

Abb. 1



Gelenkersatz Der vorliegende Artikel gibt eine strukturierte Übersicht über den Gelenkersatz der Schulter bei degenerativen und traumatischen Zuständen und stellt den „state of the art“ in der Endoprothetik des Schultergelenkes vor.

Von Daniel Briem^{1,2}, Johannes M. Rueger², Wolfgang Klauser¹ und Jörg Neumann¹
(¹ ENDO-Klinik, ² UKE, Klinik f. Unfall-, Hand- u. Wiederherstellungschirurgie)

Endoprothetik des Schultergelenkes

Im Gegensatz zum künstlichen Gelenkersatz im Bereich von Hüfte und Knie gilt die Endoprothetik des Schultergelenkes als weniger etabliert. Dies mag zum einen an der niedrigeren Inzidenz der Omarthrose – anders als Hüfte und Knie gehört die Schulter nicht zum lasttragenden Skelettabschnitt – zum anderen am relativen Mangel an standardisierten Richtlinien zu Indikationstellung und Therapiewahl liegen. Darüber hinaus kann die Endoprothetik des Schultergelenkes nicht auf eine vergleichbar gut aufgearbeitete Datensammlung zu Ergebnissen und Standzeiten zurückgreifen, wie dies für die Endoprothetik der Hüfte der Fall ist. So wird z. B. das Schwedische „Shoulder Arthroplasty Register“ erst seit 1999 geführt.

Erste Berichte über eine Gelenkersatzoperation an der Schulter datieren aus dem Jahre 1893. Péan implantierte bei einem jungen Patienten mit Tuberkulose einen proximalen Humerusersatz aus Platin und Gummi. Allerdings musste die Konstruktion aufgrund der Infektpersistenz zwei Jahre nach der Operation wieder explantiert werden. In den folgenden Jahrzehnten blieben zunächst die Arthrodesis bzw. die Resektionsarthroplastik die Standardverfahren bei ausgeprägten Pathologien des Glenohumeralgelenkes.

Entwicklung der Kunstschulter

Anfang der fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurde von Neer erstmals ein der Anatomie nachgeahmtes Prothesenmodell zum Ersatz des proximalen Humerus bei dislozierten Kopfbrüchen entwickelt. Die

sog. Neer-I Prothese bestand aus einem fest miteinander verbundenen Schaft- und Kopfteil („Monoblockprothese“) mit einem in verschiedenen Längen und Stärken erhältlichen Schaft. Das später weiterentwickelte Neer-II Modell wies ebenfalls einen starr am Schaft fixierten Kopf auf, der jedoch in verschiedenen Größen geliefert werden konnte.

Wie ihre Vorgängerin, wurde die Prothese hauptsächlich zur Frakturversorgung genutzt. Erst mit der Erweiterung der Indikation hin zu degenerativen Erkrankungen wurde in den siebziger Jahren der begleitende Ersatz des Glenoids eingeführt. Aus dem eigenen Haus stammte die Entwicklung der St. Georg Prothese, deren Pfannenkomponente aus Polyethylen bestand. Reeves stellte ebenfalls in den siebziger Jahren erstmals eine sog. inverse Prothese vor, bei der der Kopf quasi am Glenoid, und die Pfanne am Schaft fixiert wurde.

Begleitend mit der Einführung des Glenoidersatzes wurden Prothesenmodelle mit starrer Kopplung zwischen Kopf und Pfanne entwickelt („constrained prothesis“), um einer Luxation des Kopfes, insbesondere bei zusätzlichem Rotatorendefekt, entgegen zu wirken. Neben der eingeschränkten Funktion wiesen diese Modelle eine inakzeptabel hohe Rate an mechanischen Komplikation mit frühzeitiger Lockerung und Implantat-

aufbrauch auf, sodass die gekoppelten Prothesen im Bereich der Schulter weitgehend verlassen wurden und heute bedeutungslos sind.

Zeitgemäße Prothesendesigns verfolgen das Konzept einer so gering wie möglich gehaltenen knöchernen Resektion, wobei die zur Verhinderung einer Dislokation erforderliche Stabilität über die umgebenden Weichteile zu erzielen ist („non-constrained“). Mitte der achtziger Jahre wurden die auf den Neer-II Prothesen basierenden Modelle zu den heute üblichen Modulsystemen weiterentwickelt, bei denen sowohl für die hemi-, als auch die totalendoprothetische Versorgung Schaft-, Kopf- und Glenoidkomponente unabhängig voneinander gewählt und kombiniert werden können.

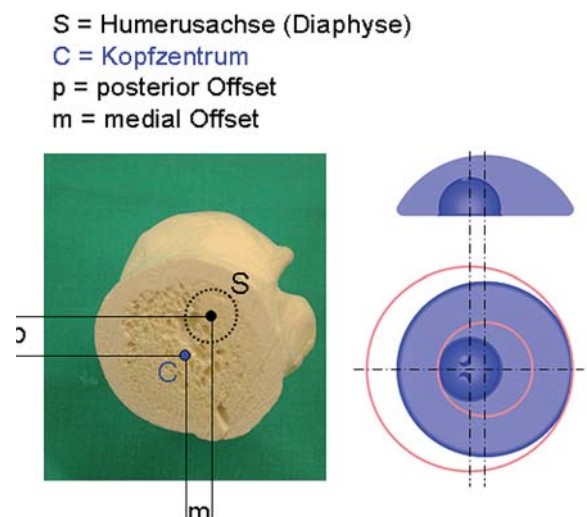


Abb. 2: Durchschnittlicher anatomischer Versatz des Humeruskopfes gegenüber dem Schaft in medialer und dorsaler Richtung

