkungen der Chemotherapie, die einen Therapieabbruch auslösen können: Übelkeit und Abgeschlagenheit, Leukozytendepression, dadurch Immunschwäche und Infektionen.

Die Strahlentherapie erfolgt perkutan oder radioaktives Material wird in die Tumorregion implantiert. Die akuten Nebenwirkungen der Strahlentherapie sind ähnlich denen der Chemotherapie. Zu den chronischen Strahlenschäden zählen Verbrennungen, narbige Verklebungen oder auch ein Strahlensarkom.

„Fortschritte in der (neo-)adjuvanten Therapie resultierten in erhöhtem Überleben von Patienten mit Knochenmetastasen.“ [4] Neoadjuvante bzw. adjuvante Therapiemethoden verbesserten das Gesamtüberleben bei malignen, muskuloskelettalen Tumoren von 30% auf etwa 70% [60].

3.5. Behandlungsverlauf

3.5.1. Indikationen

Die Hauptindikationen für die Implantation einer Schulterendoprothese sind – zusammengetragen von Jerosch et al. [34, 35] konservativ nicht mehr therapierbare Omarthrosen rheumatischer, degenerativer oder posttraumatischer Genese sowie komplexe Mehrfragmentfrakturen des proximalen Humerus. Humeruskopfnekrosen unterschiedlicher Genese sowie Tumoren des proximalen Oberarmes sind weitere gängige Indikationen. Dabei kann es wie beim Hüftgelenk bei ausschließlichem oder überwiegendem Verschleiß beziehungsweise Destruktion nur eines Gelenkpartners durchaus indiziert sein, nur diesen

Gelenkanteil – den Humeruskopf – isoliert zu ersetzen (sog. Hemiprothese). Kontraindikationen sind in jedem Fall akute Infektionen, mangelnde Muskulatur (M. deltoideus und Rotatorenmanschette) und Nervenschädigungen.

Tabelle 4: Indikationen für Arthroplastiken [34, 35]

<u>Hemiarthroplastik</u>	<u>Totalarthroplastik</u>
primär degenerative Omarthrose mit konzentrischem Glenoid	primäre degenerative Omarthrose mit exzentrischem Abrieb der Fossa glenoidalis
rheumatoide Arthritis mit schlechter Knochenqualität	rheumatoide Arthritis mit guter Knochenqualität
Humeruskopfnekrose mit noch intaktem Glenoid	posttraumatische schmerzhafte Omarthrose mit Glenoidbeteiligung
proximale 4-Fragment-Fraktur des Humeruskopfes	verhakte schmerzhafte Schultergelenkluxation nach dorsal oder ventral
proximale 3-Fragment-Fraktur des Humeruskopfes beim älteren Patienten	postinfektiöse schmerzhafte Omarthrose
Rotatorenmanschettendefekt-Arthropathie (optional: Deltaprothese)	
proximaler Humerustumor ohne Gelenkbeteiligung	
sekundär dislozierte Osteosynthese	
schmerzhafte Pseudarthrose des proximalen Humerus mit Zerstörung des Humeruskopfes bei erhaltenem Glenoid	

3.5.2. Operationsbeschreibung der Implantation einer MML-Schulter-Prothese

Präoperativ erhält der Patient ein Antibiotikum zur Infektionsprophylaxe. Die Operation erfolgt in Vollnarkose in Beach-Chair-Lagerung mit frei beweglichem Arm auf der OP-Seite.

Nach üblicher Desinfektion und steriler Abdeckung – der Oberarm bleibt frei, Unterarm und Hand werden steril eingepackt für die freie Beweglichkeit des Armes – wird über einen deltoideopectoralen Zugang der Eingriff begonnen. Dieser Zugang bietet die Möglichkeit einer Verlängerung nach distal soweit erforderlich. Das Subcutangewebe wird unter Blutstillung durchtrennt, die Faszie eröffnet. Beim Eingehen in den Sulcus deltoideopectoralis wird die V.cephalica nach lateral beiseite gehalten. Nach Ablösen des M. deltoideus mit Präparation entlang der langen Bicepssehne und Ablösen der Rotatorenmanschette (bei Tumorbefall Resektion) wird die Gelenkkapsel durchtrennt. Nach Ablösen des M. coracobrachialis kann der Humerus nach distal umfahren werden. Äste der A. und V. circumflexa humeri ant. und post. werden zwischen Ligaturen durchtrennt. Der N. axillaris wird erhalten, bei Tumorbefall reseziert.

Die tumorösen Anteile des Humerus werden reseziert durch Osteotomie distal des Tumors mit einem Sicherheitsabstand je nach Tumorentität und –dignität, anschließend sorgfältige Spülung. Der Markraum wird nach distal mit einem scharfen Löffel eröffnet und für den Prothesenstiel aufgebohrt. Passende Probeimplantate werden ausgesucht und eingesetzt. Ihre Passform muss überprüft werden, insbesondere im Hinblick auf Luxationstendenz, Bewegungsausmaß und die korrekte Rotation. Die endgültige Prothese wird zusammengesetzt aus Prothesenstiel, Verlängerungsmodul, Humerusersatz proximal und Humeruskopf. Die Länge des Humerusersatzes richtet sich nach der Länge der vorangegangenen Resektion. Die Implantation der Prothese erfolgt mit oder ohne Palacos abhängig von der knöchernen Situation des Patienten. Nach der Reposition werden erneut Passform, Luxationstendenz und Bewegungsausmaß überprüft.

Die Gelenkkapsel wird verschlossen nach Einlage von 1-2 Redondrainagen. Alle erhaltenen Bänder und Muskeln werden adaptiert bzw. an die Prothese fixiert. Nach erneuter Spülung und Einlage einer Redondrainage wird die Faszie verschlossen, die Subkutanschicht genäht, nachfolgend Hautnaht und steriler Verband.

Das OP-Ergebnis wird mittels Bildwandlerkontrolle überprüft und dokumentiert. Postoperativ wird zur Ruhigstellung und zum Erhalt der Recessus ein Thoraxabduktionskissen angelegt.

Bei Tumoren wird sämtliches entnommene Material zur histologischen Untersuchung ins Pathologische Institut eingesandt.

3.5.3. Rehabilitation

Die physiotherapeutische Nachbehandlung kann nach Habermeyer [29] in drei Phasen eingeteilt werden. In Zusammenarbeit mit Frau Katja Gudorpp (Leiterin Team Orthopädie der Abteilung für Physiotherapie, Klinikum rechts der Isar München) wurde nachstehende Übersicht erstellt:

Die erste Phase beginnt noch im OP-Saal. Dort werden die Patienten mit einem Thoraxabduktionskissen versorgt, das den Arm in max. 30° Abduktion, leichter Anteversion und 0° Außenrotation fixiert. Diese Vermeidung von Außenrotationsbewegungen dient der Verhinderung von Luxationen aufgrund der ganz oder teilweise fehlenden oder refixierten Rotatorenmanschette (v.a. M. subscapularis). Für die ersten sechs Wochen nach der OP sollen keine aktiven Bewegungen mit der operierten Extremität ausgeführt werden. Sie umfasst schmerzadaptierte passive oder sog. assistierte Bewegungsübungen unter Führung des Physiotherapeuten mit leichter Eigenaktivität des Patienten. Submaximale isometrisch-zentrierende Übungen zum Halten des Prothesenkopfes in der Glenoidal-Pfanne und Training der Scapula- und oberen BWS-Muskulatur sind ein äußerst wichtiger Pfeiler der wiederherstellenden Maßnahmen, da diese Kopf und Pfanne in ihrer richtigen Position halten und somit die Grundlage einer sicheren Schulterstabilität bilden. Während der gesamten Phase bleibt die Außenrotation auf 0° begrenzt. Bis zum Ende der 4. postoperativen Woche werden die maximale Flexion und Abduktion bis 90° gesteigert. Zudem wird das Ellenbogengelenk mit Flexion und Extension sowie Pro- und Supination beübt.

Die zweite Phase verfolgt das Ziel einer möglichst großen Wiederherstellung der funktionellen Bewegungsfreiheit im betroffenen Schultergelenk, es sollen eine Flexion von ca. 130-140° sowie eine Rotationsfähigkeit von ca. 30-40° in der 8.-9. postoperativen Woche erreicht werden. Zusätzlich werden in der zweiten Phase dynamisch zentrierende Übungen durchgeführt. Für die Rotatoren wird ein konzentrisches Training an Gummibändern o.ä. durchgeführt.

Die dritte Phase beginnt erst, wenn die Ziel-Bewegungsausmaße aus Phase zwei erreicht werden. Phase drei dient einer Stärkung der Kraft und Koordination. Hierzu werden die Widerstände bei den Übungen mit und ohne Unterstützung des Patienten erhöht. Dies erfolgt stets unter Rücksichtnahme auf die aktuelle Schmerzsymptomatik des Patienten. Schließlich

werden alltagsspezifische Abläufe und Positionen wieder einstudiert unter Vermeidung von Aktivitäten mit hoher Zug-, Scher- oder Stoßbelastung.

Ziel der Rahabilitationsmaßnahmen ist bei intakter Rotatorenmanschette und intakter Oberarmmuskulatur eine vollständige Rehabilitation mit Beweglichkeit über 90°. Sollte dies nicht der Fall sein, wird als begrenztes Reha-Ziel eine schmerzfreie Beweglichkeit unterhalb der Horizontalen angestrebt. Hierfür muss das Reha-Protokoll leicht verändert und die zweite und dritte Phase zeitlich deutlich nach hinten versetzt und / oder eingeschränkt werden. [29]

3.6. Nachuntersuchung

3.6.1. Bewegungsausmaße

Nach ausführlicher Anamnese folgten die Inspektion der Schulter hinsichtlich Muskulatur, Narben und schließlich die klinische Untersuchung immer im Vergleich gesunder / operierter Arm. Nach der Neutral-Null-Methode wurde die aktive Beweglichkeit der Schulter bestimmt. Die Armlängen und die Kraftgrade der Schulter wurden gemessen.

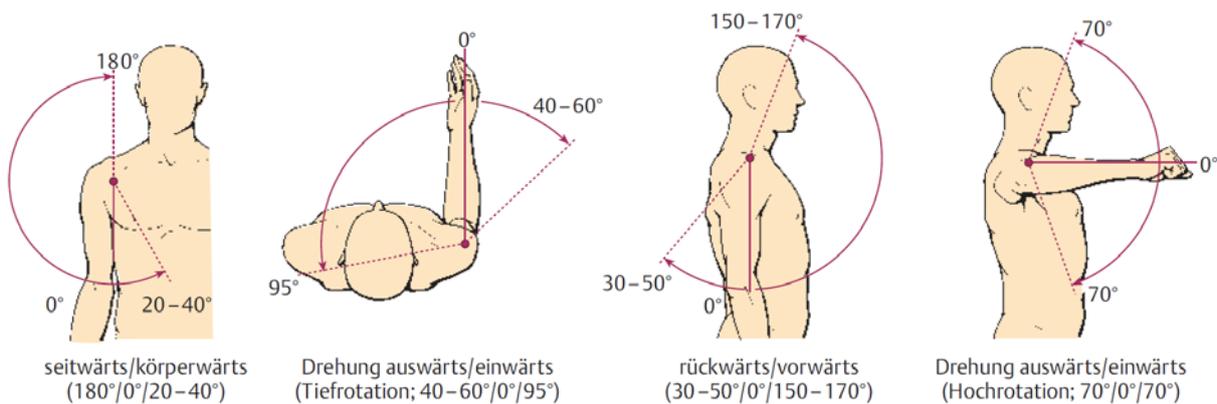


Abb 25: Normaler Bewegungsumfang im Schultergelenk [53]

3.6.2. Klinische Tests

Zur Überprüfung von Funktion und Stabilität der Schulter wurden folgende Tests der Rotatorenmanschette durchgeführt:

- Null-Grad-Abduktions-Test: Der Patient versucht, die herabhängenden Arme gegen den Widerstand des Untersuchers zu abduzieren. Schmerzen bzw. eine Abduktionsschwäche weisen auf eine Insuffizienz / Ruptur des M. supraspinatus bzw. des M. deltoideus hin. [8]

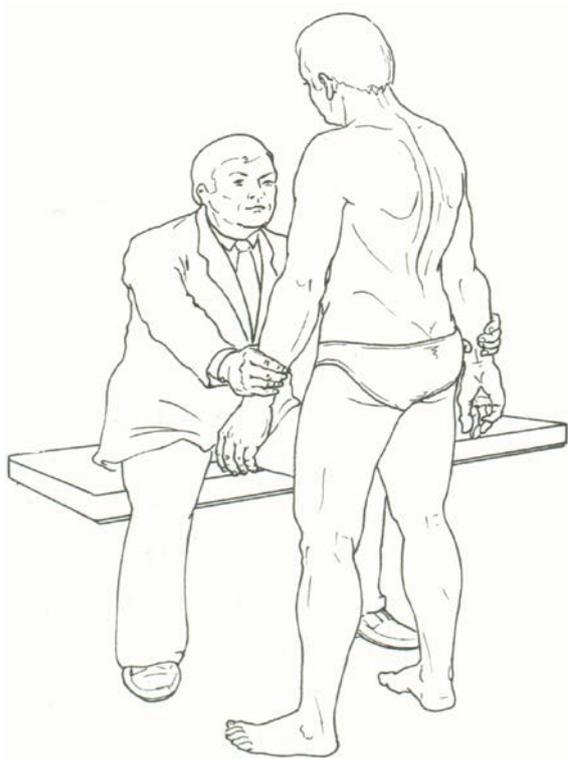


Abbildung 26: Null-Grad-Abduktionstest [8]



Abbildung 27: Empty-can-Test [8]

- Empty-can-Test (nach Jobe): Bei gestrecktem Ellenbogengelenk wird der Arm des Patienten in 90° Abduktion, 30° Horizontalflexion und Innenrotation gehalten. Der Untersucher übt Druck von oben auf den Unterarm aus. Schmerzen bzw. eine Unfähigkeit, die Arme in dieser Position zu halten, weisen auf eine Läsion des M. supraspinatus hin. Man spricht von einem sog. positiven „drop arm sign“. [8]
- Lift-off-Test (nach Gerber): Der Patient legt bei innenrotiertem Arm den Handrücken auf den Rücken und versucht, ihn gegen den Widerstand des Untersuchers abzuheben. Nicht möglich ist dies bei einer Ruptur/Insuffizienz des M. subscapularis. [8]

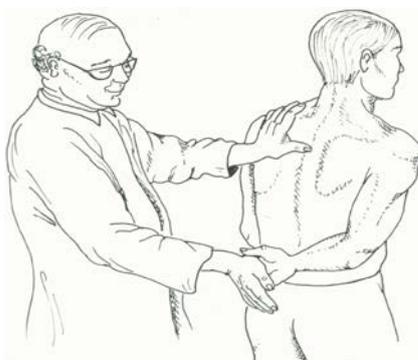


Abbildung 28: Lift-off-Test [8]

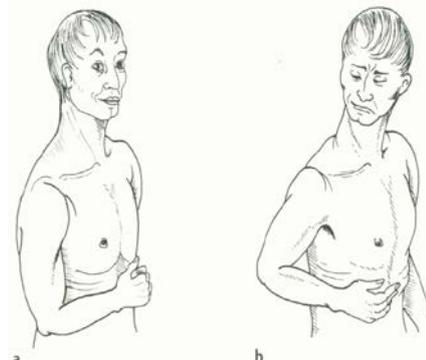


Abbildung 29: Napoleon-Zeichen [8]

- Napoleon-Zeichen (Belly-Press-Test): Der Unterarm des stehenden Patienten liegt bei gebeugtem Ellenbogen auf dem Bauch und versucht, kräftig gegen den Bauch zu drücken. Ist die Sehne des M. subscapularis verletzt, weicht der Ellenbogen nach dorsal ab. [8]

- M. infraspinatus -Test: Der Patient versucht, gegen den Widerstand des Untersuchers die herabhängenden im Ellenbogengelenk um 90° gebeugten Arme nach außen zu rotieren. Eine Läsion des M. infraspinatus zeigt sich durch Schmerzen oder Außenrotationschwäche. [8]



Abbildung 30 : M. infraspinatus-Test [8] Abbildung 31: Abduktions-Außenrotations-Test [8]

- Abduktions-Außenrotations-Test: Der Patient versucht, den 90° abduzierten und 30° flektierten Arm gegen den Widerstand des Untersuchers weiter nach außen zu rotieren. Bei einer Ruptur der Infraspinatus-Sehne ist dies nicht möglich. [8]



Abbildung 32: Hornblower-Zeichen [8]

