

Die Schultergelenkprothese

Alain Farron

Service Universitaire d'Orthopédie et de Traumatologie, Hôpital Orthopédique et CHUV, Lausanne



Quintessenz

- Der prothetische Gelenkersatz an der Schulter ist seit einigen Jahren ein geläufiger Eingriff. Das Ziel ist, die Schmerzen infolge der degenerativen Veränderungen oder eines Traumas am glenohumeralen Gelenk zu lindern und, soweit möglich, die Funktion des Armes wiederherzustellen.
- Eine Hemiprothese am Humerus ist indiziert, wenn sich der pathologische Prozess auf den Humerus beschränkt (Fraktur, aseptische Knochennekrose) oder wenn die Knochendestruktion an der Schultergelenkpfanne so weit fortgeschritten ist, dass keine künstliche Pfanne mehr eingesetzt werden kann, wie zum Beispiel im Endstadium einer rheumatoiden Arthritis.
- Eine anatomische Totalprothese findet dann Anwendung, wenn beide Gelenkflächen befallen sind (Omarthrose, entzündliche Arthritiden). Voraussetzung dafür ist eine funktionstüchtige Rotatorenmanschette, um die nötige Gelenkstabilität zu gewährleisten und ein befriedigendes funktionelles Resultat zu erreichen.
- Die inverse Schulterprothese ist bei bestimmten Fällen von glenohumeralen Arthropathien mit ausgedehnteren Läsionen der Rotatorenmanschette eine Möglichkeit. Damit lässt sich dank der Deltoideusfunktion die Flexion und Abduktion am Gelenk wiederherstellen.
- Die hauptsächlichsten Komplikationen nach einer Arthroplastik des Schultergelenks sind die Lockerung der Gelenkpfanne bei der Totalprothese, eine Instabilität des Schulter-Oberarm-Gelenks bei der inversen Schulterprothese sowie sekundäre Abnutzungserscheinungen an der Gelenkpfanne bei der Hemiprothese.

Summary

Shoulder prostheses

- *In the last few years replacement of the shoulder joint by a prosthesis has become current practice. Its aim is to alleviate pain associated with degenerative or traumatic glenohumeral lesions and, as far as possible, restore arm function.*
- *A humeral hemiprosthesis is indicated for limited lesions of the humeral component (fractures, avascular osteonecrosis) or where erosion of glenoid bone makes it impossible to place a glenoid prosthesis (late-stage rheumatoid arthritis).*
- *A total prosthesis of the anatomical type is proposed where both components of the joint are affected (omarthrosis, inflammatory arthritis). It requires a competent rotator cuff, both to ensure joint stability and restore function.*
- *A total reverse prosthesis (constraint) is reserved for some cases of glenohumeral arthropathy associated with extensive lesions of the rotatory cuff. Flexion and abduction function is restored by the action of the deltoid alone.*
- *Loosening of a glenoid prosthesis (anatomical-type total prostheses), glenohumeral instability (reverse total prostheses) and secondary glenoid erosion (humeral hemiprostheses) are the main complications following shoulder arthroplasty.*

Einleitung

Der Einsatz einer Endoprothese an der Schulter (Arthroplastik der Schulter) wird immer häufiger vorgenommen. Auch wenn Arthroplastiken der Schulter immer noch seltener sind als an der Hüfte oder am Knie, ist ihre Zahl in den letzten Jahren doch ständig gestiegen. Diese Zunahme erklärt sich durch klinische Erfolge aufgrund der besseren Qualität der Implantate und der Operationstechnik, durch die gestiegene Lebenserwartung der Patienten und deren Wunsch nach möglichst langer Unabhängigkeit und hoher Lebensqualität.

Dank der technischen Entwicklung sind nun Implantate verfügbar, die sich spezifisch für bestimmte wichtige Pathologien am Schultergelenk eignen.

Das Ziel dieser Übersicht ist es, vor allem den praktizierenden Ärzten aufzuzeigen, welches die Indikationen für die verschiedenen Schultergelenkprothesen sind und welche Resultate die Patienten davon erwarten können.

Entwicklung der Schulterprothesen

Das Schultergelenk wird aus drei Einzelgelenken gebildet, dem Glenohumeral-, dem Akromioklavikular- sowie dem Sternoklavikulargelenk, von denen das Glenohumeralgelenk das wichtigste ist. Das Schultergelenk hat zwei Gleitebenen, eine zwischen Schulter und Thorax und eine zwischen Humerus und Akromion. Es weist die folgenden biomechanischen Besonderheiten auf:

- Die beteiligten Knochen sind wenig kongruent, die Oberfläche der Gelenkpfanne ist vergleichsweise klein und flach, während die entsprechende Oberfläche am Humerus rund und grossflächig mit Knorpel überzogen ist.
- Die Aktivität der Muskeln und Sehnen der Rotatorenmanschette ist nicht nur für die Bewegung, sondern auch für die Stabilität des Gelenkes wesentlich. Wegen seiner ausgesprochen hohen Beweglichkeit wirken grosse Kräfte auf das Glenohumeralgelenk, und es kann in den Extrempositionen Kontakte («Konflikte») zwischen knöchernen und weichen Strukturen geben. Dies erklärt, weshalb an der Schulter relativ häufig Läsionen beobachtet werden.