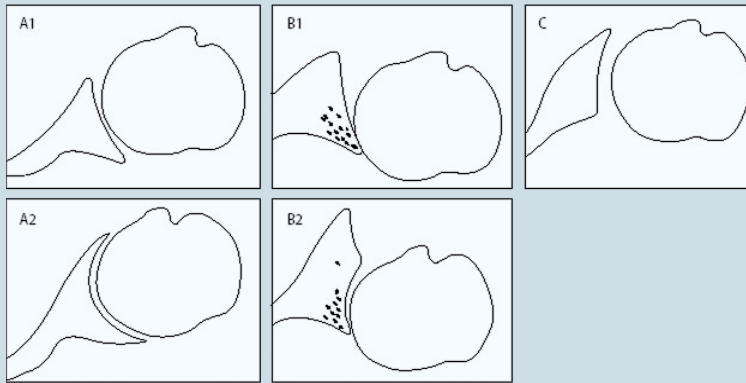


Abb. 3: Glenoidformen nach Walch. Typ A konzentrische Deformität, Typ B exzentrische Deformität mit posteriorer Subluxation, Typ C Dysplasie mit Retroversion

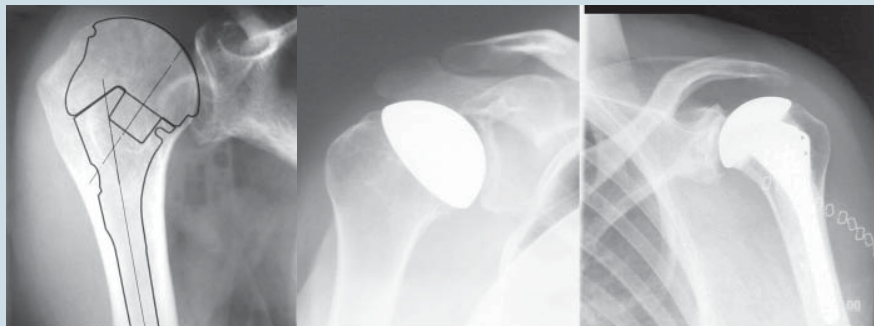


Abb. 4: Planungsschablonen zur Größenbestimmung der Schaftkomponente

Abb. 5: Exemplarische Röntgendarstellung nach Implantation einer Humerushalsprothese (links) und einer markraumverankerten Prothese (rechts)

Topographie des Glenohumeralgelenk

Das Glenohumeralgelenk besteht aus den beiden großen knöchernen Komponenten Humeruskopf und Glenoid (Gelenkpfanne). Humeruskopf und Glenoid weisen bezüglich Torsion, Achse und Neigung eine für jeden Patienten individuelle Konstellation auf, deren Kenntnis für den Operateur unabdingbare Voraussetzung für einen erfolgreichen endoprothetischen Ersatz des Schultergelenkes ist. Neben anderen Arbeitsgruppen hat v.a. die Gruppe um Walch mit ihren morphometrischen Untersuchungen eindrucksvoll die grossen interindividuellen anatomischen Schwankungen aufzeigen können.

Die Gelenkfläche des Humeruskopfes ist gegenüber dem Schaft nach medial geneigt (Inklination von durchschnittlich ca. 130°, Range 123-136°) und nach dorsal gedreht (Retrotorsion von ca. 18°, Range -6 bis -48°). Auch ist das Kopfbzentrum gegenüber der Schaftachse nach medial und dorsal versetzt. Dieser Versatz („Offset“) beträgt nach medial 2,6mm (-0,8 bis 6,1mm), nach posterior 6,9mm (2,9-10,8mm) [Abb. 2].

Walch unterscheidet bezüglich der Pfannen-anlage drei unterschiedliche Glenoidformen, die für die geplante Implantation einer Endoprothese zu beachten sind (Abb. 3). Die Typen B und C sind mit einer mehr oder

minder stark ausgeprägten Inkongruenz der Pfannenränder assoziiert, die bei der prothetischen Versorgung entsprechend zu adressieren ist. Darüberhinaus ist zu beachten, dass die normale Pfanne in der Horizontalebene eine Neigung zwischen 0 und 10° nach dorsal aufweist (Retroversion).

Auffällig ist die ausgeprägte Diskrepanz zwischen den beiden Gelenkpartnern Humeruskopf und Glenoid: so ist die Kopfbzirkumferenz ungleich größer als die korrespondierende Pfannenfläche. Dieses Missverhältnis ist einerseits unabdingbare Voraussetzung für den hohen Bewegungsumfang der Schulter – erreicht werden können eine Elevation von ca. 170°, eine Abduktion von 180° und eine kombinierte Rotation von 150° –, andererseits erklärt dies die relativ hohe Vulnerabilität der Schulter bezüglich Stabilität und Luxationssicherheit.

Im Gegensatz zum Hüftgelenk ist die Schulter ein vorwiegend weichteilgeführtes Gelenk, dessen Stabilität neben der Gelenkkapsel durch die umgebenden Muskeln und deren Sehnen sowie zum kleineren Teil durch Bandverbindungen – hier sind insbesondere die glenohumeralen Ligamente anzuführen – generiert wird. Einer der wichtigsten Stabilisatoren des Schultergelenkes sind die in die Kapsel einstrahlenden Sehnenfasern, die in ihrer Gesamtheit als Rotatorenmanschette bezeichnet werden. Hierzu gehören ventral

der M. subscapularis, kranial der M. supraspinatus und dorsal die Mm. infraspinatus und teres minor. Neben der Stabilisierung tragen die Rotatoren gemeinsam mit dem unmittelbar kranial der Pfanne inserierenden Bizepsanker wesentlich zur Zentrierung des Humeruskopfes in der Pfanne bei. Oberhalb der Rotatorenmanschette befindet sich samt zugehöriger Bursa das Akromion, ventromedial das Korakoid. Akromion und Ligamentum coracoakromiale wiederum bilden das Schulterdach (Fornix humeri), welches sowohl für die Abstützung des Humeruskopfes nach kranial, als auch für die Entstehung des sog. „Impingementsyndroms“ (subakromiales Engesyndrom) von Bedeutung ist.