- Hornblower-Zeichen (nach Walch): Der Patient soll die Hand zum Mund führen. Bei Insuffizienz der Außenrotatoren M. infraspinatus und M. teres minor weicht der Arm in Innenrotation aus und der Patient muß den Ellenbogen höher heben als die Hand. [8]
- Schmerzhafter Bogen: Der zunächst angelegte Arm wird aktiv und passiv abduziert. Schmerzen zwischen 70° und 120° Abduktion sprechen für eine Läsion der Supraspinatus-Sehne, die hier zwischen Akromion und Tuberculum majus eingeklemmt wird. [8]

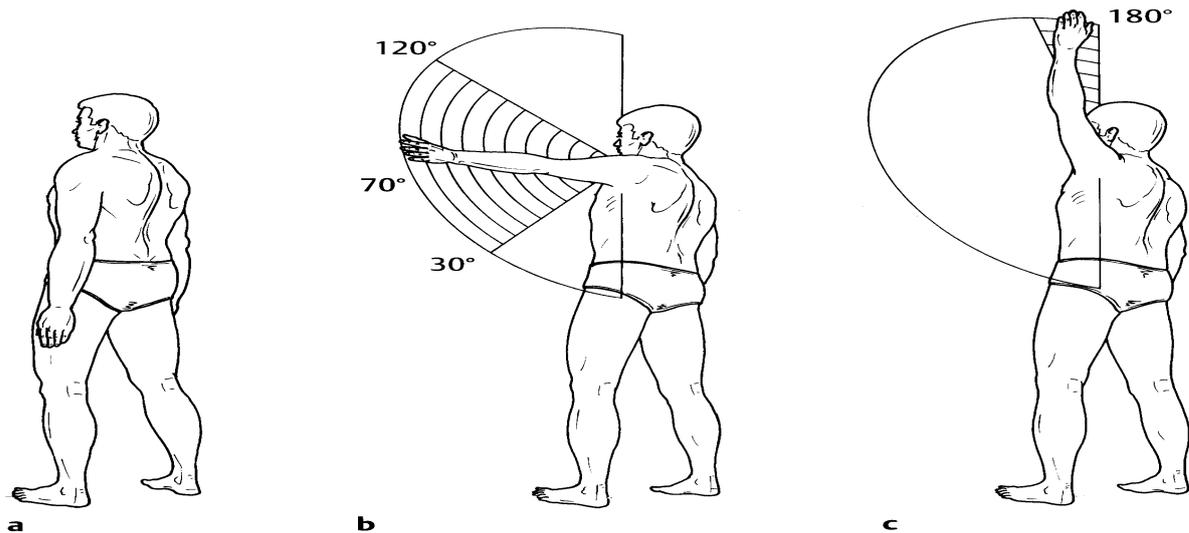


Abbildung 33: Schmerzhafter Bogen [8]

- Impingement-Test nach Neer: Die Scapula des Patienten wird durch den Untersucher fixiert. Der Arm wird ruckartig nach medio-ventral gehoben. Bei Impingement kommt es zu ausgeprägtem Bewegungsschmerz. [8]

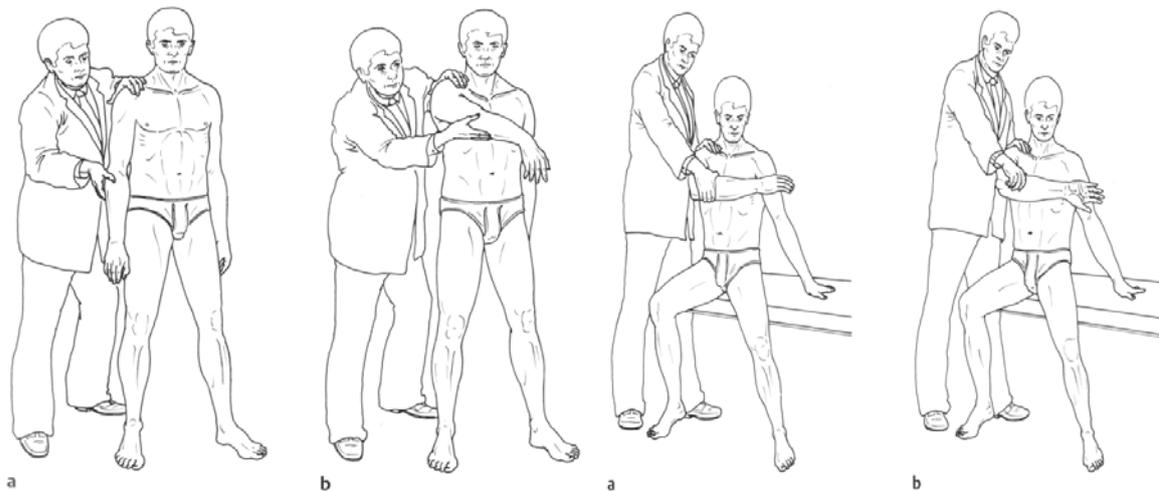


Abbildung 34: Impingement-Test nach Neer [8] Abbildung 35: Test nach Hawkins und Kennedy [8]

- Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy: Die Scapula des Patienten wird durch den Untersucher fixiert. Der 90° antevertierte und innenrotierte Arm wird durch den Untersucher adduziert. Bei Impingement kommt es zu ausgeprägtem Bewegungsschmerz. [8]

Die funktionelle Evaluation wurde anhand des MSTS-Funktionsbogens und des Simple Shoulder Tests vorgenommen.

Funktionelle Evaluation anhand MSTS-Funktionsbogen und Simple Shoulder Tests

3.6.3. Der MSTS-Funktionsbogen

Die Auswertung des MSTS-Funktionsbogens der „musculoskeletal tumor society“ [19] spiegelt das funktionelle Ergebnis und die Zufriedenheit der Patienten wider. In seinen fünf Kategorien (Schmerz, Beschäftigungsfähigkeit, subjektive Zufriedenheit, Handpositionierung, Geschicklichkeit, Fähigkeit des Hochhebens) können jeweils 0 – 5 Punkte erreicht werden, null Punkte für sehr schlechte Ergebnisse, fünf Punkte für sehr gute. Der MSTS-Score ist der am häufigsten genutzte Score zur funktionellen Evaluation der Funktionalität der oberen Extremität. [75]

Tabelle 5: MSTS-Funktionsbogen

Punkte	Schmerz	Beschäftigungs - fähigkeit	Subjektive Zufriedenheit	Hand- positionierung	Geschicklichkeit	Fähigkeit des Hochhebens
5	keine	keine Einschränkung	vollste Zufriedenheit	unlimitiert	normal	normal
4	----- zwischen 3 und 5 -----					
3	bescheiden	wiederherstellbare Einschränkung	zufrieden	Nicht über Schulter keine Pro/Sup	eingeschränkte Feinmotorik	limitiert
2	----- zwischen 1 und 2 -----					
1	mäßig	partielle Unfähigkeit	akzeptiert	Nicht über Taille	kneifen nicht möglich	nur mit Hilfe
0	stark	totale Unfähigkeit	unzufrieden	zittern	greifen nicht möglich	nicht möglich

Der ISOLS-Score bewertet das Ergebnis in den Graden 1-4. Der MSTS-Score enthält analoge Einstufungen, jedoch mit einer Bewertung in den Graden 0-5.

Der MSTS-Funktionsbogen wurde in unserem Test durch die Kategorien Stabilität und Deformität aus dem ISOLS-Score erweitert: Der Grad der Stabilität wurde dadurch ermittelt, ob es möglich war, die Schulter unter Normalbelastung zu luxieren oder zu subluxieren. Dies

wurde in 4 Grade (1-4) von keiner Luxation bis „habitual luxation“ eingeteilt. Die Deformität wurde über die Verkürzung/Verlängerung des Armes im Vergleich zu Gegenseite, sowie das Gradmaß der durchführbaren Abduktion und Rotation bestimmt und in Grade (1-4) von sehr schlecht bis sehr gut bewertet.

Tabelle 6: Stabilität und Deformität der Schulter gemäß ISOLS-Score

Punkte	Stabilität	Deformität
4	Keine Subluxation	> 90° Abduktion < 10° Rotations-Einschränkung bis 1 cm Verkürzung / Verlängerung
3	Keine Subluxation	60-90° Abduktion 10-20° Rotations-Einschränkung 1-2 cm Verkürzung / Verlängerung
2	Intermittierende Subluxation	30-60° Abduktion 20-40° Rotations-Einschränkung 2-4cm Verkürzung / Verlängerung
1	Habituelle Dislokation	< 30° Abduktion > 40° Rotations-Einschränkung > 4cm Verkürzung / Verlängerung oder Amputation

3.6.4. Der Simple-Shoulder-Test (SST)

Die Patienten wurden aufgefordert, die zwölf Fragen des „Simple Shoulder Tests“ (SST) zu beantworten. Dieser dichotom aufgebaute Fragebogen erfasst zwölf schulter-spezifische Funktionen und Aussagen, welche nur die Antworten ja oder nein zulassen.

Tabelle 7: Fragen des Simple Shoulder Tests

Frage	Ja	Nein
1. Ist der betroffene Arm in Ruhe schmerzfrei?		
2. Können Sie von Seiten der Schulter her problemlos schlafen?		
3. Können Sie mit dem betroffenen Arm Ihr Hemd auf dem Rücken in die Hose stecken?		
4. Können Sie Ihre Hände mit zur Seite gestreckten Ellenbogen auf den Hinterkopf legen?		
5. Können Sie den gestreckten Arm auf Schulterhöhe heben?		
6. Können Sie mit gestrecktem Arm 500g auf Schulterhöhe heben?		
7. Können Sie mit gestrecktem Arm 4kg auf Schulterhöhe heben?		
8. Können Sie seitlich am Körper mit dem betroffenen Arm 10kg tragen?		
9. Glauben Sie, dass Sie einen Tennisball mit dem betroffenen Arm vom Körper 10m weit werfen können?		
10. Glauben Sie, dass Sie einen Tennisball mit dem betroffenen Arm über Kopf 20m weit werfen können?		
11. Können Sie mit dem betroffenen Arm die Rückseite der Gegenschulter waschen?		
12. Sind sie von Seiten der Schulter her im erlernten Beruf voll arbeitsfähig?		

3.6.5. Kraftgrade

Die quantitative Beurteilung der Kraft erfolgte unter Nutzung der Skala des British Medical Research Council. Nach Kraftmessung für die Abduktion, Adduktion, Innen- und Außenrotation wurde ein Durchschnittswert aus den durchführbaren Bewegungen errechnet.

Skala zur Einschätzung der Kraft (British Medical Research Council):

0 keine Muskelaktivität

1/5 Sichtbare Muskelkontraktion ohne Funktion

2/5 Bewegung unter Ausschluss der Schwerkraft

3/5 Bewegung gegen die Schwerkraft

4/5 Bewegung gegen Widerstand

5/5 Normale Kraft

3.6.6. Röntgen

Bei allen Patienten bis auf einen – dieser verweigerte die radiologische Untersuchung und stellte aktuelle CT-Bilder zur Verfügung – wurde die Schulter geröntgt.

Röntgenaufnahmen

Es sollten jeweils Aufnahmen der Schulter in 2 Ebenen, also a.p. und axial, und die sog. Outlet-View-Aufnahme angefertigt werden. Jedoch war eine Abduktion über 90° bei keinem der Patienten möglich, wodurch die axiale Aufnahme entfiel.

Die anteroposteriore (a.p.) Aufnahme wird am stehenden Patienten durchgeführt. Das Schulterblatt liegt der Röntgenkassette flach an, wenn die Gegenseite um 30-45° abgehoben wird. Der Zentralstrahl ist auf die Coracoidspitze gerichtet mit 20° Neigung nach kaudal. In dieser Einstellung wird die Gelenkpfanne orthograd abgebildet, vorderer und hinterer Pfannenrand überschneiden sich und der Gelenkspalt ist frei einsehbar. Die Handflächen des gestreckten Armes zeigen nach vorne. Somit ist das Schultergelenk leicht außenrotiert und das Tuberculum majus bildet den lateralen Rand des Humerus, während das Tuberculum minus nach ventral gerichtet ist.

Bei der axialen Aufnahme legt der Patient am Röntgentisch sitzend seinen im Ellenbogen gebeugten Unterarm so auf den Tisch, dass sich sein Schultergelenk über der Röntgenplatte befindet. Der Kopf wird zum Strahlenschutz zur Seite geneigt. Mit a.p. und axialer Aufnahme kann man die Lage des Humeruskopfes zur Gelenkpfanne beurteilen.

Bei der Outlet-View-Aufnahme oder auch Scapula-Y-Aufnahme steht der Patient mit der Brust zum Stativ. Die Hand der zu untersuchenden Seite wird auf den Bauch gelegt. Die Gegenseite wird um 60° abgehoben, so dass die Scapula senkrecht zum Film steht. Die Röntgenröhre wird um 10° nach unten gekippt, der Zentralstrahl auf Humeruskopf und Filmmitte fokussiert. Mit dieser Aufnahme gelingt die projektionsfreie Darstellung des Subacromialraumes, da sich die Scapula als „Y“ darstellt: Der untere Schenkel wird vom Schulterblattkörper gebildet, der vordere obere Schenkel vom Proc. coracoideus, der hintere obere vom Acromion. Form und Veränderungen des Acromions oder Acromioclaviculargelenkes können beurteilt werden.



Abbildung 36: Röntgen des Schultergelenkes anterior-posterior [74]



Abbildung 37: Röntgen des Schultergelenkes Skapula Y-Aufnahme [74]

Röntgenbefunde

Auf diesen Aufnahmen wurde auf folgende radiologische Veränderungen geachtet:

- korrekter Sitz der Prothese und Lockerungszeichen (Lockerungssaum, Osteolysen, vertikale Sinterung des Schaftes, Knochenresorption an Prothesenspitze oder Schulter, proximale Kalksalzminderung und Saumbildung, distale Knochenneubildung, Veränderung der Schaft- oder Pfannenposition, Bruch und Schäden an Implantat einschließlich Verankerungsmaterialien), heterotope Ossifikationen
- Stellung der Gelenkpartner (Ausschluss Luxation)
- Beurteilung der knöchernen Situation der Schulter, insbesondere zum Ausschluss von Frakturen und Rezidiven des entfernten Tumors

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der körperlichen Untersuchung

4.1.1. Bewegungsausmaße nach Neutral-Null-Methode

Die folgende Tabelle zeigt die Beweglichkeit der Patienten, welche im angegebenen Zeitraum nachuntersucht wurden (n=9). Die jeweiligen Bewegungsausmaße an der operierten und der gesunden Schulter sowie die Mittelwerte sind angegeben. Die Rotationsbewegung wurde nur bei angelegtem Arm gemessen, da keiner der Patienten den Arm um 90° abduzieren konnte, so dass die Messung bei 90° abduzierten Arm nicht möglich war.

Tabelle 8: aktive Bewegungsausmaße der operierten Schulter

	Abduktion	Adduktion	Ante- version	Retro- version	Innen- rotation	Außen- rotation
1	30	10	50	30	70	20
2	10	30	10	40	30	10
3	30	5	40	10	20	40
4	30	40	50	15	40	20
5	10	30	10	30	40	0
6	30	5	50	40	40	30
7	20	40	50	40	30	30
8	30	20	120	0	20	5
9	20	20	40	40	30	0
Mittelwert	23,3	22,2	46,7	27,2	35,6	17,2
+/- SD	8,2	12,9	30,2	14,4	14,2	16,6
Min/Max	10/30	5/40	10/120	0/40	20/70	0/40

Tabelle 9: aktive Bewegungsausmaße der gesunden Schulter

	Abduktion	Adduktion	Ante- version	Retro- version	Innen- rotation	Außen- rotation
1	180	40	120	40	80	50
2	150	30	130	20	70	40
3	150	35	130	20	40	30
4	150	40	120	20	60	20
5	170	40	150	40	80	50
6	170	40	150	40	40	90
7	130	40	160	40	30	40
8	150	30	140	30	80	30
9	180	30	180	40	50	40
Mittelwert	158,9	36,1	142,2	32,2	58,9	43,3
+/- SD	15,9	4,6	18,7	9,2	18,2	18,9
Min/Max	130/180	30/40	120/180	20/40	30/80	20/90

Vergleich der Beweglichkeit mit den Bewegungsausmaßen der gesunden Schulter

Verglichen sind hier die in den Untersuchungen erhaltenen maximalen Bewegungsausmaße der Patienten mit den normalen Bewegungsmaximalwerten. Angegeben sind die Differenzwerte, um die die nicht operierte Seite größere Bewegungsausmaße besaß.