Diagnostikprofil der betroffenen Schulter

Zur Diagnostik gehört die eingehende Anamnese des Patienten. Zu erfragen sind die Dauer der bestehenden Beschwerden, die Schmerzintensität auf einer visuellen Analogskala, die Schmerzhäufigkeit, das Vorliegen einer Ruheschmerzsymptomatik insbesondere nachts, die Beeinträchtigung von Aktivitäten in Beruf, Freizeit und Alltag, die Einnahme von Analgetika, bisher durchgeführte diagnostische und therapeutische Maßnahmen an der Schulter sowie das Vorliegen stattgehabter Traumata. Wichtig ist, gemeinsam mit den Angehörigen das Anforderungsprofil an die betroffene Schulter zu eruieren. Zur allgemeinen Anamnese gehört die Frage nach systemischen Erkrankungen des Bewegungsapparates, internistischen Begleiterkrankungen- und Medikationen sowie dem Vorliegen einer B-Symptomatik.

Die körperliche Untersuchung beinhaltet zunächst die Inspektion des Schulterreliefs am kleideten Patienten. Zu erfassen sind insbesondere evtl. Hypotrophien des M. deltoideus. Neben einer passiven Beweglichkeitsprüfung, hierbei wird auf Blockaden, Krepitationen, Schmerzäusserungen und muskulären Widerstand geachtet, wird die aktive Beweglichkeit des Schultergelenkes in den drei Freiheitsgraden im Seitenvergleich dokumentiert. Peripher des Gelenkes sind evtl. Auffälligkeiten von Seiten der Perfusion und Innervation zu erfassen.

Da der langen Bizepssehne und den Rotatoren hinsichtlich Kopfbzentrierung und Stabilität wichtige Bedeutung zukommen, sollte deren Funktion im Rahmen der körperlichen Untersuchung geprüft werden. Hierzu existieren zahlreiche, nach den Erstbeschreibern benannte Tests, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll. Darüber hinaus sollten klinische Zeichen einer AC-Gelenkarthrose und eines Impingements erfasst werden. Der neurologische Status wird samt Muskelfunktion nach Kraftgraden erhoben und die HWS – zumindest orientierend – be-

urteilt. Ferner ist das Vorliegen einer Skapula alata auszuschließen. Basis der apparativen Diagnostik stellt die akkurat eingestellte konventionelle Übersichtsaufnahme des betroffenen Schultergelenkes in mindestens zwei Ebenen dar („true ap“ Projektion in Innenrotation und axiale, auch „indische“ Projektion). Anhand dieser Aufnahmen sollte der Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence bestimmt und die Beschaffenheit des Glenoids beurteilt werden. In Analogie zur Endoprothetik von Hüfte und Knie ist die akkurate Planung auch bei der endoprothetischen Versorgung der Schulter obligat. Anhand der konventionellen Aufnahmen werden Schaftgröße und Inklination des Kopfes mit den vom Hersteller zur Verfügung gestellten Planungsschablonen ermittelt (Abb. 4). Die Kopfgröße wird dagegen ebenso wie der Offset erst intraoperativ festgelegt. Ist ein Glenoidersatz vorgesehen, wird zur ebenfalls obligaten Klassifikation der Glenoidmorphologie die Durchführung einer CT benötigt, mit deren Hilfe außerdem Retrotorsion und Offset des Humerus sowie die glenoidale Retroversion ermittelt werden können. Außerdem gelangen knöcherne Defekte im Bereich des Glenoids sicher zur Darstellung. Bestehen Zweifel an der Integrität der Rotatorenmanschette, sollte eine Magnetresonanztomografie zur Beurteilung der Rotatoren durchgeführt werden. Geübte Untersucher ziehen hierfür die Sonografie heran.

Indikation zum Gelenkersatz

Die Indikation zum Gelenkersatz der Schulter ergibt sich grundsätzlich bei Aufbrauch oder Zerstörung des Gelenkknorpels. Häufigste Ursachen sind neben der idiopathischen Omarthrose und posttraumatischen Zuständen die Arthrose bei rheumatoider Arthritis, die avaskuläre Nekrose (AVN) des Humeruskopfes, die sog. Defektarthropathie bei Defekt der Rotatorenmanschette sowie die Dislokationsarthropathie bei instabiler Gelenkführung. Seltener Ursachen sind postinfektiöse Zustände und Defektsituationen bei Tumorgeschehen.

Am häufigsten erfolgt ein Gelenkersatz bei primärer Omarthrose. Die Indikation ergibt sich bei Belastungs- und Ruheschmerz mit dauerhaftem Analgetikabedarf. Einige Autoren berücksichtigen wesentlich die Gelenkbeweglichkeit und sehen die Indikation bei einer Bewegungseinschränkung mit Abduktion $<90^\circ$, Innenrotationsniveau unterhalb

L1 und Außenrotation $<20^\circ$. Auszuschließen bzw. zu erfassen sind stets andere Erkrankungen im Bereich der Schulter, die ebenfalls eine anhaltende Beschwerdesymptomatik unterhalten können, wie adhäsive Kapsulitis, Impingement, Kalkschulter sowie habituelle oder posttraumatische Instabilität. Grundsätzlich muss bei Indikationsstellung die Frage geklärt werden, inwieweit eine Versorgung des Humeruskopfes allein ausreichend ist (Hemiarthroplastik, HSA), oder auch das Glenoid ersetzt werden muss (Totalarthroplastik, TSA). Hierzu ist die Kenntnis der Pfannenanatomie unverzichtbar. Diese wird wie dargestellt nach Walch klassifiziert. Prinzipiell sollten alle Glenoidformen der Typen außerhalb A1 einem Pfannenersatz zugeführt werden. Kontrovers wird die Indikation zum Pfannenersatz bei Patienten mit rheumatoider Arthritis aufgrund der mit der Grunderkrankung einhergehenden hohen Lockerungsraten der glenoidalen Komponente diskutiert. Wird die Indikation zur endoprothetischen Versorgung ohne Glenoidersatz gestellt, kann auf Oberflächenersatzimplantate oder Stielprothesen zurückgegriffen werden (Abb. 5). Bei Patienten mit Osteopenie oder Osteoporose sollte aufgrund höherer Stabilität eher ein markraumverankertes System gewählt werden. Der Einsatz von Humerushalsprothesen bietet sich außer primärer Arthrose bei posttraumatischer Fehlstellung und avaskulärer Nekrose im frühen Stadium an. Bei fortgeschrittener AVN mit Beteiligung des Glenoids oder posttraumatischen Zuständen mit Pfannnarthrose sollte das Glenoid mitersetzt werden. Die zweite wichtige Indikation zur Endoprothetik des Schultergelenkes stellen traumatische Zustände dar. Die Versorgung erfolgt entweder primär oder sekundär, z. B. nach fehlgeschlagener Osteosynthese oder Verheilung in knöcherner Fehlstellung. In der primären Fraktursituation ist die Klassifikation der vorliegenden Pathologie unverzichtbar. Anhand der Klassifikation ist einzuschätzen, inwieweit eine knöcherne Rekonstruktion

überhaupt erreichbar ist. In vielen Fällen muss die CT herangezogen werden. Durchgesetzt hat sich neben der klassischen Einteilung nach Neer die Frakturklassifikation der AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen). Neer unterscheidet sechs verschiedene Frakturtypen: Typ I unverschobene Frakturen, Typ II Frakturen des collum anatomicum, Typ III Frakturen des collum chirurgicum, Typen IV und V Frakturen des Tuberculum majus bzw. minus als 2-, 3- oder 4-Fragmentverletzung sowie Typ VI Luxationsfrakturen (Abb. 6). Nach AO werden extraartikulär-monofokale (11 A1-3), extraartikulär-bifokale (11 B1-3) sowie Gelenkfrakturen (11 C1-3) unterschieden. Neben der Klassifikation der knöchernen Situation ist für die Indikationsstellung eine Abschätzung der Humeruskopfperfusion vor dem Hintergrund der zugrunde liegenden Frakturmorphologie essenziell. Nach Hertel sind Frakturen mit Beteiligung des anatomischen Halses v.a. medial, eine Länge des medial am Kopf anhängenden metaphysären

Displaced Fractures

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

Abb. 6: Klassifikation der proximalen Humerusfraktur nach Neer

Anzeige
Ritter & Peter

Fragmentes („medial extension“) von <8 mm sowie die Diskontinuierung des medialen Calcars („medial hinge“) mit einer hohen Rate von Kopfnekrosen assoziiert und der primären prothetischen Versorgung zuzuführen.

Einer erfolgreichen Rekonstruktion durch Osteosynthese sind außerdem Grenzen gesetzt bei betagten Patienten mit Osteoporose, Frakturen mit sog. „head split“-Komponente, einer höhergradigen Kopfmpression >40 % und Luxationsverletzungen mit Unterbrechung der posteromedialen Kopfpfeifusion. In Fällen mit o.g. Konstellation sehen wir ebenso wie Hertel zumindest eine relative Indikation zum primären Endoprothese. Im eigenen Vorgehen erfolgt die Entscheidung ggf. intraoperativ, da die Rekonstruierbarkeit z. T. erst vor Ort abschließend beurteilt werden kann.

Bei Arthropathien mit Verlust der Fornix bzw. nicht-rekonstruierbarem Rotatorendefekt besteht i. d. R. die Indikation zur Versorgung mit einem inversen Prothesenmodell. Inverse Prothesen verfolgen das biomechanische Konzept einer Umkehr der Geometrie zwischen Skapula und Humerusschaft durch Medialisierung und Kaudalisierung des Rotationszentrums des Schultergelenkes. Hierdurch wird eine Verlängerung des Hebelarmes und erhöhte Vorspannung des M. deltoideus bewirkt, so dass der Verlust des zentralisierenden Effektes der Rotatoren auf den Humeruskopf durch eine verbesserte muskuläre Führung egalisiert wird (Abb. 8). Alternativ zur Implantation einer inversen Prothese kann die Versorgung der Defekarthropathie mittels Duokopf- oder Großkopfprothese erwogen werden. Beide fungieren als kraftschlüssige Systeme, die über eine Lateralisierung des Schaftes und Medialisierung des Drehzentrums ebenfalls eine Verbesserung des Hebelarmes und der deltoidalen Vorspannung erreichen, wodurch der Verlust der Rotatorenmanschette ausgeglichen wird. Allerdings sind beide Prothesenmodelle aufgrund ihres deutlich reduzierten Bewegungsumfanges nur als Reserveimplantate aufzufassen.