Tabelle 10: Differenz des aktiven Bewegungsausmaßes im Seitenvergleich

	Abduktion	Adduktion	Ante- version	Retro- version	Innen- rotation	Außen- rotation
1	150	30	70	10	10	30
2	140	0	120	20	40	30
3	120	30	90	10	20	10
4	120	0	70	5	20	0
5	160	10	140	10	40	50
6	140	35	100	0	0	60
7	110	0	110	0	0	10
8	120	10	20	30	60	25
9	160	10	140	0	20	40
Mittel-wert	135,6	13,9	95,6	9,5	23,3	28,3
+/- SD	17,7	13,3	36,2	9,6	18,9	18,6
Min/Max	110/160	0/35	20/140	0/30	0/60	0/60

Tabelle 11: Einschränkung der Beweglichkeit der operierten Schulter im Seitenvergleich

	Ab- duktion	Ad- duktion	Ante- version	Retro- version	Innen- rotation	Außen- rotation
Einschränkung	85,3%	38,5%	67,2%	15,5%	39,6%	60,3%

4.1.2 Ergebnisse der klinischen Tests

Bei den 9 nachuntersuchten Patienten wurden die bereits erläuterten klinischen Tests durchgeführt:

Der Empty-can-Test (M. supraspinatus-Test nach Jobe), der Abduktions-Außenrotations-Test und die Impingement-Tests waren bei keinem der Patienten durchführbar, da die hierfür notwendige Abduktion keiner der Patienten erreichte.

Supraspinatus-Test:

Der Null-Grad-Abduktions-Test (Starter-Test) war bei n=6 (=66,7%) Patienten pathologisch auslösbar.

Subscapularis-Tests:

Der Lift-off-Test (nach Gerber) war bei n=8 (=88,9%) Patienten pathologisch ausgefallen. Das Napoleon Zeichen war bei n= 6 (=66,7 %) Personen pathologisch auslösbar.

Infraspinatus-Tests:

Der M. infraspinatus-Test fiel 8 mal pathologisch aus (n=8= 88,9 %). Das Hornblower-Zeichen (nach Walch) war bei denselben beiden Patienten nicht möglich, bei denen auch der Lift-off-Test nicht durchführbar war. Bei allen anderen Patienten war es nicht pathologisch auslösbar (n= 7 = 77,8 %).

Folgende Tabelle veranschaulicht den Sachverhalt.

Tabelle 12: Ergebnisse der klinischen Tests bei den nachuntersuchten Patienten („-“ = Test nicht durchführbar)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Null Grad Abduktionstest (Starter Test)	path.	path.	path.	path.	neg.	neg.	neg.	path.	path.
M.suprapinatus-Test (Jobe)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lift-off-Test (Gerber)	neg.	path.							
Napoleon-Zeichen (Belly-Press-Test)	path.	path.	path.	neg.	path.	path.	neg.	path.	neg.
M.infraspinatus-Test	path.	path.	path.	path.	path.	path.	neg.	path.	path.
Abduktions-Außenrotations-Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hornblower-Zeichen (Walch)	neg.	neg.	neg.	-	neg.	neg.	neg.	-	neg.
Schmerzhafter Bogen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Impingement-Tests (Neer u. Hawkins/Kennedy)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.1.3. Resektionslänge

Die Resektionslänge lag bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv im Mittel bei 11,5cm (min. 7cm vs. max. 19cm; +/- SD = 2,9), bei den untersuchten Patienten 11,4cm (min. 7,5cm vs. max. 14cm; +/- SD = 1,9, bei den verstorbenen Patienten beträgt der Mittelwert 10,9cm (min. 7cm vs. max. 19cm; +/- SD = 3,1).

4.1.4. Armlängen

Die Armlängen der Patienten wurden jeweils an der gesunden sowie der operierten Seite gemessen (vom Schulterdach bis zur Mittelfingerspitze) und verglichen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind hier dargestellt und die Differenz zwischen der gesunden und der mit der Prothese versorgten oberen Extremität aufgetragen. Die drei Patienten, die eine Armverkürzung aufwiesen sind mit (-) markiert.

Tabelle 13: Armlängen im nachuntersuchten Patientengut

Patient	Geschlecht	Armlänge am gesunden Arm	Armlänge am operierten Arm	Differenz (Absolutwerte)	Prozentualer Unterschied (Absolutwerte)
1	m	79cm	76cm	3cm (-)	3,8% (-)
2	m	74cm	72cm	2cm (-)	2,7% (-)
3	m	77cm	77cm	0	0%
4	m	79cm	76,5cm	2,5cm (-)	3,1% (-)
5	m	77cm	77cm	0	0%
6	m	74,5cm	78cm	3,5cm	4,5%
7	w	76cm	76,5cm	0,5cm	0,7%
8	w	79,5cm	82cm	2,5cm	3,1%
9	w	71cm	72cm	1cm	1,4%
Mittelwert:		76,33cm	76,33cm	1,7cm	2,2%
+ / - SD:		2,5	2,7	2,1	1,6

4.1.5. Kraftgrade

Drei Patienten wiesen eine Armverkürzung, vier eine –Verlängerung auf, bei zwei Patienten war die Armlänge postoperativ seitengleich. Auf den Mittelwert betrachtet sind beide Seiten gleich, die Standardabweichung beträgt 2,1cm oder 1,6%.

Tabelle 14: Ergebnisse der Kraftuntersuchung

Patient	Geschlecht	Kraftgrad am gesunden Arm	Kraftgrad am operierten Arm	Differenz gesunder vs. operierter Arm (Absolutwert)
1	m	5	5	0
2	m	5	3	2
3	m	5	2	3
4	m	5	3	2
5	m	5	4	1
6	m	5	5	0
7	w	5	5	0
8	w	5	2	3
9	w	5	4	1
Mittelwert:		5	3,9	1,1
+ / - SD:		0	1,2	1,2

Die Kraft im operierten Arm nahm im Vergleich zur gesunden Seite um 1,1 Kraftgrade gemäß der Skala des British Medical Research Council ab. Bei jeweils normaler Kraft am gesunden Arm können zwei (2/9) Patienten zumindest den Arm unter Ausschluss der Schwerkraft bewegen, zwei (2/9) Patienten den Arm gegen die Schwerkraft anheben, zwei (2/9) Patienten den Arm gegen Widerstand bewegen. Drei (3/9) Patienten entwickelten am operierten Arm eine normale Kraft.

Tabelle 15: Ergebnisse des MSTS/ISOLS-Score

Punkte	Schmerz	Beschäftigungs- fähigkeit	Subjektive Zufriedenheit	Hand- Positionierung	Geschick- lichkeit	Fähigkeit des Hochhebens
5	4	2	4	2	4	2
4	3	2	1	1	3	4
3	1	4	3	4	2	2
2		1	1	2		1
1						
0	1					
\sum Punkte	35	32	35	30	38	34
\sum Punkte _{max}	45	45	45	45	45	45
% Punkte _{max}	78	71	78	66	84	75

4.1.6. Ergebnisse des MSTS/ISOLS-Score

Die Tabelle 15 zeigt die erreichten Punkte der einzelnen Patienten, die erreichte und maximal mögliche Punktzahl sowie die Prozentzahl der erreichten an der maximal möglichen Punktzahl.

Betrachtet man die Ergebnisse in den Summen der erreichten Punkte in Bezug auf die erreichbaren Punkte aller Patienten, wurde in der Bewertung der Geschicklichkeit mit 38 von 45 Punkten = 84% der maximal möglichen Punkte das beste Ergebnis erzielt. Die wenigsten Punkte wurden mit 30 von 45 Punkten entsprechend 66% der Punkte in der Bemessung der Handpositionierung erreicht. Mit 35 von 45 = 78% Punkten in der Bewertung des Schmerzes und der subjektiven Zufriedenheit, 34 von 45 = 75% in der Fähigkeit des Hochhebens, 32 von

45 = 71% bei der Beschäftigungsfähigkeit wurden in den übrigen Wertungen gute Ergebnisse erzielt.

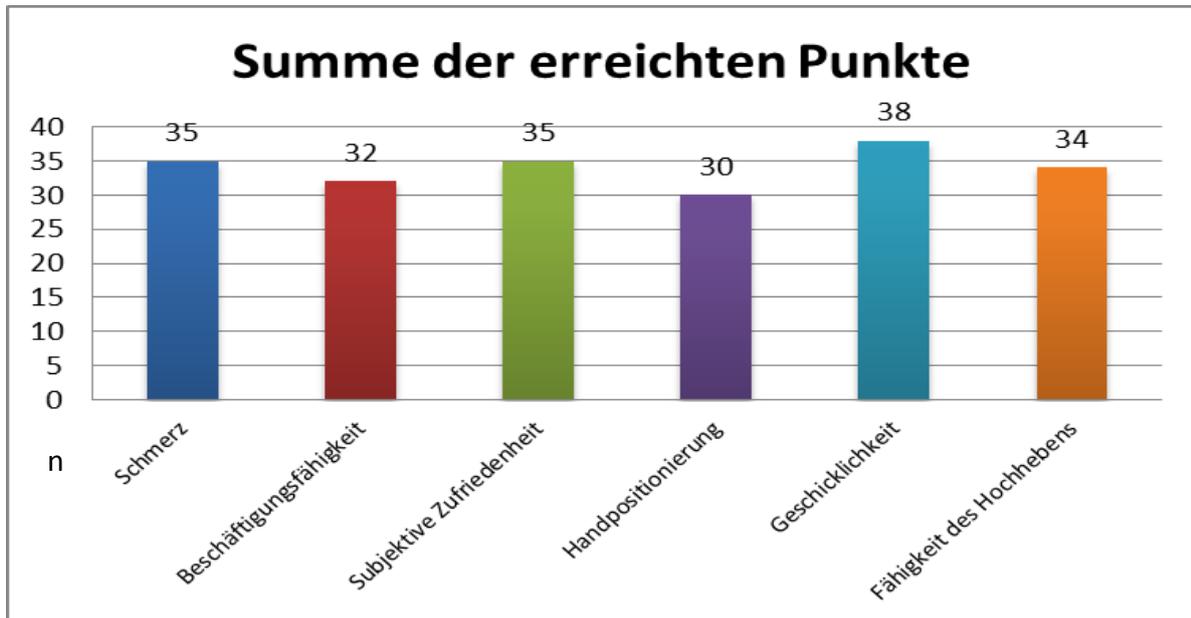


Abbildung 38: Summe der erreichten Punkte im MSTS/ISOLS-Score (Maximum 45 Punkte)

Vergleicht man die erreichten Punkte innerhalb der einzelnen Wertungen, so wurde mit je 4 mal 5 Punkten, entsprechend sehr guten Ergebnissen, bei der Bewertung von Schmerz, subjektiver Zufriedenheit und Geschicklichkeit am häufigsten die Höchstpunktzahl erreicht. Null und ein Punkt entsprechend sehr schlechten Ergebnissen wurden nie gemessen. Zwei Punkte wurden nur in der Gruppe der Handpositionierung 2 mal, in der Bewertung von Schmerz und Geschicklichkeit nie und in den übrigen einmal festgehalten.

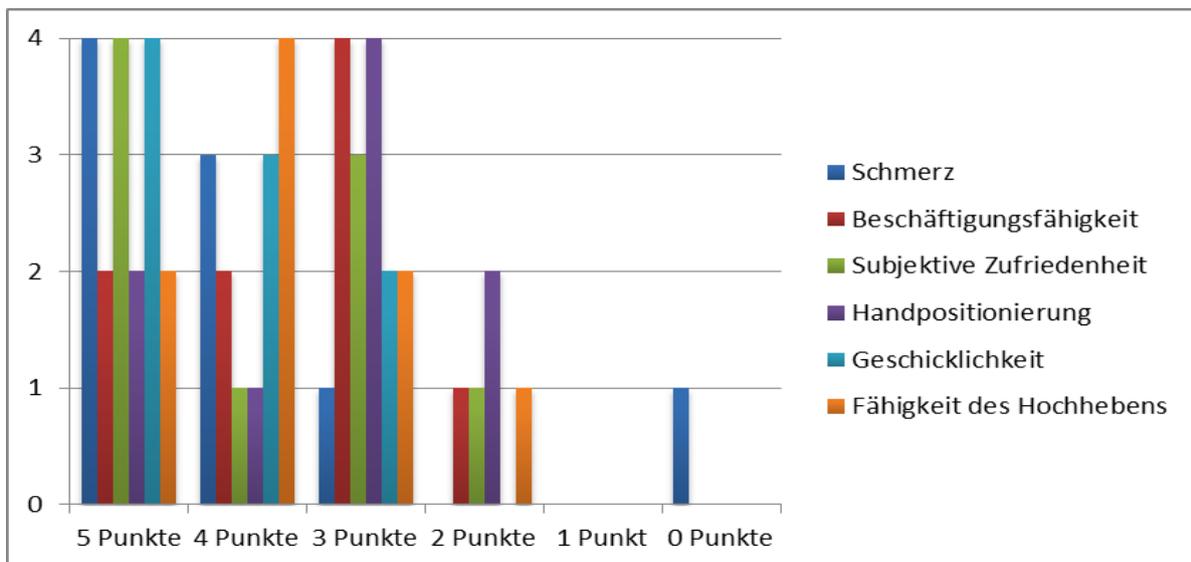


Abbildung 39: Vergleich der erreichten Punkte in den Kategorien des MSTS/ISOLS-Score

Vergleicht man, welche Ergebnisse innerhalb der Kategorien am häufigsten angegeben wurden, so waren bei Schmerz, Geschicklichkeit und subjektiver Zufriedenheit 5 Punkte mit je 4 Wertungen, bei der Fähigkeit des Hochhebens 4 Punkte mit je 4 Wertungen, bei Beschäftigungsfähigkeit und Handpositionierung 3 Punkte mit je 4 Wertungen das häufigste Ergebnis des Scores.

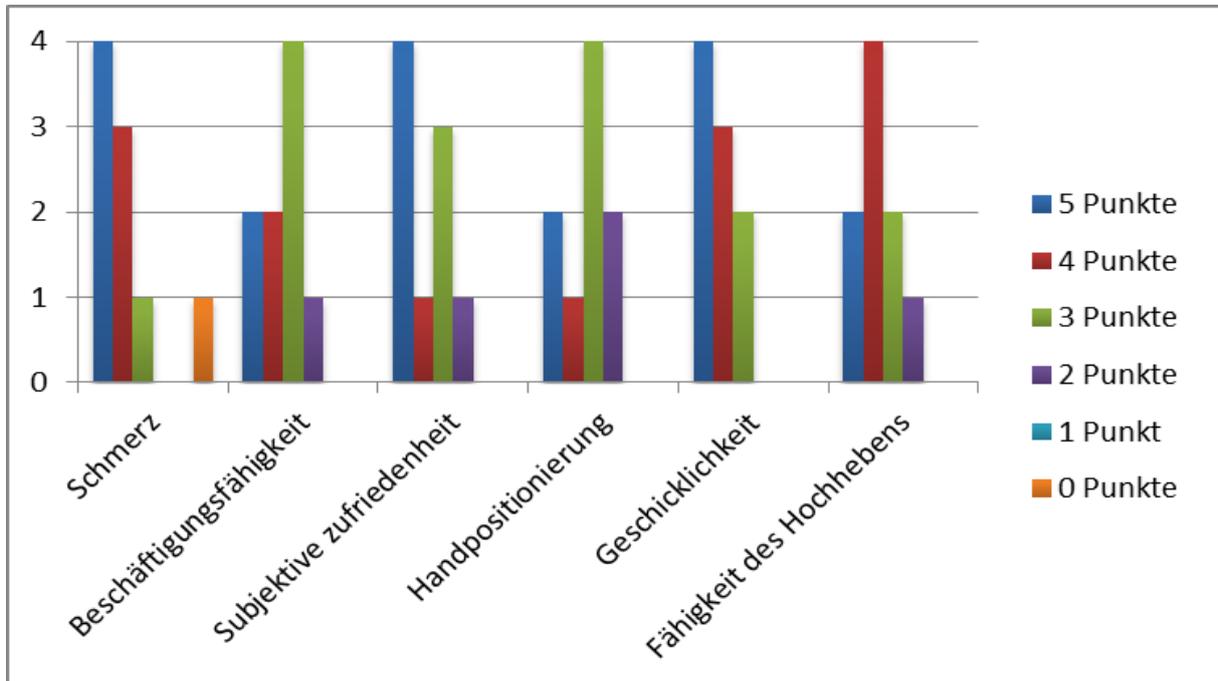


Abbildung 40: Verteilung der Punktebewertungen innerhalb der Kategorien

Der MSTS-Funktionsbogen wurde in unserem Test durch die Kategorien Stabilität und Deformität aus dem ISOLS-Score (max. 4 Punkte) erweitert (vgl. 2.6.3.):

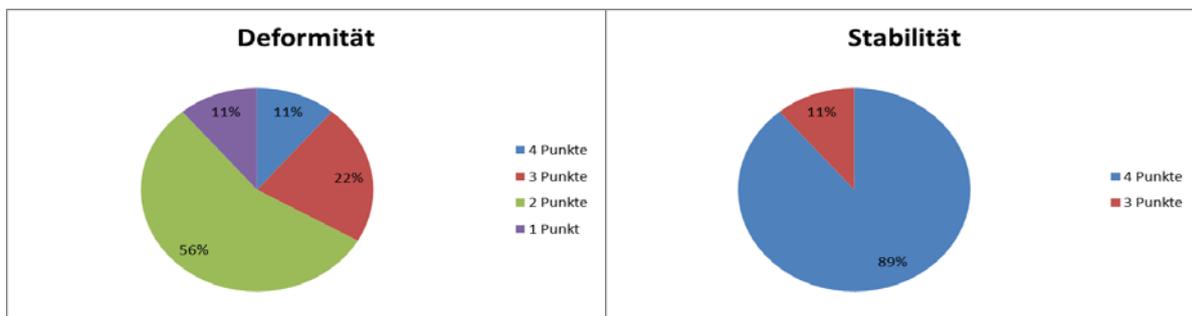
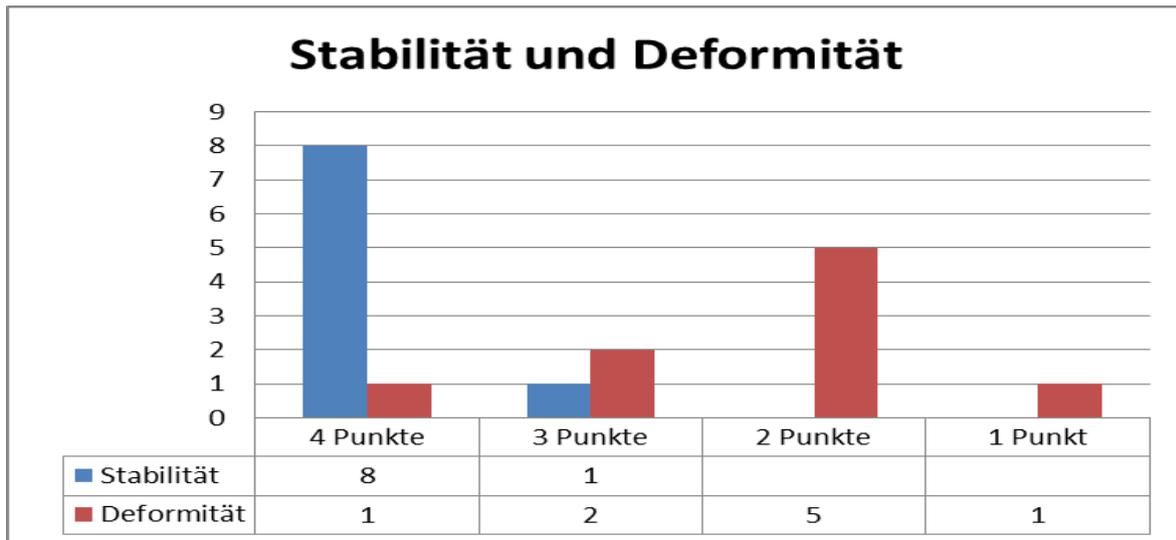


Abbildung 41: Prozentual- und Punkteverteilung bei Stabilität und Deformität.

4.1.7. Simple-Shoulder-Test

Die einzelnen Fragen des Simple Shoulder Tests sind Tabelle 16 zu entnehmen. Im Folgenden sind die Ergebnisse des Simple-Shoulder Fragebogens aufgezeigt.

Tabelle 16: Anzahl der positiven und negativen Antworten beim Simple Shoulder Test im untersuchten Kollektiv

Frage des SST	positive Antworten		negative Antworten	
	Anzahl (n)	Anteil (n/9)	Anzahl (n)	Anteil (n/9)
1	8	8/9	1	1/9
2	5	5/9	4	4/9
3	4	4/9	5	5/9
4	1	1/9	8	8/9
5	0	0	9	9/9
6	0	0	9	9/9
7	0	0	9	9/9
8	3	3/9	6	6/9
9	4	4/9	5	5/9
10	0	0	9	9/9
11	2	2/9	7	7/9
12	4	4/9	5	5/9

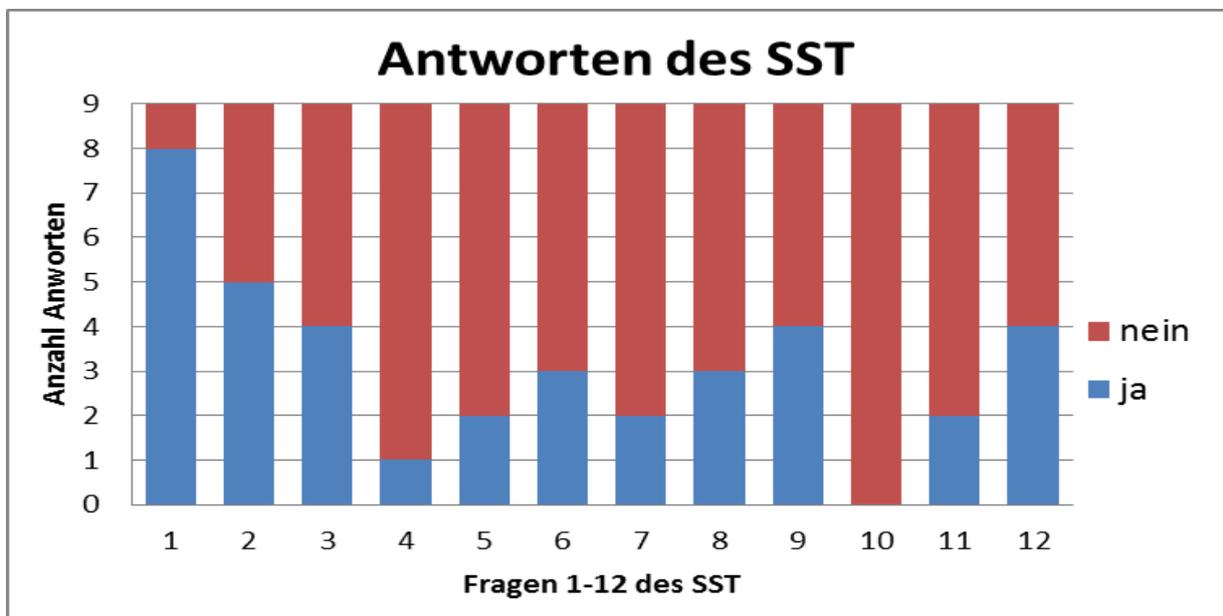


Abbildung 42: Graphische Darstellung der positiven und negativen Aussagen beider Geschlechter im untersuchten Patientengut

4.2. Röntgenbefunde

Die Röntgenbilder wurden wie beschrieben auf spezifische radiologische Zeichen hin untersucht.

Tabelle 17: Röntgenbefunde

Patient Nr.	Lockerungszeichen	Prothesensitz nicht korrekt	Hinweis auf Lokalrezidiv	Frakturzeichen
2	nein	Nein	nein	nein
7	nein	Nein	nein	nein
17	nein	Nein	nein	nein
18	nein	Nein	nein	nein
19	ja	Nein	nein	nein
30	nein	Nein *	nein	nein
31	nein	Nein *	nein	nein
34	nein	Nein	nein	nein
36	nein	Nein *	nein	nein

* Prothesenhochstand im Sinne eines Humeruskopfhochstandes

Bei allen untersuchten Patienten ergab die radiologische Untersuchung einen korrekten Sitz der Prothese. Bei den mit * gekennzeichneten Patienten hatte die Prothese zwar einen korrekten Sitz im Humerus, jedoch zeigte sich bei diesen 3 Patienten ein Prothesenhochstand bezüglich der Schulterpfanne. Dies ist normalerweise Zeichen einer Rotatorenmanschettenläsion. Im untersuchten Patientengut ist – wie bereits mehrfach beschrieben – bei einigen Patienten die Entfernung von Teilen der Rotatorenmanschette aus Gründen der onkologischen Radikalität nötig gewesen, so dass sich aufgrund der fehlenden zentrierenden Funktion der entfernten Muskeln der Prothesenkopf gegenüber dem Glenoid kranialisiert. Zum anderen ist beim Alter der untersuchten Patienten eine degenerative Rotatorenmanschettenläsion nicht unwahrscheinlich.

Bei 8 der 9 untersuchten Patienten ergab die radiologische Untersuchung keine Zeichen der Lockerung der Prothese.

Es gab radiologisch keine Hinweise auf ein Lokalrezidiv des zugrundeliegenden Tumors.

Frakturzeichen konnten in keiner der Röntgenaufnahmen nachgewiesen werden.

4.3. Komplikationen

4.3.1. Kein Rezidiv

Es wurde bei keinem Patienten ein Rezidiv des zu Grunde liegenden Tumors erkannt.

4.3.2. Infekte

In unserer Studie kam es nur bei einem Patienten zu einer Komplikation mit septischer Infektion und Prothesenlockerung, das entspricht 2,78% (1/36) des Patientengutes. Bei diesem Patienten waren mehrere Revisionsoperationen über einen Zeitraum von ca. 2 Jahren notwendig, ehe die Infektion in den Griff bekommen werden konnte.

4.3.3. Keine Luxation

Die übrigen Patienten erlitten keinerlei derartige Komplikationen, auch keinen Prothesenbruch.

4.4 Verstorbene Patienten

Von den insgesamt 36 mit der Schulter-MML-Prothese versorgten Tumor-Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung leider bereits 25 Patienten verstorben (12 Frauen und 13 Männer im Alter von 49 bis 82 Jahren). In der Gruppe der verstorbenen Patienten war die Ursache für die proximale Humerusresektion und damit Prothesenimplantation bei 5 Patienten ein primärer Tumor, bei 20 die Metastase eines anderen Primärtumors. Es erlagen alle der 25 verstorbenen Patienten ihrer Tumorerkrankung.

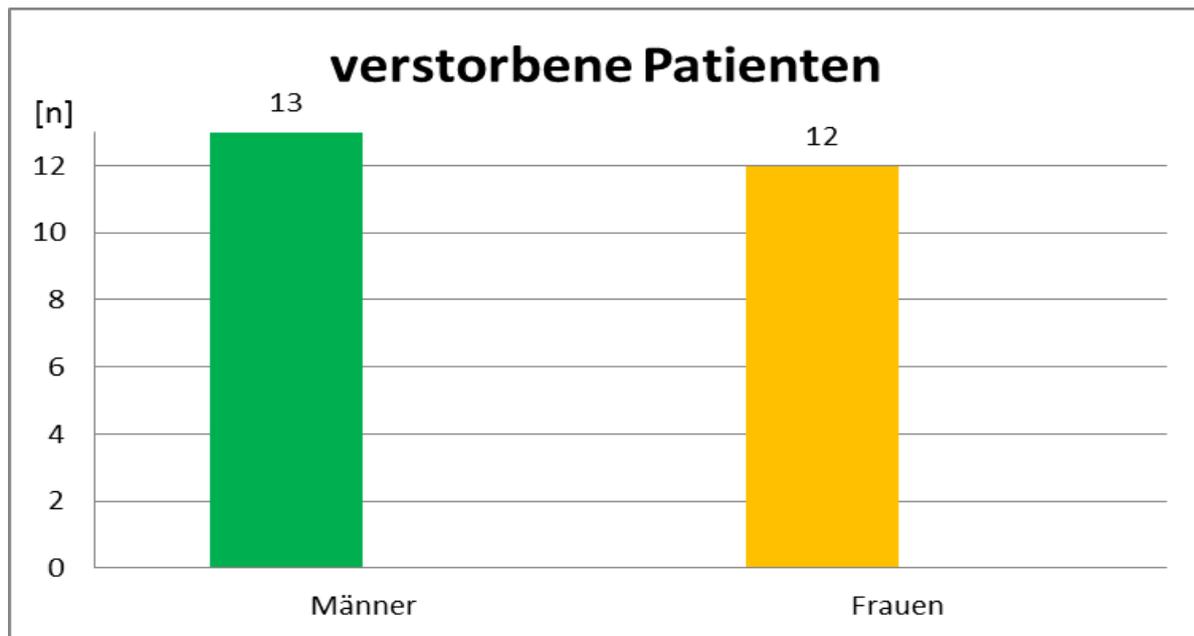


Abbildung 43: Geschlechtsverteilung bei den verstorbenen Patienten

Um genaue Angaben über die Todesursache der Patienten machen zu können wurden die Todesursachen aus den Totenscheinen der Patienten gewertet. Hierzu wurde eine Genehmigung der Regierung von Oberbayern eingeholt, mit der auch der vertrauliche Teil des Totenscheines eingesehen werden konnte.

Die häufigste Todesursache waren Organversagen infolge Primärtumor bzw. multipel metastasierter Primärtumor $n=15$ (60 %). Die durchschnittliche postoperative Überlebensdauer der verstorbenen Patienten lag bei 25,6 Monaten (1,5 Monate bis 108 Monate), das durchschnittliche Sterbealter bei 69,4 Jahren.

Bei 3 (=12%) der verstorbenen Patienten lagen als Primärtumor Neubildung des Knochengewebes vor, bei 2 (=8%) Patienten waren es Weichteilsarkome, bei den restlichen 20 (=80%) Patienten lagen in der Schulterregion Metastasen von Primärtumoren anderer Lokalisation vor.

5. Diskussion

Tumoren des proximalen Humerus stellen eine häufige und aufgrund der enorm wichtigen Schulterfunktion für den Patienten sehr belastende Tumorlokalisation dar. Der proximale Humerus stellt eine der häufigsten Lokalisation von Osteosarkomen, high-grade Chondrosarkomen und Ewing-Sarkomen dar. [63] Zugleich stellen die komplizierten anatomischen und biomechanischen Verhältnisse einen erheblichen Anspruch an Operateur und Material.

Die Wiederherstellung von Gelenken nach Resektion gelenknaher Tumoren stellt heutzutage eine wichtige Stütze in der Tumororthopädie dar. Die Weiterentwicklung dieser modernen Megaprothesen erlaubt dem Operateur eine möglichst nahe an der Anatomie liegende Rekonstruktion der Gelenke und für den Patienten resultiert ein funktionell und kosmetisch ansprechendes Ergebnis trotz Einhaltung der benötigten Radikalität in der Tumorentfernung. Patienten mit Metastasen haben zu meist nur noch eine kurze Lebenserwartung. Daher sollte die Operation möglichst eine rasche und sichere Tumorkontrolle ermöglichen, welche mit möglichst großer Funktionalität verbunden sein sollte. Um dieses Ergebnis zu erbringen wurden keine Implantate, wie Allografts oder Allograft-Prothesen verwendet, um nicht auf die Knocheneinheilung angewiesen zu sein. [4] In der Mehrheit der Fälle war die Überlebensaussicht der Patienten so kurz, dass nur Methoden, die nicht erst langdauerndes Einwachsen des Knochens zur Heilung voraussetzen, verwendet werden konnten, um ihnen schnellstmöglich eine möglichst große Funktionalität und Schmerzlinderung zu ermöglichen.

Der in dieser Studie untersuchte proximale Humerusersatz ist ein modular aufgebautes System, das dem Operateur ermöglicht, je nach Resektionsausmaß ein passendes Implantat zusammensetzen und somit optimal an die Gegebenheiten anzupassen: je länger die Resektion, desto größer der zu überbrückende Humerusabschnitt und desto kleiner der verbleibende Humerusrest zur Implantatverankerung;

Erstes OP-Ziel ist eine möglichst schnelle Wiederherstellung einer normalen Funktion und Stabilität unter gleichzeitiger Kontrolle über den Tumor. [4]

Das erste Ziel der Arbeit war die Untersuchung des funktionellen Ergebnisses und die Ermittlung der Patientenzufriedenheit. In dieser Studie wurden die operativen Vorgehensweisen (Resektionslänge) und die onkologischen Ergebnisse analysiert. Mit der klinischen Untersuchung der Schulter und der Ermittlung des MSTS-Scores wurden Daten zu

subjektiven und objektiven Ergebnissen nach Resektion eines Tumors am proximalen Oberarm gesammelt.