Implantate

Aktuell existieren auf dem Markt eine Vielzahl von Prothesenmodellen, die verschiedenen Generationen zugeordnet werden. Die bereits angesprochenen, von Neer entwickelten Monoblockprothesen werden als Prothesen der ersten Generation bezeichnet. Prothesen zweiter Generation weisen neben verschiedenen Schaftgrößen und -längen auch verschiedene Kopfgrößen auf. Beide Generationen fungieren als Prothesen zur Hemiarthroplastik mit der Frakturversorgung als primärem Indikationsspektrum. Mit Erweiterung des Indikationsspektrums

unter Einbeziehung degenerativer Glenohumeralpathologien wurden modulare Systeme mit variabler Einstellung von Inklination, Retroversion und Offset eingeführt. Diese werden als dritte Generation bezeichnet und erlauben die Wiederherstellung des nach medial und dorsal exzentrischen Rotationszentrums in seiner ursprünglichen Anatomie. Prothesen der vierten Generation geben eine zusätzliche dritte räumliche Achse frei, um welche die Instrumentierung zwischen Kopf und Schaft moduliert werden kann. So kann neben Inklinationswinkel und Kopfxentrität die Torsion des Kopfes gegen den Schaft mehr oder weniger stufenfrei gewählt werden.

Auch in der Frakturprothetik ist die Möglichkeit anatomischer Rekonstruktion unter Berücksichtigung von Offset und Retrotorsion einzufordern. Außerdem muss eine suffiziente Refixierung und Einheilung der Tuberkula – wesentliche Voraussetzung eines guten funktionellen Resultates – gegeben sein. Weiteres operatives Ziel ist die Rekonstruktion des Drehzentrums mit Wiederherstellung der ursprünglichen Humeruslänge, was bei Vorliegen einer metaphysären Trümmerzone Schwierigkeiten bereiten kann. Hier sind Systeme mit modularem Aufbau der Prothesenhöhe hilfreich (Abb. 7). Alternativ kann die Schaftlänge durch Interposition autogener Knochenblöcke, z. B. vom Beckenkamm, oder Zementieren des Prothesenkragens proximal der Osteotomie/Fraktur wiederhergestellt werden. Ein begleitender Ersatz der Pfanne ist im Rahmen primärer Frakturprothetik nach unseren Erfahrungen selten erforderlich. Dennoch empfiehlt es sich aus unserer Sicht, Systeme vorzuhalten, die notfalls auch als Totalendoprothese instrumentiert werden können. Hervorzuheben ist, dass einige Hersteller inzwischen die intraoperative Umrüstbarkeit ihrer Viertgenerationsprothesen auf eine inverse Instrumentierung anbieten, was die Therapieoptionen gerade in der Traumaversorgung erheblich erweitert (Abb. 9).

OP-Technik

Der deltoideopectorale Zugang repräsentiert den Standardzugang für die Endoprothetik des Schultergelenkes. Im Folgenden wird die Technik der Totalendoprothesenimplantation im eigenen Vorgehen dargestellt. Der vertikale Hautschnitt wird im Verlauf der vorderen Axillarfalte, leicht lateral des Korakoids in distaler Verlängerung des AC-Gelenkes geführt. Unmittelbar medial der Vena cephalica wird stumpf in das deltoideopectorale Intervall eingegangen und beide Muskelbäuche mit Haken verdrängt (Abb. 1). Nach medial werden die kurze Bizepssehne und die Sehne des M. coracobrachialis unterhalb des Korakoids verdrängt, wobei der



Abb. 7: Modularer Schaftaufbau einer Frakturprothese (aap, Fa. Krauth&Timmermann)

unmittelbar medial mit diesen Sehnen verlaufenden N. musculocutaneus zu schonen ist. Es folgt das Ablösen und Anschlingen der Sehne des M. subscapularis ca. 1,5 cm medial des Sulcus intertubercularis unter Verwendung einer kräftigen Haltenaht. Hier ist der Verlauf des N. axillaris kaudomedial des Muskelunterrandes sowie der ebenfalls benachbart verlaufenden circumflexa humeri anterior-Gefäße zu beachten. Alternativ kann die Sehne subperiostal vom Tuberculum minus oder dieses selbst knöchern abgelöst werden. Dieser Schritt entfällt häufig bei der Frakturversorgung.

Bei Frakturen kann zur erleichterten Refixation des nach dorsokraniel dislozierten Tuberculum majus-Fragmentes mit der anhängenden Supraspinatussehne alternativ ein lateraler Zugang („Deltoid-split“) gewählt werden. Das Eingehen auf die Gelenkkapsel erfolgt beim ventralen Zugang im rotatorenfreien Intervall. Essenziell ist das akkurate „Release“ (Auslösen) des Subskapularis von ventraler Kapsel und Glenoid. Nach der Kapselinzision erfolgt die Luxation des Humeruskopfes nach kranioventral unter Adduktion, Retroversion und Außenrotation.

Die Resektion Humeruskopf erfolgt möglichst exakt entlang des anatomischen Halses, der i. d. R. den Inklinations- und Retrotorsionswinkel definiert. Alternativ kann hierfür eine Resektionslehre verwendet werden. Zur besseren Übersicht müssen sog. Kranzosteophyten vollständig abgetragen werden. Es folgt das zirkuläre Kapselrelease um das Glenoid. Dieser Schritt erfordert eine gute Exposition, weshalb ein minimal-invasives Vorgehen nach unseren Erfahrungen praktisch nicht möglich ist.