Vergleicht man die Armlängen der gesunden und der operierten Extremität, so konnte bei 2 Patienten die Seitengleichheit gewahrt werden. Die Resektionslängen bewegten sich zwischen 7cm und 19cm des proximalen Humerus bei einer Standardabweichung von +/- 2,9cm. El-Sherbiny et al. konnten in einer Studie mit 13 Patienten keine Armlängendifferenz nachweisen bei Resektionslängen zwischen 8cm und 21cm (Mittel: 13cm). Genaue Angaben über die Messmethode werden in dieser Studie jedoch nicht gemacht. [17] In unserem Patientengut lag die mittlere Resektionslänge bei 11,5cm (11,4cm bei den untersuchten und 10,9cm bei den verstorbenen Patienten). Hierbei kam es zu Abweichungen von maximal 3,5cm Länge zur Gegenseite (max. 3,5cm Verlängerung und max. 2,5cm Verkürzung). Zwar kann die Prothese durch ihr modulares System an die Resektionsausmaße angepasst werden, doch kann auch bei guter präoperativer Planung und genauem intraoperativem Seitenvergleich situationsabhängig nicht immer Längengleichheit erreicht werden. Laut El-Sherbiny [17] wird eine Längendifferenz der oberen Extremität funktionell und kosmetisch von den Patienten gut toleriert. Die obere Extremität hat keine das Körpergewicht tragende Funktion und es können durch entsprechend angepasste Haltung der Gegenseite die relativ geringen Unterschiede leicht ausgeglichen werden, somit sind die Limitierungen hierdurch unwesentlich, was durch die Patienten auch in der vorliegenden Nachuntersuchung bestätigt wurde.

Da bei der Resektion des proximalen Humerus auch der Humeruskopf sowie die Tubercula maius et minus mitreseziert werden, entfallen die Ansätze der entsprechenden Muskeln der Schulter und des Oberarmes. Es wird versucht, die entsprechende Muskulatur in möglichst hohem Maße zu rekonstruieren, diese „rekonstruierte Funktionalität“ ist der ursprünglichen gegenüber jedoch deutlich gemindert. Zum anderen kommt hinzu, dass aus Gründen der onkologischen Radikalität die umgebenden Muskeln teilweise komplett reseziert werden müssen, wodurch deren Funktion komplett eingebüßt wird. Hieraus ergibt sich das geminderte Bewegungsausmaß von Patienten, die mit einer Tumorendoprothese versorgt worden sind. [4] Das Heranführen des Armes war beidseits max. 40° möglich, im Mittel 22,2° (operiert) bzw. 36,11°. Dies entspricht einer verminderten Adduktionsfähigkeit von 38,52°.

In einer Studie mit 19 Patienten wiesen Rödl et al nur für einen Patienten eine Abduktion größer als 30° nach. Die meisten Patienten haben keine aktive Schulterabduktion über 30-40°, was am ehesten bedingt ist durch den unterbrochenen Abduktionsmechanismus. Dieser

scheint für die aktive Abduktion wichtiger zu sein als das Glenoid. [63] Die deutlichste Einschränkung ergibt sich auch in unserer Studie in der Abduktionsbewegung. Hier liegt das maximal erreichte Gradmaß bei 30°, der Mittelwert 23,33°. Auf der gesunden Seite wurden Maximalwerte von 180° erreicht bei einem Mittelwert von 158,89°. Somit ergibt sich im Vergleich eine Einschränkung von ca. 150° beim Maximal- und 135,56° im Mittelwert, was einer prozentualen Einschränkung von 85,32% entspricht. Kitagawa et al erzielten eine mittlere Abduktionsfähigkeit von 27° in einer Studie mit 27 Patienten [41] Die entsprechenden Durchschnittswerte [für die maximale Abduktion] liegen bei 25–55° [11, 43, 46, 78, 59], wobei ein Großteil der Bewegung aus der thorakoskapulären Verschiebeschicht resultiert [46, 78]. El-Sherbiny et al. erhielten in einer Studie mit 13 Patienten Maximalwerte von 25-30° Abduktion. [17] Shi Si-Feng et. al berichten von Abduktionausmaßen von 8°-35°. [69]

Cannon et. al. [11] erhielten in einer Studie mit 83 Patienten Anteversionsausmaße von 5-115°, Shi Si-Feng et. al wiesen bei 18 untersuchten Patienten Anteversionsbeweglichkeit zwischen 35° und 90° (im Mittel 72°) nach, die Retroversion erreichte in dieser Studie 25-42° (im Mittel 25°). [69] Im Vergleich hierzu war der Mittelwert der Anteversionsbewegungen in unserer Studie mit 46,67° um 95,55° niedriger als der mittlere Wert der gesunden Extremität mit 142,22°, jedoch erreichte ein Patient 120° Anteversion auch mit der operierten Seite. Die Retroversion war durchschnittlich um 5° eingeschränkt (Mittelwerte: operiert 27,22° vs. nicht operiert 32,22°, Maximalwerte jeweils 40°). Prozentual war die Beweglichkeit bei der Anteversion um 67,2%, bei der Retroversion um 15,5% eingeschränkt. Retroversionswerte von 20-30° erhielten El-Sherbiny et al.. [17] Weitere Anteversionsausmaße aus der Literatur weisen Mittelwerte von 34-55° aus. [11, 43, 59] Somit liegen vergleichbare Einschränkungen bei der Ante- / Retroversion im Verhältnis mit anderen Studien vor. Die nachweisbar stark eingeschränkten Möglichkeiten in der Abduktion und Anteversion zeigen, dass vor allem Tätigkeiten über Kopf nahezu unmöglich werden. Dies kann noch bekräftigt werden, wenn man betrachtet, bei welchen Tätigkeiten die Patienten die größten Schwierigkeiten haben .

Die Rotationsbewegungen waren ebenfalls deutlich, jedoch nicht so stark wie die anderen Bewegungen, eingeschränkt. Bei der Innenrotation ergibt sich im Mittel eine Einschränkung von 23,3° (Mittelwert: 35,6° vs. 58,9°, Maximalwert 70° vs. 80°) oder 39,6%. Shi Si-Feng et al. wiesen bei 18 untersuchten Patienten Rotationswerte für Innen- und Außenrotation zwischen 18° und 25° nach. [69] Bei der Außenrotation betrug die Einschränkung in unserem Patientengut 26,1° oder 60,3% (Mittelwert: 17,2° vs. 43,3°, Maximalwert: 40° vs. 90°). Verglichen hierzu erhielten Mayilvahanan et al. [46] bei 55 untersuchten Patienten

Rotationswerte von maximal 15°, Raiss et al. zwischen 10° und 50° Außenrotation (Mittel 12°). [59] Warum im vorgestellten Patientengut die Rotationsbewegungen – verglichen mit anderen Studien – vermehrt möglich waren, konnte in dieser Studie nicht sicher nachgewiesen werden. Eine Möglichkeit wären größere noch stehende Anteile der Mm. teres minor et subscapularis. Bickels et al. [4] erreichten den unseren Werten näherkommende (Außenrotation 36° (30-60°), die Innenrotation 28° (0-60°).

Ross et al. zeigten in einer Studie mit 25 Patienten (davon 20 Tumorpatienten) eine Beweglichkeit von weniger als 30° in allen Bewegungsrichtungen. [66]

Bei Betrachtung der Bewegungsausmaße können – mit einzelnen Ausnahmen – in allen Vergleichsstudien annähernd ähnliche Ergebnisse erhalten werden. Vor allem bei ausgedehnterer Resektion der Rotatorenmanschette ist folglich die Beweglichkeit eingeschränkt. Eine direkte Beziehung zwischen Resektionsausmaß der Muskelmanschette und Werten bei Beweglichkeit konnte aufgrund der nicht ausreichenden Datenlage nicht geschlossen werden. Ist es notwendig die Rotatorenmanschette oder den M. deltoideus ganz oder teilweise zu entfernen, so ist die Wiederherstellung einer uneingeschränkten Beweglichkeit nicht möglich. [46] Bickels et al zeigten in ihrer Studie mit 18 Patienten ebenfalls deutliche Einschränkungen vor allem der Abduktion, deren durchschnittlicher Wert bei 68° (30-120°) lag. Die Anteversion erreichte 66° (30-120°), die Außenrotation 36° (30-60°), die Innenrotation 28° (0-60°). [4]

Ist es möglich die Rotatorenmanschette und den M. deltoideus zu erhalten, erzielt die Rekonstruktion mittels proximalem Humerusersatz gute Ergebnisse. Die zur Tumorthherapie notwendige chirurgische Radikalität macht es jedoch bei ca. zwei Dritteln der Patienten notwendig, diese Muskeln – zumindest teilweise – zu reseziieren, um eine kurative Resektion zu ermöglichen. Hieraus resultiert für diese Patienten die deutlich eingeschränkte aktive Schulterabduktion und Anteversion von weniger als 30°. Wird der Defekt anschließend mittels der modularen Tumorhemiprothese rekonstruiert, ist die resultierende Funktionalität der Schulter abhängig von der Anbindung und der Unversehrtheit der umgebenden Muskulatur der Rotatorenmanschette und des M. deltoideus. [14] Funovics et al bezeichnen anatomische Prothesen im Schulterbereich als Spacer, da sie kaum eine funktionelle Rekonstruktion ermöglichen, infolge dessen eine deutliche Einschränkung der Abduktion und Ante-/Retroversion besteht. [23] Grundsätzlich muss aufgrund der Prognose der Tumorpatienten eine möglichst rasche Resektion und möglichst stabile Rekonstruktion

erfolgen, die ihre volle Stabilität möglichst schnell erreicht. Diese notwendige Stabilität bedingt Bewegungseinschränkung, wie Kitagawa et al. treffend formuliert. [41]

Bickels et al sehen als Zielsetzung der Chirurgie für Patienten mit Metastasen am Humerus die Wiederherstellung der Funktion und das Erreichen lokaler Tumorkontrolle. Lokale Tumorkontrolle und die Funktion sind die passenden Bewertungskriterien, da das Überleben durch die metastatische Last festgesetzt wird. Es konnte gezeigt werden, dass Resektionen der Metastasen des Humerus sicher und zuverlässig sind. Für Patienten, die Humerusmetastasen hatten und die die Kriterien für chirurgische Intervention erfüllten, war ein aggressives chirurgisches Vorgehen sinnvoll. Es konnte eine Schmerzminderung und Eindämmung der Tumorentwicklung erreicht werden. Zudem waren die Rekonstruktionen stabil und bei der Mehrzahl der Patienten mit guten funktionellen Ergebnissen vereint. [4]

Die meisten der Rotatorenmanschettentests fielen pathologisch aus. Die notwendige Radikalität der Tumorchirurgie bedingt in der Region des proximalen Humerus teilweise ausgedehnte Resektionen der Rotatorenmanschette. Je nachdem welche Anteile der Entfernung zum Opfer fielen, sind die entsprechenden Tests pathologisch. Aus den OP-Berichten war nicht genau zu erschließen, welche Teile der Rotatorenmanschette entfernt werden mussten, da dies grundsätzlich abhängig von der notwendigen Radikalität der Operation war. Tests mit der Ausgangsstellung von 90° Abduktion des Armes konnten von den Patienten nicht durchgeführt werden, weil wie beschrieben das Gradmaß der maximalen Abduktion bei 30° lag. An den gesunden Extremitäten wurden die Tests der Vollständigkeit halber durchgeführt; einzelne waren pathologisch aufgrund von degenerativen Veränderungen, wie die Anamnese der Patienten ergab. Dies spricht tendenzmäßig dagegen, dass durch die viel genannte Überlastung der Gegenseite eine Verschlechterung stattfindet, jedoch sind für diese zusätzliche Untersuchung die Zahlen zu gering. Vergleichswerte in der Literatur konnten nicht gefunden werden.

Vergleicht man klinisch die Kraft, die die Patienten in ihren beiden Armen aufbringen können, so zeigt sich, dass 3 Patienten die volle Kraft auch im operierten Arm erreichen, während je 2 Patienten die Kraftgrade 2-4 erreichen auf einer Skala bis Kraftgrad 5. Somit konnten 7 von 9 Patienten den Arm aus eigener Kraft (gegen die Schwerkraft) anheben. Dieses Ergebnis hängt im Wesentlichen von der notwendigen Radikalität der Operation und den Möglichkeiten der intraoperativen Rekonstruktion nach der Resektion ab. Dabei kommt dem M. deltoideus vermehrte Bedeutung zu, der teils belassen werden konnte.

Das funktionelle Ergebnis und die Patientenzufriedenheit wurden mit dem abgewandelten MSTS-Score der „musculoskeletal tumor society“ bemessen. Insgesamt wurden durchweg gute Ergebnisse erzielt. 0 bis 1 Punkte wurden bei keinem Patienten gewertet, 22 Wertungen waren mittelmäßig mit 2-3 Punkten, während gute Ergebnisse mit 4 bis 5 Punkten sehr häufige Ergebnisse waren (32 Wertungen).

Die Ergebnisse beziehen sich auf die erreichte Punktesumme aller Patienten.

In der Kategorie Geschicklichkeit wurde mit 38 von 45 Punkten, entsprechend 84% der max. möglichen Punkte, das beste Ergebnis erzielt.

Mit 66% der Punkte = 30 von 45 Punkten konnte die Kategorie Handpositionierung überzeugen. Hier stellten die fehlende Abduktion $>30^\circ$ in der Schulter sowie teilweise Schwierigkeiten bei Pro-/Supination die größten Einschränkungen für die Patienten dar, was die Patientenzufriedenheit gemäß der Bewertung nicht allzu sehr einschränkte. Also empfand die Mehrheit der Patienten das vorstehende funktionelle Ergebnis als ausreichend für die Alltagsbewegungen. El-Sherbiny et al. erhielten bei 13 nachuntersuchten Patienten 78% der möglichen Punkte in der Kategorie Handpositionierung. [17]

Bickels et al. erhielten 2005 in einer Studie mit 18 Patienten in der Schmerzkategorie durchschnittlich 89% entsprechend 40,05 von 45 Punkten. [4] Hierzu verglichen gaben in unserer Studie 8 Patienten keine bis mittelmäßige Schmerzen an (4x5, 3x4, 1x3 Punkte), 0 Punkte entsprechend starken Schmerzen wurden nur einmal vergeben. 4 Patienten hatten also gar keine Schmerzen. Insgesamt sind somit in der Schmerz-Kategorie mit 35 von 45 Punkten (= 78% der möglichen Punkte) sehr gute Ergebnisse erzielt worden. Der Patient, der die starken Schmerzen angab, ist der einzige bei dem aufgrund eines Protheseninfektes mehrere Revisionen und ein Prothesenwechsel erforderlich waren. Mit Ausnahme dieses Patienten war bei keinem eine regelmäßige Schmerzmedikation notwendig. Die Bewertung des Schmerzes ist selbstverständlich vom Schmerzempfinden des einzelnen Patienten abhängig, auch die Einschätzung auf der Punkteskala ist subjektiv. El-Sherbiny et al. erzielten mit 96% durchweg sehr gute Ergebnisse in dieser Kategorie. [17] Somit liegen unsere Ergebnisse in der Schmerzbewertung leicht niedriger als bei den genannten; diese erwähnen jedoch nicht, inwieweit hierfür ggf. eine Dauerschmerzmedikation notwendig ist.

In der Kategorie der Beschäftigungsfähigkeit wurden 32 von 45 Punkten (= 71%) erreicht. Es gaben 8 Patienten ein sehr gutes bis mittleres Ergebnis an, nur ein Patient ein weniger gutes. Black et al. erreichten in einer Studie mit 6 Patienten mit Allograft-Prothesen ein mittleres

Ergebnis von 69-74% in der Funktionskategorie. [75] De Wilde et al erreichten in einer Studie mit 4 Patienten, die eine inverse Schulterprothese implantiert bekamen, einen funktionellen MSTS-Score von 90-96,7%. [14] Kitagawa et al erreichten in einer Studie mit 10 Patienten 76% im Bereich Funktion [41], Rödl et al in einer Studie mit 19 Patienten einen mittleren Funktionsscore von 79% (67-87%). [63] El-Sherbiny et al. erhielten in dieser Kategorie bei 13 nachuntersuchten Patienten 80% und bei der subjektiven Zufriedenheit 90% der möglichen Punkte. [17] Auch bei unserem Patientengut konnte eine hohe subjektive Zufriedenheit mit der MML-Schulter Prothese erzielt werden. 35/45 Punkten (=78%) und 4-mal volle 5 Punkte zeigen eine sehr hohe Zufriedenheit der Patienten mit ihrem Implantat und der Behandlung.

Bei der Fähigkeit, Dinge hochzuheben, wurden 34/45 Punkten (=76%) erzielt, davon 4 x 4 Punkte = beinahe unlimitierter und 2 x 5 Punkte entsprechend unlimitierter Hochhebe-Fähigkeit. Kein Hochheben oder nur mit Hilfe wurde von keinem Patienten angegeben. El-Sherbiny et al. erhielten bei 13 nachuntersuchten Patienten 66% der möglichen Punkte. [17]

Fasst man die Ergebnisse der Beschäftigungsfähigkeit, Handpositionierung, Geschicklichkeit und Fähigkeit des Hochhebens als funktionelle Bewertungskriterien zusammen, ergeben sich 134 Punkte = 74,44 % der möglichen 180 Punkte.

In den ergänzenden Kategorien Deformität und Stabilität wurde das gute Ergebnis bestätigt. 88,89% der Patienten erreichten die Maximalpunktzahl von 4 Punkten bei Stabilität, einmal 3 Punkte, was in dieser Kategorie ein hervorragendes Resultat zeigt und damit die Stabilität dieser Art der Versorgung unterstreicht. Im Zusammenhang mit dem radiologischen Ergebnis (keine Lockerungszeichen etc.) wird diese Aussage unterstrichen. Bei der Deformität wurden die Punkte wie folgt verteilt: 1 x 4 Punkte, 2 x 3 Punkte, 5 x 2 Punkte, 1 x 1 Punkt. Diese Kategorie ergab somit ein akzeptables Ergebnis, was die Gesamtaussage dieser Studie bestätigt, dass die Beweglichkeit und Armverkürzung durchaus spürbar sind, jedoch eine für die alltäglichen Arbeiten benötigte Funktionalität problemlos erreicht werden kann (s.u.).

MSTS-Scores aus vergleichbaren Studien weisen folgende Werte aus: 63% [11], 77% [72], 71% [17], 76% [1], 52% - 75% [47] [55], 79% [42], 80-90% [71], 79% [59]. Ein gutes oder sehr gutes Ergebnis wurde in vergleichbaren Untersuchungen ab einem Score von größer als 60% angenommen. [75] Das Gesamtergebnis des Patientengutes unserer Studie liegt bei 204 von 270 Punkten und somit bei 76% aller Punkte. Dies stellt nach den Kriterien des MSTS-Scores ein gutes funktionelles und Gesamt-Ergebnis für den proximalen MML-Humerusersatz dar. Bickels et al. erreichten 2005 in einer Studie mit 18 Patienten folgende mittlere MSTS-

Scores: Schmerz 89% (=40,1 Punkte), Funktion 76% (34,2), Emotionale Akzeptanz 70% (31,5), Handpositionierung 73% (32,9), Geschicklichkeit 97% (43,7), Fähigkeit des Hochhebens 72% (32,4). [4] Somit liegen nahezu alle verglichenen Studien auf demselben Niveau, welches in unserem Patientengut nachgewiesen werden konnte.

Mayilvahanan et al. vertreten nach Ihrer Studie die These, dass endoprothetischer Ersatz des proximalen Humerus mit modularen Prothesen eine sichere, realistische und bewährte Methode ist, die im Vergleich die niedrigsten Komplikationsraten und sofortige Stabilität für forcierte Wiederherstellung der aktiven Schulterbeweglichkeit gewährt, was eine normale Funktion des Ellenbogens und der Hand ermöglicht. [46] Bei unserer Untersuchung wurden im MSTS-Score auch Einschränkungen möglicher Aktivitäten im alltäglichen Leben abgefragt. Keine Einschränkungen gaben 2 Patienten (2/9 = 22%) an. Die Haarpflege bereitete 7 (7/9= 78%) Patienten Probleme und stellt damit die am meisten beanspruchte Tätigkeit dar. Dies ist laut Patientenaussage vor allem auf die bereits beschriebene verminderte Abduktionsfähigkeit des operierten Armes zurückzuführen. Einen Türknopf drehen war allen Patienten möglich. Das Schreiben, Essen, Anziehen und Autofahren bereitete je 2 Patienten Schwierigkeiten. Zwar sind nur 2 Patienten bei allen abgefragten Tätigkeiten uneingeschränkt, jedoch können die meisten Patienten nach der Versorgung mit dem Implantat und entsprechender physiotherapeutischer Nachbehandlung nahezu alle wichtigen Tätigkeiten des Alltages selbstständig durchführen – vor allem solche, die keine größere Abduktion im Schultergelenk erfordern. Auf der nicht operierten Seite wurden von allen Patienten keinerlei Einschränkungen in diesen Tätigkeiten angegeben, wodurch die Einschränkungen der Gegenseite mit diesem Arm ausgeglichen werden konnten. Bei lediglich 2 (=22%) der Probanden waren mehr als 2 Tätigkeiten mit Einschränkungen verbunden und sogar 7 (=78%) konnten wieder Autofahren. Es zeigt sich somit, dass trotz gewisser Einschränkungen in der Schulterbeweglichkeit die Funktionalität in Hand und Ellenbogen nahezu uneingeschränkt bleibt, wodurch viele der o.g. Tätigkeiten entsprechend ausgeführt werden können. Diese einzelnen Untersuchungen bestätigen die These von Mayilvahanan et al., nach der eine gute Beweglichkeit von Ellenbogen und Hand mit akzeptabler Schulterfunktion bei Patienten mit proximalen Humerusersatz erreicht wird. Die Lebensqualität der Patienten wird erheblich dadurch gebessert, dass Patienten nach Extremitäten erhaltenden OPs mittels tumorendoprothetischer Rekonstruktion über ein erhaltenes äußeres Erscheinungsbild mit intakter Ellenbogen-, Handgelenks- und meist Schulterfunktion verfügen. [69] Unabhängig von der Funktion der Schulter, zeigte die Funktion von Hand und Ellenbogen exzellente Ergebnisse [...] sowie niedrige Schmerz- und

Komplikationsraten. Die Patienten sollten nicht erwarten, Überkopfarbeiten durchführen zu können [11], was unsere Ergebnisse im Simple-Shoulder-Test bestätigen. Orthesen oder Schlingen wurden von keinem Patienten benötigt.

55,6% der nachuntersuchten Patienten nahmen keinerlei Schmerzmittel ein. Bei den restlichen Patienten gab es lediglich eine Bedarfsmedikation mittels oraler NSAR. Opioide wurden von keinem Patienten benötigt. Eine Dauermedikation mit Schmerzmitteln bestand nicht. Dies ist ein exzellentes Ergebnis, betrachtet man die teilweise großen Resektionsgrenzen und die dabei auch auftretenden Hebelwirkungen auf die Prothese.

Anhand des „Simple Shoulder Test“-Fragebogens wurden weitere Daten zur funktionellen Evaluation erhoben, um genauere Ergebnisse hinsichtlich der Funktionseinschränkungen im Schulter-, Ellenbogen- und Handgelenk zu erreichen. Hier stach hervor, dass 88,9% (n=8) der Befragten angaben, in Ruhe schmerzfrei zu sein. Bei dieser Frage wurde die Schmerzfreiheit unter einer evtl. eingenommenen Schmerzmedikation mit einbezogen. Ohne regelmäßige Schmerzmedikation waren 55,6% (n=5) der Menschen in Ruhe schmerzfrei; die gleichen Patienten konnten von Seiten der Schulter her problemlos schlafen. Gemäß eigenen Angaben können 44,4% (n=4) mit dem betroffenen Arm ihr Hemd auf dem Rücken in die Hose stecken und 1 (11,1%) Patient kann den Hinterkopf mit dem operierten Arm berühren, aber keiner den gestreckten Arm auf mindestens Schulterniveau heben. Entsprechend lag bei den durchgeführten Nachuntersuchungen die maximal mögliche Abduktion des betroffenen Armes bei 30°. 44,4% (n=4) der Befragten gaben an, einen Tennisball seitlich vom Körper 10m weit werfen zu können, die Möglichkeit eines Wurfes über Kopf wurde von allen verneint. Beim Wurf wurde nicht differenziert, ob die Schwungkraft aus dem Schultergelenk, dem Ellenbogengelenk oder beiden kommt. Zwar ist ein derartiger Wurf nicht als alltagsübliche Tätigkeit zu werten, zeigt aber doch, dass auch nach der OP bei knapp der Hälfte der Personen ein gutes Kraft-Koordinationsverhältnis gegeben ist. Mit dem betroffenen Arm die Gegenschulter waschen zu können, glaubten 2 (=22,2%) Patienten. Diese beiden Patienten schafften es, die verminderte Abduktion durch die Beugung im Ellenbogengelenk auszugleichen. Die anderen 7 (=77,8%) würden hierfür eine Duschbürste mit längerem Griff verwenden und so diese Einschränkung überwinden. Von Seiten der Schulter „im erlernten Beruf voll arbeitsfähig“ zu sein (bei Rentnern wurde die geschätzte Fähigkeit zum erlernten Beruf gewertet), gaben 4 (=44,4%) an. Diese Anforderungen in deren Berufsgruppen beschränkten sich zumeist auf Schreibtischtätigkeiten oder solche, bei denen wenig oder keine Überkopfbewegungen notwendig waren. Nachdem im MSTS Score vor

allein die feinmotorischen Fähigkeiten beurteilt wurden, wurden auch gröbere Fähigkeiten abgefragt. Ein Gewicht von 10kg seitlich am Körper tragen zu können, meint ein Drittel der Patienten. Es zeigte sich im SST insgesamt deutlich, dass die hier gegebenen Einschätzungen der Patienten deutlich mit unserer Nachuntersuchung übereinstimmten. Die verminderte Abduktionsfähigkeit wurde in allen darauf abzielenden Fragen ebenso bestätigt wie Angaben zu Schmerzen in der operierten Schulter.

In einer Studie mit 45 Patienten mit einem Tumor am proximalen Humerus lag die durchschnittliche Resektionslänge bei 16cm (8cm bis 28cm). [63] Die Resektionslänge lag bezogen auf das vorliegende Patientenkollektiv im Mittel bei 11,5cm (min. 7cm vs. max. 19cm), bei den untersuchten Patienten 11,4cm im Mittel (min. 7,5cm vs. max. 14cm), bei den verstorbenen Patienten beträgt der Mittelwert 10,9cm (min. 7cm vs. max. 19cm). Bei im Verhältnis längeren oder kürzeren Resektionen konnten keine kleineren oder größeren Bewegungsausmaße nachgewiesen werden, so dass ein Zusammenhang zwischen der Resektionslänge am Humerus und dem Bewegungsumfang in der Nachuntersuchung nicht hergestellt werden konnte. Zwar können Details über das genaue Resektionsausmaß des umliegenden Gewebes (Muskeln / Sehnen / ggf. Gefäße und Nerven) in den OP-Berichten nicht angegeben werden, aber es ist klar, dass bei größerer Resektion das Bewegungsausmaß und die Kraft in den entsprechenden Bewegungen nachlassen. Literaturvergleiche zeigen folgende Resektionsausmaße: Mittlere Resektionslänge 140cm (6,2 – 23,9cm) [11], 9,6cm (6,5-14cm) [72], 13cm (8-21cm) [17].

In den Röntgenuntersuchungen wurde bei lediglich einem Patienten der Verdacht auf ein Lokalrezidiv gestellt, der sich jedoch nicht bewahrheitete. Somit wurde röntgenologisch kein Lokalrezidiv festgestellt. Die häufigsten Komplikationen bei endoprothetischen Rekonstruktionen sind Schulterinstabilität, Bewegungseinschränkung und Versagen der Fixation. [75] In unserem Patientengut wurden Lockerungszeichen nur bei einem Patienten entdeckt. Ansonsten zeigten die Prothesen sämtlich einen korrekten Sitz und keine Hinweise auf eine Fraktur. Somit ist auch das radiologische Ergebnis sehr gut mit 0% Lokalrezidiven, 100% korrektem Prothesensitz und 89% ohne Lockerungszeichen. Wird eine marginale Resektion durchgeführt, ist die Wahrscheinlichkeit für eine hohe Rezidivrate mit vielen Folge-OPs erhöht. In dieser Studie wurde stets versucht, eine Resektion weit im Gesunden durchzuführen (Sicherheitsabstand 5cm nach distal, 2cm in die Breite), um die Rezidivrate möglichst niedrig zu halten. Eine Proximalisierung des Prothesenkopfes wird mit einer Inzidenz von 29% mit einer positiven Korrelation zwischen Proximalisierung und Follow-up

Dauer beobachtet. [11] In unserem Patientengut hatten 3 Patienten = 33% in der Röntgenuntersuchung einen Prothesenhochstand. Dies ist mit der resezierten Rotatorenmanschette zu erklären. In der Literatur ist dies ein regelmäßig beobachtetes Phänomen. Andere Autoren weisen Proximalisierungsraten von 10% [1] bis 76% aus. [66] Dies kann zu einer der des Impingements ähnlichen Schmerzsymptomatik führen. Hinweise hierfür traten in dieser Studie nicht auf.

Auch Black et al. wiesen in einer Studie mit 6 Patienten mit Allograft-Prothesen keine Dislokationszeichen nach. [75]

De Wilde et al erhielten in einer Studie mit 4 Patienten bei Implantation einer inversen Schulterprothese kein Lokalrezidiv, keine Metastase, keine periprothetischen Frakturen oder Loosening der Prothese in den radiologischen Untersuchungen. Ein komplettes Einwachsen der Prothese war in allen Fällen nachweisbar. [14] Häufigste Ursache für ein Lokalrezidiv ist die unzureichende lokale Radikalität der Resektion. Die Lokalrezidivrate wird für den proximalen Humerus mit 7–15% angegeben. [27, 43, 46, 55, 57] Bei Primärtumoren bedeutet ein Lokalrezidiv für den Patienten häufig den Verlust der Extremität. Sollten keine weiteren Metastasen vorliegen, so ist bei Erhalt der neurovaskulären Strukturen die extremitätenerhaltende Resektion vorzuziehen. [23] Die Infektion ist die zweithäufigste und wohl die schwerstwiegende Komplikation von modularen Prothesen, da sie nicht selten die sekundäre Amputation erzwingt. [36] Wenn auch die Infektionsrate für Humerusprothesen geringer als bei anderen Lokalisationen ausfällt, so liegt sie laut Jeys und Kumar et al. dennoch zwischen 0% und 10%. [36, 43] Die Infektionsrate ist maßgeblich von Faktoren wie Weichteildeckung, adjuvanten Therapien und Operationszeit abhängig. [35, 36] Sie erfordert somit gerade bei Tumorprothesen die Einhaltung strengster intra- und perioperativer Hygiene. [23] Weichteilkomplikationen treten nach Humerusrekonstruktionen fast ausschließlich im Schulterbereich auf. Glenohumerale Instabilitäten sind in 13%, Luxationen sogar in 19% der prothetischen Rekonstruktionen beschrieben [57]. Die Inzidenz aseptischer Lockerungen von Humerusprothesen wird mit 0–6% angeführt. [11, 43, 46]

Dagegen zeigt ein weiterer Literaturvergleich folgende Ergebnisse:

Bickels beschreibt in einer Studie über 166 Patienten mit einer Operation zur Behandlung einer pathologischen Humerus- und Femurfraktur ein 33%iges Implantatversagen innerhalb von 60 Monaten. Allgemeine Ursachen für das Versagen sind schlechte Primärimplantation, unpassende Implantatwahl und Fortschreiten der Krankheit im Operationsgebiet. [4] Ross et

al. zeigten in einer älteren Studie mit 25 Patienten 16 Subluxationen und 3 Dislokationen. [66] O'Connor et al. hatten in einer Studie mit 11 Patienten 6 Subluxationen, 2 mal den Verlust der Prothese und eine tiefe Infektion. [55] De Wilde et al. erreichten in einer Studie mit 4 Patienten 0 Infektionen. [14] Rödl et al. wiesen in einer Studie mit 45 Patienten, in der die Versorgung von Tumorpatienten mit Prothesen, Clavicula pro humero Operation und osteoarticular allograft verglichen wurden, die geringste Komplikations- und Revisionsrate für die 19 mit modularen Prothesen versorgten Patienten nach. [63] Dies bestätigen auch Meller et al., die bei generell niedriger Komplikationsrate nach Resektion des proximalen Humerus ebenfalls den Tumorprothesen im Vergleich mit biologischen Rekonstruktionen weniger Komplikationen bescheinigen. Somit bezeichnen sie den tumorendoprothetischen Ersatz zur Rekonstruktion nach Resektion des proximalen Humerus als die sicherste Prozedur mit den wenigsten implantatbedingten Komplikationen. [47]