Die Insertion des zentralen Führungsdrahtes für das Glenoid erfolgt entlang der „center line“ nach Matsen als Senkrechte zur Gleno-

idfläche in Zielrichtung auf den Übergang Skapulahals zur Fossa subscapularis („centering point“) unter Verwendung des Zielgerätes und Einstellen der computertomografisch ermittelten Pfannenneigung in der Koronarebene. Zuvor wird optional der Eintrittspunkt als Zentrum eines mittels Diathermie auf dem Glenoid markierten Fadenkreuzes festgelegt.

Liegt eine pathologische Pfannenversion vor, wird diese durch entsprechend vermehrtes Fräsen der Gegenseite oder Aufbau und Unterfütterung mittels autogenem Knochenblock, z.B. vom Beckenkamm, korrigiert. Für den Glenoidersatz stehen zapfen- oder kielverankerte, zementierte oder zementfreie Implantate mit oder ohne Rückflächenbeschichtung zur Verfügung. Im eigenen Vorgehen wurde bislang meist ein zementiertes, zapfenverankertes Implantat gewählt.

Nach abgeschlossener Glenoidimplantation erfolgt die Präparation des Schaftes. Üblicherweise wird unter Beachtung der humeralen Retrotorsion am höchsten Punkt der Resektion mit den entsprechenden Raffeln in den Schaft eingegangen. Bei der Wahl des Probekopfes werden Versatz, Größe und Höhe anhand des resezierten Humeruskopfes und der humeralen Resektionsfläche festgelegt (Abb. 10). Auch hier werden subkapitale Osteophyten sorgsam abgetragen, um die Festlegung auf einen zu großen Kopf zu verhindern.

Es wird auf ein geringes Übertagen des Tuberculum von Seiten des Kopfes um ca. 5-10 mm geachtet. Außerhalb dieses Bereiches droht entweder eine zu große Vorspannung des Kappenmuskels mit Funktionseinbuße („overstuffing“) oder eine zu laxen Vorspannung mit inferiorer Stabilitätsverlust. Abschließend erfolgt die Refixierung des M. subscapularis wahlweise mittels Fadenanker oder transossärer Naht sowie – je nach Patientenalter und Biologie des Situs – die Tendese oder Tenotomie der langen Bizepssehne.

Bei der postoperativen Nachbehandlung ist im Zuge des anterioren Standardzuganges v.a. eine übermäßige Zugbeanspruchung der refixierten Sehne des M. subscapularis zu vermeiden.

Zunächst erfolgt die Ruhigstellung in einer noch auf dem OP-Tisch angelegten Schlinge, wie dem Gilchrist-Verband oder der Gillet-Weste. Diese wird postoperativ für mindestens vier Wochen belassen. Bereits ab dem 2. postoperativen Tag darf der Arm für die Applikation von Pendelübungen aus der Schlinge genommen werden. In der Peripherie dürfen Ellenbogen, Handgelenk und Langfinger frei beübt werden. Postoperative Schwellungen werden kryotherapeutisch oder medikamentös-antiphlogistisch angegangen. Im Liegen sollte der Ellenbogen von dorsal mit einem Kissen o.Ä. zur Vermeidung einer

Dislokation der Schulter nach ventral unterstützt werden. Ab der dritten Woche dürfen passive Bewegungen mit Abduktion und Elevation bis max. 90°, Innenrotation bis zur Brust des Patienten und Aussenrotation bis max. 30° appliziert werden.

Retroversions- und Adduktionsbewegungen sollen in Kombination mit Außenrotation in den ersten sechs Wochen postoperativ vermieden werden. Ebenfalls soll die operierte Extremität nicht zur Unterstützung beim Aufrichten bzw. Aufstützen eingesetzt werden. Frühestens ab der 5. Woche postoperativ dürfen aktiv-assistierte Bewegungsübungen begonnen werden. Ebenfalls ab dieser Phase sind isometrische Muskelübungen der Schulter statthaft. Zu diesem Zeitpunkt kann die Schlinge tagsüber weggelassen werden, sollte aber noch für weitere zwei Wochen zur Nacht getragen werden. Passive Bewegungen können nun freigegeben werden. Aktive Bewegungen gegen Widerstand, insbesondere forcierte Rotationsbewegungen dürfen frühestens nach Ablauf von acht Wochen postoperativ aufgenommen werden. Bei der Traumaversorgung sind während der ersten sechs Wochen Rotationsübungen zu unterlassen, um eine sekundäre Dislokation der refixierten Tuberkula zu vermeiden.

Erkenntnisse und Komplikationen

Bei der Literaturanalyse fällt auf, dass Arbeiten mit einem Evidenzlevel der Stufe I und II praktisch nicht vorliegen. Auch das schwedische Prothesenregister ist noch jung und weist aktuell keinerlei Erkenntnisse zu Standzeiten und Komplikationen der Implantation auf. Immerhin sind bislang in einem Achtjahresintervall von 1999 bis 2006 knapp 3.000 Endprothesen dokumentiert, davon 1.328 nach Trauma, 911 bei Osteoarthritis und 717 bei rheumatoider Arthritis. Allerdings wurde nur ein Bruchteil des Gesamtkollektives mit einem einfachen Fragebogen zur Patientenzufriedenheit nachuntersucht. Diesbezüglich ergaben sich zwischen den verschiedenen Prothesenmodellen keine wesentlichen Unterschiede. Primäres Ziel der Schulterprothetik ist die Schmerzlinderung bei bestmöglicher Funktion und langen Standzeiten ohne mechanische Prothesenkomplikationen (Luxation). Obwohl standardisierte Nachuntersuchungsergebnisse nicht vorliegen, kann von der Endprothetik des Schultergelenkes bei primärer Arthrose eine solide Besserung der präoperativen Beschwerdesymptomatik

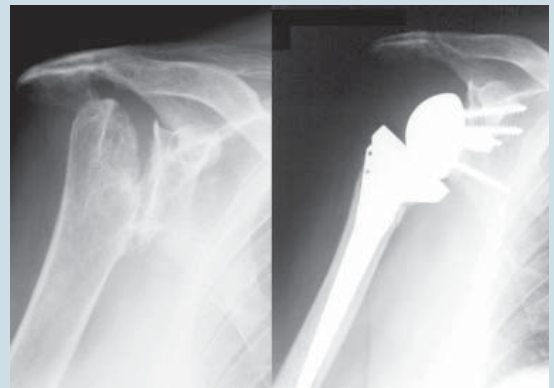


Abb. 8: Exemplarische Röntgendarstellung nach Versorgung mit inverser Prothese bei Humeruskopfnekrose und Massendefekt der Rotatoren



Abb. 9: Kompatibilität von Fraktur- und inverser Prothese mit Möglichkeit der intraoperativen Umrüstung nach Schaftimplantation (Fa. Zimmer)

erwartet werden. In einer Multicenter-Studie berichteten immerhin 95% der Patienten über eine deutliche Schmerzlinderung, funktionelle Verbesserung und subjektive Zufriedenheit fünf Jahre post implantationem. Bei primärer Arthrose sind außerdem von der Totalendprothese etwas bessere Ergebnisse zu erwarten als von der Hemialloarthroplastik. Schwierig ist abzuschätzen, welche Patienten mit primärer Omarthrose von einer endoprothetischen Versorgung profitieren. Nach Literaturangaben ist grundsätzlich im höheren Alter (>75 Jahre), bei vorausgegangen Primäreingriffen (im Revisionsfall) und bei präoperativ eingeschränkter mentaler Gesundheit ein weniger günstiges Operationsergebnis zu erwarten. Weitere Prädiktoren eines unbefriedigenden Resultates sind eine präoperativ höhergradig eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit und eine Subluxationsstellung des Humeruskopfes. Aufgrund besserer funktioneller Resultate wird bei der Prothesenimplantation außerdem die Bizepsstenodese-/Tomie regelhaft empfohlen. Bezüglich der Standzeiten kann inzwischen von einem 10-Jahres-Survival von knapp über 90% ausgegangen werden (TSA), wobei die Hemiprothese kürzere Standzeiten aufweist. Revisionspflichtige Komplikationen resultieren zumeist aus Pfannenproblemen. Für lange Standzeiten ist daher die Vermeidung eines sog. „mismatch“ (Inkongruenz) zwischen Pfannenkomponente und Kopf mit Induktion des sog. „rocking-horse“ (Schaukelpferd) -Phänomens essenziell. Entsprechend ist bei der Pfannenimplantation unbedingt die korrekte Version des Glenoids zu beachten, da eine exzentrische Glenoidbelas-

tung zu frühzeitiger Lockerung führt. Bei der Wahl des Pfannenimplantates ist zu beachten, dass Komponenten mit einer Rückflächenbeschichtung aus Metall („metalback“) aufgrund ihrer eingeschränkten ossären Integration erhöhte Lockerungsraten aufweisen. Diese sind auch nach unzementiertem Glenoidersatz beschrieben. Biomechanische Untersuchungen weisen außerdem darauf hin, dass Komponenten mit Kielverankerung („keel“) höhere Auslockerungsraten erwarten lassen, als Implantate mit Stiftverzahnung („peg“).

Neben der Auslockerung stellt die Luxation die bedeutendste mechanische Komplikation der Schulterprothetik dar. In der Literatur wird die Luxationsrate in einem erstaunlich geringen und der Hüftprothetik vergleichbaren Bereich von durchschnittlich ca. 2% gesehen. Allerdings wird in einzelnen Studien über Luxationsraten von bis zu 30% berichtet. Zu unterscheiden ist zwischen horizonta-

geschlagener Osteosynthese. Im eigenen Vorgehen nimmt daher die Rekonstruktion nicht erst seit dem Aufschwung winkelstabiler Plattenimplantate einen hohen Stellenwert ein. Allerdings kommt hierbei wie besprochen der präoperativen Abschätzung der Humeruskopfperfusion entscheidende Bedeutung zu. Problematisch sind auch die Ergebnisse bei Patienten mit Gelenkersatz auf dem Boden einer rheumatoiden Arthritis. Hier werden schlechtere funktionelle Ergebnisse beschrieben als bei primärer Omarthrose. Darüber hinaus werden gehäuft Rupturen der Rotatorenmanschette und Lockersäume im Bereich der Pfannenkomponente beobachtet. Dennoch wird die Totalendoprothese bei diesem Krankengut gegenüber der Hemiarthroplastik favorisiert, da diese mit einer hohen Rate von sekundären Glenoiderosionen behaftet ist.

Gesondert sind die Ergebnisse nach Implantation inverser Prothesen zu diskutieren.

nach Implantation einer inversen Prothese eine deutliche Verschlechterung der Funktion zu erwarten ist. Bei Versorgung einer Defektarthropathie kann auch bei größeren Rotatorendefekten bei präoperativ guter Gelenkfunktion mit Erreichen einer Elevation von über 90° alternativ zur inversen Prothese die Durchführung einer Hemiarthroplastik mit guten Erfolgsaussichten in Erwägung gezogen werden.