Das zweite Ziel der Arbeit war die Untersuchung des onkologischen Ergebnisses und zwar bei den nachuntersuchten und bei den bereits verstorbenen Patienten. Haben Tumoren metastatische Absiedelungen gebildet, so haben die Patienten zumeist eine schlechte Prognose. Die Mehrheit wird effektiv mit nichtoperativen Verfahren behandelt. Die Chirurgie mag für Patienten mit bestehenden oder drohenden pathologischen Frakturen oder hartnäckigen Schmerzen vorgesehen sein und stellt somit laut Bickels et al. eine palliative Prozedur dar. [4] 9 der 36 Patienten (=25%) konnten nachuntersucht werden, 75% (25/36) waren zum Zeitpunkt der Studie bereits verstorben. 100% der Verstorbenen waren an Ihrer Tumorerkrankung oder deren Folgen gestorben. Mittels einer Genehmigung der Regierung von Oberbayern war es uns auch möglich, die genauen Todesursachen aus den Todesbescheinigungen zu erfahren. Hier stand (Multi-)Organversagen infolge des Primärtumors bzw. dessen Metastasen mit 88% (22/25 Patienten) an der Spitze der Statistik. Ein Patient (=4%) verstarb an einer infolge des Tumors nicht mehr beherrschbaren Pneumonie (bei Bronchial-CA), zweimal (=8%) war Tumorkachexie die Todesursache. Der Tod infolge der tumorösen Primärerkrankung wird in anderen Studien mit 10,9-18% angegeben. [46, 72, 17] In diesen Studien waren jedoch die Anteile an Metastasen als Ursache für die Rekonstruktion des resezierten Humerus zumeist geringer als in der vorliegenden Studie 10,8 [72], 9% [46]. Die durchschnittliche postoperative Überlebensdauer lag in dieser Gruppe bei 25,6 Monaten. Betrachtet man die Tatsache, dass 80% der Verstorbenen in der Schulterregion Metastasen von anderen Primärtumoren hatten, mag dies einen Anhaltspunkt für die kurze postoperative Überlebensdauer sein. Diese Patienten der vorliegenden Studie hatten eine postop. Überlebensdauer von ca. 0,75 Jahren. Die Patienten mit prim. Knochen-

/Muskel Tumoren überlebten im Schnitt 2 Jahre, bei allen war der Primärtumor zuletzt metastasiert. In einer Studie mit 45 Patienten (davon 19 modulare Schulterprothesen) überlebten auf das ganze Patientengut betrachtet 54% der Patienten die Follow up Zeit von 10 Jahren, in der Gruppe der Schulterprothesen waren es 83%. [63] Das onkologische Ergebnis von Humerusresektionen wird unter der Berücksichtigung eines relativ hohen Metastasenanteils mehrheitlich als gut beschrieben. [11, 55, 57] Primärtumoren wie das Osteosarkom mit Lokalisation im Humerus haben eine schlechte Prognose, was in einer gewissenhaften Nachsorge dieser Patienten berücksichtigt werden sollte. Das 5-Jahres-Gesamtüberleben größerer Patientengruppen mit Humerusprothesen liegt zwischen 22% und 83% [11, 43, 46].

6. Zusammenfassung

Tumoren des proximalen Humerus sind eine auf die Weltbevölkerung gesehene seltene, dann aber für die Betroffenen umso mehr mit Einschränkungen verbundene Diagnose. Um nach einer notwendigen Resektion eine Rekonstruktion ermöglichen zu können, die sowohl einer erforderlichen Radikalität des Ausmaßes als auch einer möglichst hohen Funktion und Stabilität gerecht wird, wurden modulare Megaprothesen entwickelt.

Die Resultate nach der Rekonstruktion mit derartigen Implantaten sind bisher kaum untersucht. Große Patientenkollektive konnten aufgrund der zumeist kurzen postoperativen Überlebensraten kaum untersucht werden. In dieser Studie waren es 9 von ursprünglich 36 Patienten, was auf dem Niveau ähnlicher Studien liegt.

In einer retrospektiven Studie wurden Patienten nach Implantation eines proximalen Humerusersatzes (Typ MML) nachuntersucht. Mittels klinischer und radiologischer Untersuchung, eines abgewandelten MSTS-Scores und SST-Tests wurden die Daten erhoben.

Es wurde nachgewiesen, dass die funktionellen Ergebnisse den Patienten die üblichen Aufgaben des Alltages ermöglichen, auch wenn hinsichtlich Kraft und Bewegungsumfang Einschränkungen bestehen. Der MSTS-Score und der Simple Shoulder Test lagen auf sehr zufriedenstellendem Niveau. Das lokale onkologische Ergebnis sowie die Stabilität wiesen ein sehr gutes Resultat auf. Komplikationen waren in dieser Studie ein kaum beobachtetes Ereignis, zudem waren Schmerzen sehr selten. Insgesamt wurde ein hohes Maß an Mobilität, Funktion und Schmerzfreiheit erreicht.

Die Arbeit bestätigt, dass modulare Prothesen eine an den jeweiligen Patienten angepasste Wiederherstellung nach ausgedehnten Resektionen ermöglichen mit teils sehr guten Ergebnissen. Dennoch zeigt der eingeschränkte Bewegungsumfang eine Zielsetzung für eine Verbesserung.

7. Limitationen

Die größte Limitation der vorliegenden Studie ist die niedrige Anzahl der untersuchbaren Patienten. Insgesamt waren es 36 Patienten, die aufgrund einer Tumorerkrankung im Bereich des proximalen Humerus einen proximalen Humerusersatz Typ MML erhalten haben. Davon konnten nur 9 nachuntersucht werden. Hier wäre eine deutlich höhere Anzahl von Patienten wünschenswert gewesen. Nicht nachuntersucht werden konnten die 25 Patienten, die zu Beginn der Studie bereits verstorben waren sowie die 2 im Ausland lebenden Patienten.

Ein weiterer Kritikpunkt ist das Fehlen einer Kontroll- oder Vergleichsgruppe. Es wurde zum Vergleich jeweils die gesunde Gegenseite des Patienten untersucht. Dies bietet den Vorteil, dass exakt verglichen werden kann, inwieweit bei diesem Patienten die Einschränkungen gegenüber der nicht operierten Schulter bestehen. Dennoch wäre ein Vergleich mit anderen OP-Methoden von Interesse in künftigen Untersuchungen.

8. Ausblick

Wie dargestellt ist der proximale Humerusersatz Typ MML eine gute Therapieoption für Tumoren im Bereich des proximalen Humerus. Es können sehr gute funktionelle Ergebnisse erzielt werden, die Patienten leiden nicht unter langfristigen Schmerzen und es kann bei adäquatem chirurgischen Vorgehen eine sehr gute lokale Tumorkontrolle erreicht werden. Jedoch gerade das notwendige aggressive chirurgische Resezieren des Tumors und daraus folgend der umgebenden Weichteile gibt den wichtigsten Ansatzpunkt zur weiteren Verbesserung des dargestellten Prothesentyps. Zumeist müssen große Anteile der Rotatorenmanschette reseziert werden, was sich im niedrigen Bewegungsausmaß der untersuchten Patienten widerspiegelt. Um diesen Verlust der Muskulatur auszugleichen, wäre die Weiterentwicklung der MML-Prothese zu einer inversen Schulterprothese wichtig, um dem M. deltoideus einen besseren Hebelarm zu ermöglichen und so auch bei größtenteils resezierter Muskelmanschette eine größere Beweglichkeit zu ermöglichen.

Des Weiteren besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Möglichkeit der Refixation von Weichteilen an der Prothese. Somit könnten die verbliebenen Anteile der Muskulatur auch weiterhin Ihre Funktion erhalten und somit zu größerer Stabilität und Funktionalität beitragen.

9. Verzeichnisse

9.1. Literaturverzeichnis

1. Asavamongkolkul A, Eckardt JJ, Eilber FR, Dorey FJ, Ward WG, Kelly CM, et al., „Endoprosthetic reconstruction for malignant upper extremity tumors.“ Clin Orthop Relat Res 360 (1999) 207-220
2. Benninghoff A., Drenckhahn D., „Anatomie“, Urban und Fischer Verlag, München, 16. Auflage, 2003
3. Bhagia SM, Elek EM, Grimer RJ, Carter SR and Tillman RM. “Forequarter amputation for high-grade malignant tumors of the shoulder girdle”. J Bone Joint Surg Br 79(1997) 924-926
4. Bickels J., Kollender Y., Wittig J. C., Meller I., and Malawer M. M. „Function after Resection of Humeral Metastases; Analysis of 59 Consecutive Patients” Clin Orthop Relat Res 437 (2005) 201–208
5. Bieling P., Rehan N., Winkler P. “Tumor size and prognosis in aggressively treated osteosarcoma”, J Clin Oncol 14 (1996) 848–858
6. Böcker W., Denk H., Heitz P. U., Moch H., „Pathologie“, Urban und Fischer Verlag, München, 4. Auflage, 2008
7. Breusch S., „Klinikleitfaden Orthopädie und Unfallchirurgie“, Urban und Fischer Verlag, München, 6. Auflage, 2009
8. Buckup K., “Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln”, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 2005
9. Burgkart R., Hipp E., Plötz W., „Limb Salvage“, Zuckschwerdt Verlag, München, 1998
10. Campanacci, M., Capanna, R., Ruggieri, P., Ritschl, P., De Cristofaro, R., Ferraro, A., De Maio, M., “Cementless modular prosthesis. Results and complications.”, Chir Organi Mov 75 (1990) 179-183
11. Cannon C.P., Paraliticci G.U., Lin P.P. et al “Functional outcome following endoprosthetic reconstruction of the proximal humerus.” J Shoulder Elbow Surg 18 (2009) 705–710
12. Cleeman E., Auerbach J. D., Springfield D. S., “Tumors of the shoulder girdle: A review of 194 cases” J Shoulder Elbow Surg 14 (2005) 460-465
13. Cofield R. H., Sperling J. W., “Revision and Complex Shoulder Arthroplasty”, Lippincott Williams & Wilkins Verlag, Philadelphia, 2008

14. De Wilde L. F., Plasschaert F. S., Audenaert E. A., Verdonk R. C., „Functional Recovery after a Reverse Prosthesis for Reconstruction of the Proximal Humerus in Tumor Surgery“, *Clin Orthop Relat Res*, 430 (2005)156–162
15. De Wilde L., Plasschaert F., “Prosthetic treatment and functional recovery of the shoulder after tumor resection 10 years ago: A case report”, *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 14 (2004) 645-649
16. Delepine N., Delepine G., Desbois J.C., Cornille H. and Mathe G. “Results of multidisciplinary limb salvage in 240 consecutive bone sarcomas” *Biomed & Pharmacother* 44 (1990) 217-224
17. El-Sherbiny M., „Reconstruction of the Proximal Humerus after Wide Resection of Tumors: Comparison of Three Reconstructive Options“, *Journal of the Egyptian Nat. Cancer Inst.*, 20 (2008) 369-378
18. Enneking W.F., Spanier S.S., Goodman M.A. (1980) “A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma.” *J Bone Joint Surg Am*, 62(1980) 1027–1030
19. Enneking W. F., Dunham W., Gebhardt M. C., Malawar M., Pritchard D. J., “A System for the Functional Evaluation of Reconstructive Procedures After Surgical Treatment of Tumors of the Musculoskeletal System”, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 286 (1993) 241-246
20. Enneking W. F., „A System of Staging Musculoskeletal Neoplasms”, *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 204 (1986) 9-24
21. ESKA-Implants GmbH, “Produktblatt MML-Schulter”, Stand: 8.3.2007
22. Ficklscherer A., „Basics Orthopädie und Traumatologie“, Urban und Fischer Verlag, München, 2. Auflage, 2008
23. Funovics P.T., Dominkus M., „Modulare Tumorprothesen des Humerus“, *Der Orthopäde*, 39 (2010)968-979
24. Grimer R., Athanasou N., Gerrand C., “UK guidelines for the management of bone sarcomas.” *Sarcoma* 2010 (2010) Article ID 317462
25. Grimer R. J., Briggs T.W. „Earlier diagnosis of bone and soft-tissue tumors.” *J Bone Joint Surg* 92 (2010) 1489–1492
26. Grundei H. „Geschichtliche Entwicklung der Endoprothetik und der Fixation durch Spongiosa-Metall“ In: „ Ossäre Integration", Gradinger R., Gollwitzer H. (Hrsg.), Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2006, 1.Auflage, 2-13
27. Gupta G.R., Yasko A.W., Lewis V.O. “Risk of local recurrence after deltoid-sparing resection for osteosarcoma of the proximal humerus.” *Cancer* 115 (2009) 3767–3773

28. Habermeyer P, Ebert T., „Aktueller Entwicklungsstand und Perspektiven der Schulterendoprothetik“, *Der Unfallchirurg* 102 (1999) 668-683
29. Habermeyer P., Lichtenberg S., Magosch P., „Schulterchirurgie“, Urban und Fischer Verlag, München, 4. Auflage, 2010
30. <http://www.gbe-bund.de>, Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Stand 24.08.2014
31. <http://www.schulterinfo.de/Info/schulteroperationen/schulterprothese.htm#Geschichte>, Sister R., Stand: 23.08.2011
32. <http://www.zimmer.com/de-CH/hcp/shoulder/product/anatomical-shoulder-system.jsp#1Produktbrosch><http://www.zimmer.com/de-CH/hcp/shoulder/product/anatomical-shoulder-system.jsp#1Produktbrosch%C3%BCrech%C3%BCre>, Fa. Zimmer, Stand: 23.08.2014
33. Jerosch J., Heisel J.: „Schulterendoprothetik“. Steinkopff-Verlag, Darmstadt, 2002
34. Jerosch J., „Funktionelle Ergebnisse nach Hemiarthroplastik des Schultergelenkes nach proximaler Humerusfraktur in Abhängigkeit von der Positionierung der Prothese.“ *Orthopädische Praxis* 39 (2003) 156–165
35. Jerosch J., Heisel J., “Schulterendoprothetik: eine Standortbestimmung“, *Deutsches Ärzteblatt*, 100 (2003) 2366–2377
36. Jeys L.M., Grimer R.J., Carter S.R., Tillman R.M. “Periprosthetic infection in patients treated for an orthopaedic oncological condition.” *J Bone Joint Surg Am* 87 (2005) 842–849
37. Jeys L.M., Luscombe J.S., Grimer R.J. “The risks and benefits of radiotherapy with massive endoprosthetic replacement.” *J Bone Joint Surg Br* 89(2007) 1352–1355
38. Kamand A.A., Warzecha J., Schneider S., Daecke W., Meurer A., „Gutartige Knochentumoren“, *Der Orthopäde*, 40 (2011) 99–113
39. Kapandji I.A. „Funktionelle Anatomie der Gelenke, Band 1 Obere Extremität“ Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 5. Auflage, 1984
40. Kassab M., Dumaine V., Babinet A. “Twenty nine shoulder reconstructions after resection of the proximal humerus for neoplasm with mean 7-year follow-up.” *Rev Chir Orthop Reparat Appar Mot* 91(2005) 15–23
41. Kitagawa Y., Thai D.M., Choong P.F.M., “Reconstructions of the shoulder following tumor resection”, *Journal of Orthopaedic Surgery* 15 (2007) 201-206
42. Krämer J., Grifka J., „Orthopädie“, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 7. Auflage, 2004
43. Kumar D., Grimer R. J., Abudu A. “Endoprosthetic replacement of the proximal humerus. Long-term results.” *J Bone Joint Surg Br* 85 (2003) 717–722

44. Levine E. A., Warso M. A., McCoy D. M., Das Gupta T. K. "Forequarter amputation for soft tissue tumors". *Am Surg* 60 (1994) 367-370
45. Loew M., "AE-Manual der Endoprothetik: Schulter", Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1. Auflage, 2010
46. Mayilvahanan N., Paraskumar M., Sivaseelam A., Natarajan S. "Custom mega-prosthetic replacement for proximal humeral tumors." *Int Orthop* 30(2006) 158–162
47. Meller I., Bickels J., Kollender Y., „Malignant bone and soft tissue tumors of the shoulder girdle: a retrospective analysis of 30 operated cases." *Acta Orthop Scand* 68 (1997) 374-80
48. Meller I., Bickels J., Kollender Y., Ovadia D., Oren R., Mozes M.. „Malignant bone and soft tissue tumors of the shoulder girdle. A retrospective analysis of 30 operated cases." *Acta Orthop Scand* 68 (1997) 374-80
49. Moll M., Moll K.J., „Kurzlehrbuch Anatomie“, Urban und Fischer Verlag, München, 17. Auflage, 2002
50. Müller M., „Chirurgie“, Medizinische Verlags- und Informationsdienste, Breisach, , 10. Auflage, 2010
51. Netter F. H., „Atlas der Anatomie des Menschen“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 2003
52. Niethard F. U., „Kinderorthopädie“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1997
53. Niethard F. U., Pfeil J., „Duale Reihe Orthopädie“, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 5. Korrigierte Auflage, 2005
54. Niethard F. U., Weber M., Heller K.-D., „Orthopädie compact“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2005
55. O'Connor M.I., Sim F.H. and Chao E.Y., "Limb salvage for neoplasms of the shoulder girdle. Intermediate reconstructive and functional results." *J Bone Joint SurgAm* 78 (1996) 1872-1888
56. Pilge H., Holzapfel B.M., Prodinger P.M., Hadjamu M., Gollwitzer H., Rechl H., „Diagnostik und Therapie von Wirbelsäulenmetastasen“, *Der Orthopäde* 40 (2011) 185–196
57. Potter B.K., Adams S.C., Pitcher J.D. Jr "Proximal humerus reconstructions for tumors." *Clin Orthop Relat Res* 467 (2009) 1035–1041
58. Putz R., Pabst R., „Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen“, Urban und Fischer Verlag, München, 21. Auflage, 2000