Technologischer Fortschritt

Die Entwicklung neuer Prothesenmodelle verspricht inzwischen eine immer knochen-sparendere Implantation bei gleichzeitiger Konvertibilität zur Versorgung auch verzweifelnder knöcherner Situationen. Der Nachweis optimaler Standzeiten dieser neuen Implantate ist allerdings erst noch zu erbringen. Von künftiger Relevanz ist ferner eine Verbesserung auf dem Gebiet des Pfannenersatzes, da

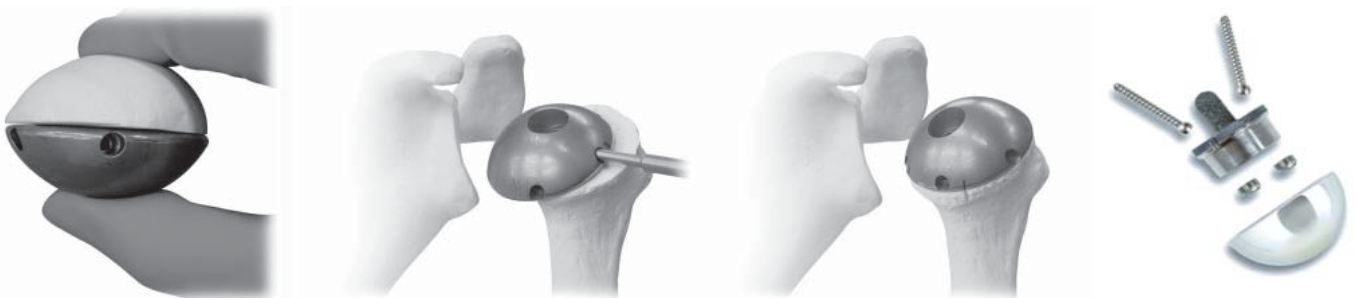


Abb. 10: Intraoperative Ermittlung von Kopfdiameter- und Offset anhand des Resektates und der Resektionsebene

Abb. 11: Tantalum-beschichtete Rückfläche einer Glenoidkomponente (Fa. Zimmer)

ler und vertikaler Luxation bzw. Instabilität. Vertikale Instabilitäten werden fast immer durch eine Rotatorendefizienz verursacht und erfordern i. d. R. einen Wechsel auf eine inverse Prothese.

Horizontale Instabilitäten sind entweder knöchern oder weichteilig bedingt und treten in dorsaler oder ventraler Richtung auf. Ventrale Luxationen resultieren meist aus einer Insuffizienz des M. subscapularis, können aber auch durch eine nicht ausreichend retrorotationsfähige Schaftkomponente oder einen nicht korrigierten Aufbrauch des vorderen Pfannenrandes verursacht sein. Einer posterioren Instabilität liegt umgekehrt meist entweder ein unzureichendes ventrales Release oder eine Defektsituation bzw. Fehlstellung des hinteren Pfannenrandes zugrunde. Die jeweilige Revisionsstrategie muss sich entsprechend an der zugrunde liegenden Pathologie orientieren. Im Gegensatz zur primären Omarthrose sind die bisherigen Erfahrungen mit der Frakturprothetik eher enttäuschend. Im Vergleich zur Osteosynthese schneidet die primäre Prothesenimplantation funktionell nach unseren Erfahrungen deutlich schlechter ab. Noch schlechtere Ergebnisse liefert die sekundäre Prothesenimplantation nach fehl-

Neben dem häufigen Problem des inferioren Notching (Anschlagen der Prothese am Pfannenunterrand) sind die inversen Prothesen trotz akzeptabler 10-Jahres-Standzeiten von knapp über 90% mit einer substanziellen funktionellen Verschlechterung bereits nach wenigen Jahren behaftet. Darüber hinaus verbleiben bei operativen Fehlschlägen bis auf einen Wechsel zur Großkopfprothese oder die Resektionsarthroplastik praktisch keine Rückzugsmöglichkeiten.

Der im eigenen Krankengut relativ hohe Anteil inverser Prothesen von gut 30% erklärt sich aus der hohen Rate zugewiesener Revisionseingriffe. Insbesondere bei septischen Wechseln konnten mittelfristig bislang gute Ergebnisse beobachtet werden. Dennoch sollte die Indikationsstellung aufgrund mittel- und langfristig problematischer funktioneller Ergebnisse restriktiv gehalten werden. In Übereinstimmung mit anderen Arbeitsgruppen sehen wir eine vernünftige Indikation bei Revisionseingriffen nach fehlgeschlagener Prothesenversorgung bei Trauma, Arthritis oder Infekt. Außerdem sollte die Indikationsstellung nur bei älteren Patienten über 70 Jahre mit niedrigem Anforderungsprofil an die Schulter erfolgen, da ab dem siebten Jahr

frühe Lockerungen häufig durch Probleme mit der glenoidalen Komponente bedingt sind. Eine Präzisierung der Pfannenimplantation scheint durch den Einsatz navigierter Verfahren möglich. Erste Ergebnisse deuten daraufhin. Allerdings steht der Nachweis der Überlegenheit und der technischen Reife für diese Indikation noch aus. Im eigenen Vorgehen wird dies derzeit im Rahmen einer kontrollierten experimentellen Untersuchung geprüft.

Wünschenswert scheint auch eine verbesserte Integration der Pfannenkomponenten. Aktuell wird in unserer Klinik die Rückflächenbeschichtung mit Tantalum untersucht (Abb. 11), ein in der Hüftchirurgie bereits bewährtes, makroporöses und extrem widerstandsfähiges Metall mit osteokonduktiven Eigenschaften. Inwieweit durch die relativ geringe Steifigkeit des Materials das sog. „Stress-Shielding“ vermieden und die Standzeit verbessert werden kann, bleibt abzuwarten.

Literatur bei den Verfassern.

PD Dr. Daniel Briem, Endo-Klinik, Spezialklinik für Knochen-, Gelenk- und Wirbelsäulenchirurgie, Tel. 040/3197-1230, E-Mail: daniel.briem@endo.de