59. Raiss P., Kinkel S., Sauter U., Bruckner T., Lehner B.; „Replacement of the proximal humerus with MUTARS tumor endoprotheses“, *EJSO* 36 (2010) 371-377
60. Rechl H., Kirchoff C., Wörtler K., Lenze U., Töpfer A., von Eisenhart-Rothe R., „Diagnostik von malignen Knochen- und Weichteiltumoren“, *Der Orthopäde* 40 (2011) 931-944
Rechl H., Wörtler K., Weirich G., Specht K., Gradinger R., „Weichteilsarkome“, *Der Orthopäde* 35 (2006) 1269 - 1278
61. Rockwood C. A. Jr., Matsen F. A., „The Shoulder“, Saunders Elsevier, London-München, 1998
62. Rödl R. W., Gosheger G., Gebert C., Lindner N., Ozaki T., Winkelmann W., „Reconstruction of the proximal Humerus after wide resection of tumours, *J Bone Joint Surg* 84 (2002) 1004-1008
63. Roessner A., Pfeifer U., Müller-Hermelink H. K., „Grundmann - Allgemeine Pathologie“, Urban und Fischer Verlag, München, 10. Auflage, 2003
64. Rohen, F.K. „Funktionelle Anatomie des Menschen“, Schattauer Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, 1975
65. Ross A., Wilson J., Scales J. „Endoprosthetic replacement of the proximal Humerus“, *J Bone Joint Surg Br* 69 (1987) 656-661
66. Rubert C.K., Malawer M.M. and Kellar K.L. „Modular endoprosthetic replacement of the proximal humerus: indications, surgical technique, and results.“ *Seminars in Arthroplasty* 10(1999) 142-153
67. Ruchholtz S., Wirtz D. C., „Orthopädie und Unfallchirurgie essentials“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2010
68. Shi S.-F., Dong Y., Zhang C.-L., Bao K. and Ma X.-J., „Prosthetic replacement of the proximal humerus after the resection of bone tumors“, *Chinese Journal of Cancer* 29 (2010) 121-124
69. Sulmaa M. „Upper extremity phocomelia. A contribution to its treatment.“ *Clin Pediatr* 2 (1987) 251-257
70. Swanson, K.C., Pritchard, D.J., Sim, F.H. „Surgical treatment of metastatic disease of the femur.“ *J.Am.Acad.Orthop.Surg.* 8 (2000) 56-65
71. Van de Sande Michiel A. J., Dijkstra P. D. Sander, Taminiou Antonie H. M.; „Proximal humerus reconstruction after tumour resection: biological versus endoprosthetic reconstruction“, *International Orthopaedics* 35 (2011) 1375–1380

72. Wang J., Temple H. T., Pitcher J. D., Mounasamy V., Malinin T.I., Scully S. P. ,“Salvage of Failed Massive Allograft Reconstruction with Endoprosthesis”, *Clinical orthopaedics and related research*, 443 (2006) 296–301
73. Weigl B., Nerlich M., “Praxisbuch Unfallchirurgie”, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2. Auflage, 2011
74. Williams Black A., Szabo R. M., Titelman R. M. , “Treatment of malignant tumors of the proximal humerus with allograft-prosthesis composite reconstruction” *J Shoulder Elbow Surg* 16 (2007) 525-533
75. Winkelmann W.W. “Clavicula pro humero - a new surgical method for malignant tumors of the proximal Humerus”. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 130 (1992) 197-201
76. Wirth C. J., Mutschler W.-E., „Facharztprüfung Orthopädie und Unfallchirurgie“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1. Auflage, 2007
77. Wittig J.C., Bickels J., Kellar-Graney K. .L “Osteosarcoma of the proximal humerus: longterm results with limb-sparing surgery.” *Clin Orthop Relat Res* 397 (2002) 156–176
78. Wittig J.C., Bickels J., Kollender Y., Kellar-Graney K.L., Meller I. and Malawer M.M. “Palliative forequarter amputation for metastatic carcinoma to the shoulder girdle region: indications, preoperative evaluation, surgical technique, and results”. *J Surg Oncol* 77 (2001) 105-113
79. Wülker N., „Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie“, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2. Auflage, 2010

9.2. Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
a.p.	anterior-posterior
Abb.	Abbildung
Abd.	Abduktion
Add.	Adduktion
ACG	Acromioclavikulargelenk
AR	Außenrotation
AV	Arteriovenös
BSG	Blutsenkungsgeschwindigkeit
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
dist.	distal
Ext.	Extension
Flex.	Flexion
IR	Innenrotation
Lig.	Ligamentum
maj.	majus
med.	medial
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MRT	Magnetresonanztomographie
MSTS	musculoskeletal tumor society
N.	Nervus
Nn.	Nervi
PET	Positronenemissionstomographie
PNET	Primitiver neuroektodermaler Tumor
Proc.	Processus
prox.	proximal
SST	simple shoulder test
T.	Tendo
Tub.	Tuberculum
V.	Vena

VV.

Venae

9.3. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Rotatorenmanschette (Ansicht von lateral, ventral und dorsal)

Abbildung 2: Aufbau der Rotatorenmanschette (Ansicht von cranial)

Abbildung 3: Kapsel, Bänder und Schleimbeutel des Schultergelenkes

Abbildung 4: Arterielle Versorgung der Schulter und des Oberarmes

Abbildung 5: Nervale Versorgung der Schulter und des Oberarmes

Abbildung 6: a: „Erste Generation“: Auf die Pfannenfläche einwirkende Kräfte bei identischen Krümmungsradien von Kopf- und Glenoidkomponente; b: „Zweite Generation“: Auf die Pfannenfläche einwirkende Kräfte bei unterschiedlichen Krümmungsradien von Kopf- und Glenoidkomponente; durch gleichzeitigen Roll- und Gleitmechanismus gelingt eine gute Zentrierung in der Pfanne

Abbildung 7: Schulterprothese der 3. Generation (Aequalis, Fa. Tornier) mit variabler Kopfexzentrizität und Inklination

Abbildung 8: „Vierte Generation“ Anhand der Anatomical-Shoulder, Fa. Zimmer a: Verstellbare Inklination; b: Verstellbare Retrotorsion; c: „Offset“ aus Broschüre von Zimmer

Abbildung 9: Schematische Darstellung des Roll-Gleit-Mechanismus mit Gleiten des Humeruskopfes aus dem Pfannenzentrum bei entsprechender Drehbewegung

Abbildung 10: Verlagerung des Drehzentrums bei der Defektarthropathie nach kranial. Das Grundprinzip der inversen Prothese: 1. Fixiertes und medialisiertes Drehzentrum (Verlängerung des Deltahebelarmes ($L2 > L1$)) und Verminderung des Drehmomentes auf die Glenoidkomponente, 2. Vergrößerung des akromiohumeralen Abstandes zur Wiederherstellung der Deltaspannung ($F2 > F1$). aus AE Schulter-Endoprothetik

Abbildung 11: Rocking-horse-Phänomen bei exzentrischer Belastung der Glenoidkomponente durch konforme Gelenkflächenradien (aus AE Schulter)

Abbildung 12: proximaler Humerusersatz Typ MML

Abbildung 13: a:Humeruskopfkomponente, b:proximaler Humerusersatz, c:Verlängerungsmodul, d: Schaft zementiert, e: Schaft zementfrei

Abbildung 14: Überblick über die Geschlechts- und Seitenverteilung der Prothesenversorgung bei allen 36 Patienten

Abbildung 15: Geschlechts- und Seitenverteilung der Prothesenversorgung im nachuntersuchten Patientenkollektiv

Abbildung 16: Übersicht über die Altersverteilung im gesamten Patientenkollektiv zum Zeitpunkt der Prothesenimplantation

Abbildung 17: Übersicht über die Altersverteilung im untersuchten Patientenkollektiv zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Abbildung 18: Verteilung der Neoplasien im Patientengut

Abbildung 19: Anteile der verschiedenen Metastasen im Patientengut

Abbildung 20: Knochen-/Knorpelneubildungen im erfassten Patientengut

Abbildung 21: Typische Altersverteilung von Knochtumoren

Abbildung 22: Typische Lokalisationen von Knochtumoren

Abbildung 23: Morphologie und Radiologie von Knochtumoren

Abbildung 24: Vorschlag zum diagnostischen Vorgehen bei Knochenläsionen

Abbildung 25: Normaler Bewegungsumfang im Schultergelenk

Abbildung 26: Null-Grad-Abduktionstest

Abbildung 27: Empty-can-Test

Abbildung 28: Lift-off-Test

Abbildung 29: Napoleon-Zeichen

Abbildung 30: M. infraspinatus-Test

Abbildung 31: Abduktions-Außenrotations-Test

Abbildung 32: Hornblower-Zeichen

Abbildung 33: Schmerzhafter Bogen

Abbildung 34: Impingement-Test nach Neer

Abbildung 35: Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy

Abbildung 36: Röntgen des Schultergelenkes antero-posterior

Abbildung 37: Röntgen des Schultergelenkes Skapula-Y-Aufnahme

Abbildung 38: Summe der erreichten Punkte im MSTS/ISOLS-Score

Abbildung 39: Vergleich der erreichten Punkte in den Kategorien des MSTS/ISOLS-Score

Abbildung 40: Verteilung der Punktbewertungen innerhalb der Kategorien

Abbildung 41: Prozentuale Punkteverteilung bei Stabilität und Deformität.

Abbildung 42: Graphische Darstellung der positiven und negativen Aussagen beider Geschlechter im untersuchten Patientengut

Abbildung 43: Geschlechtsverteilung bei den verstorbenen Patienten

9.4. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über die Geschlechts- und Altersverteilung im gesamten Patientengut

Tabelle 2: Überblick über die Geschlechts- und Altersverteilung und das Follow-up bei den nachuntersuchten Patienten

Tabelle 3: Diagnosen des Patientengutes

Tabelle 4: Indikationen für Arthroplastiken

Tabelle 5: MSTS-Funktionsbogen

Tabelle 6: Stabilität und Deformität der Schulter gemäß ISOLS-Score

Tabelle 7: Fragen des Simple Shoulder Tests

Tabelle 8: aktive Bewegungsausmaße der operierten Schulter

Tabelle 9: aktive Bewegungsausmaße der gesunden Schulter

Tabelle 10: Differenz des aktiven Bewegungsausmaßes im Seitenvergleich

Tabelle 11: Einschränkung der Beweglichkeit der operierten Schulter im Seitenvergleich

Tabelle 12: Ergebnisse der klinischen Tests bei den nachuntersuchten Patienten

Tabelle 13: Armlängen im nachuntersuchten Patientengut

Tabelle 14: Ergebnisse der Kraftuntersuchung

Tabelle 15: Ergebnisse des MSTS/ISOLS-Score

Tabelle 16: Anzahl der positiven und negativen Antworten beim Simple Shoulder Test im untersuchten Kollektiv

Tabelle 17: Röntgenbefunde

10. Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei allen Personen, die mich bei der Durchführung der Arbeit unterstützt haben. Besonders danken möchte ich:

Herrn Prof. Dr. med. R. Gradinger und seinem Nachfolger Herrn Prof. Dr. med. von Eisenhart Rothe für die Überlassung dieser interessanten Fragestellung und den großen Freiraum bei deren Bearbeitung.

Vielen Dank an die hervorragende Betreuung durch Dr. med. H. Pilge, seine Diskussionsbereitschaft, wertvollen Anregungen und die freundliche Unterstützung durch die ich einen tieferen Einblick in das Themengebiet erreichte.

Danke an Herrn PD Dr. med. R. Burgkart für die kurzfristige Übernahme der Arbeit, für seine Bereitschaft, die Arbeit als Doktorvater zu führen, seine stets konstruktive Kritik und die aufmerksame Betreuung.

Danke an Juri Tadler für die Übersetzung des Fragebogens ins Kyrillische.

Den Schwestern und Mitarbeitern der Abteilung und Poliklinik für Orthopädie der TU München für Ihre Hilfe bei meinen Untersuchungen der Patienten und die Unterstützung bei der Fertigung der Röntgenbilder sowie die Hilfe bei den Patientendateien und im Archiv.

Und vor allem einen herzlichen Dank an meine Eltern, meine Schwester und meine Großmutter, die alle auf Ihre Weise zur Entstehung der Arbeit beigetragen haben.

Vielen lieben Dank an meine Ehefrau, die mich zu jeder Zeit tatkräftig unterstützt hat.

11. Anhang

11.1 Russischer Fragebogen in kyrillischer Schrift

Фамилия:

Имя:

День Рождения:

Пожалуйста ответте на ниже пречисленные вопросы, поставля крестик.

Есть ли у Вас боли в данный период в плечевом суставе?

- боли нету
- лёгкие боли
- боли средней тяжести
- сильные боли

Принимаете ли Вы обезболивающие медикаменты при потребности от болей в плечевом суставе?

- не принимаю
- да, принимаю такие как: _____

Давольны ли Вы своим протезом плечевого сустава?

- не доволен
- частично доволен
- доволен
- вполне доволен

Какие ниже перечисленные активности возможны с прооперированной рукой?

- не какие
- ношение лёгких предметов
- ношение тяжолых предметов
- кушать
- писать
- одеваться
- разчосывание волос
- открывание дверей
- езда с автомобилем

Функциональность моего плеча в бытовой активности оцениваю как:

- нормальная
- с незначительным ограничением
- с умеренным ограничением
- с значительным ограничением

В следуюсчих вопросах выберите ответ преблизительно. Схематический эскиз показывает движение в плечевом суставе.

На сколко можыте Вы свою выпрямленную руку **отвести в сторону?**

- | правая | левая |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0° до 30° | <input type="checkbox"/> 0° до 30° |
| <input type="checkbox"/> до 60° | <input type="checkbox"/> до 60° |
| <input type="checkbox"/> до 90° | <input type="checkbox"/> до 90° |
| <input type="checkbox"/> свыше 90° | <input type="checkbox"/> свыше 90° |

На сколько можете Вы свою выпрямленную руку **поднять вперёд**?

- | правая | левая |
|------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 0° до 30° | <input type="checkbox"/> 0° до 30° |
| <input type="checkbox"/> до 60° | <input type="checkbox"/> до 60° |
| <input type="checkbox"/> до 90° | <input type="checkbox"/> до 90° |
| <input type="checkbox"/> свыше 90° | <input type="checkbox"/> свыше 90° |

На сколько можете Вы свою выпрямленную руку **отвести назад**?

- | правая | левая |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10° | <input type="checkbox"/> 10° |
| <input type="checkbox"/> 20° | <input type="checkbox"/> 20° |
| <input type="checkbox"/> 30° | <input type="checkbox"/> 30° |
| <input type="checkbox"/> 40° | <input type="checkbox"/> 40° |

На сколько можете Вы свою руку **вращать вовнутрь**?

- | правая | левая |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 20° | <input type="checkbox"/> 20° |
| <input type="checkbox"/> 40° | <input type="checkbox"/> 40° |
| <input type="checkbox"/> 60° | <input type="checkbox"/> 60° |
| <input type="checkbox"/> 80° | <input type="checkbox"/> 80° |

На сколько можете Вы свою руку **вращать наружу**?

- | правая | левая |
|------------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 10° | <input type="checkbox"/> 10° |
| <input type="checkbox"/> 20° | <input type="checkbox"/> 20° |
| <input type="checkbox"/> 40° | <input type="checkbox"/> 40° |
| <input type="checkbox"/> 60° | <input type="checkbox"/> 60° |

Заметели ли Вы что после операции ваша рука стала:

- длиннее
- длинна не изменилась
- короче

Если длинна руки длиннее/ короче то на сколько(приблизительно):

Если возможно измерьте, или дайте измерить комуто, длинну от среднево палца по плечо на обеих руках:

Длинна с права(в см.): _____

Длинна с лева(в см.): _____

Моё плечо после операции:

- стабилное (некогда небыло вывихов)
- довольно стабильное(редкие вывихи)
- не стабильное (постоянные вывихи)

Моя сила в болной руке:

- нормальная
- слабее
- намного слабее
- нету силы