Schultergelenkprothesen wurden entwickelt, um die knöchernen Strukturen eines durch degenerative oder traumatische Prozesse lädierten glenohumeralen Gelenkes zu ersetzen. Zwar wurde bereits Ende des 19. Jahrhunderts das erste künstliche Schultergelenk eingesetzt (Péan 1893), die neuere Geschichte der Schulterarthroplastik beginnt jedoch mit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts [1]. Neer entwickelte ein Implantat, das aus einem Gelenkkopf und einem Metallstiel bestand (Hemiprothese des Humerus), welches den Humerusgelenkkopf nach komplizierten Frakturen ersetzen sollte. Diese Behandlung ergab deutlich bessere Resultate, sowohl im Hinblick auf Funktion wie auf Schmerzfreiheit, als eine konservative oder chirurgische Therapie unter Erhaltung des frakturierten natürlichen Gelenkkopfes. Ermutigt durch diese Erfolge begann man in den 1960er Jahren, dieses Prinzip des teilweisen Gelenkersatzes auf der humeralen Seite auch bei degenerativen Schultergelenkerkrankungen anzuwenden. Ab Mitte der 1970er Jahre wurde sodann eine Prothese für die Gelenkpfanne entwickelt, und so war eine Totalprothese des Schultergelenkes verfügbar, welche in jenen Fällen, bei denen beide Seiten des glenohumeralen Gelenkes betroffen waren, zum Einsatz gelangte [2]. Verschiedene biomechanische Studien und Untersuchungen an Toten zeigten, dass es am Schultergelenk grosse anatomische Unterschiede gibt, welche die Gelenkfunktion stark beeinflussen. Bei der Weiterentwicklung der Prothesen achtete man daher stark darauf, dass diese vermehrt den individuellen anatomischen Verhältnissen der Patienten angepasst werden konnten [3]. In den 1990er Jahren entwickelte man sogenannte anatomische Prothesen, bei denen Dicke und Breite des Humeruskopfes, Grösse des Schafts, Position des Kopfes im Verhältnis zum Schaft individuell gewählt werden können. Mit diesen anatomischen Prothesen lassen sich zwar die Knochenoberflächen von Humeruskopf und Pfanne präzise ersetzen, für eine funktionell befriedigendes Resultat mit guter Beweglichkeit und Stabilität ist aber auch eine funktionstüchtige Rotatorenmanschette Voraussetzung.

Leider gehen etwa 30% der degenerativen Erkrankungen des Schultergelenkes mit einer erheblichen Beeinträchtigung der Rotatoren-

manschette einher. Für diese Fälle sind die anatomischen Prothesen nicht geeignet. Daher wurde seit den 1970er Jahren parallel die inverse Totalprothese entwickelt. Diese Implantate bestehen aus einem kugeligen Teil, der auf der Seite des Glenoids implantiert wird, und einem mit einem Stiel im Humerus eingesetzten kelchförmigen Teil, der die Pfanne bildet. Diese Konstruktion gewährleistet von allein eine gewisse Stabilität des Schultergelenkes. Abduktionsbewegungen sind (ohne Rotatorenmanschette) allein durch die Aktivität des Deltoideus möglich. Eine mediale Verschiebung des Rotationszentrums des Gelenkes erhöht die Hebelwirkung beim Deltoideus und reduziert entsprechend die auf das Glenohumeralgelenk wirkenden Kräfte.

Indikationen für Schulterprothesen

Indikationen und Kontraindikationen

Eine Schultergelenkprothese ist bei degenerativen oder traumatischen Schädigungen indiziert, sofern hauptsächlich die knöchernen Komponenten des glenohumeralen Gelenkes betroffen sind. Es gibt verschiedene Typen von Prothesen, die je nach lokalen Bedingungen und Grundkrankheit mehr oder weniger geeignet sind (Tab. 1 ) . Wie bei den meisten orthopädischen Leiden hängt die grundsätzliche Indikationsstellung für die Implantation einer Schulterprothese in erster Linie vom Ausmass der Schmerzen und deren Resistenz gegen die sogenannten konservativen Therapien (Analgetika, Entzündungshemmer, Physio- und Balneotherapie usw.) ab. Die Funktionseinschränkung ist für die Indikationsstellung zur Operation von zweitrangiger Bedeutung.

Die septische Arthritis stellt eine absolute Kontraindikation für den Einsatz einer Prothese dar. Auch bei früher durchgemachten Infektionen an der betreffenden Stelle ist grösste Vorsicht bei der Indikationsstellung zur Arthroplastik geboten. Gegebenenfalls muss man sehr genau nach allfälligen residuellen Infektionsherden suchen, inklusive einer Gelenkpunktion. Septische Herde an anderen Lokalisationen müssen selbstverständlich wie bei jedem orthopädischen Eingriff vor der Operation saniert werden.

Tabelle 1. Arten von Schultergelenkprothesen und ihr Anwendungsgebiet.

| <i>Art der Prothese</i> | <i>Lokale Situation</i> | <i>Indikationen</i> |
|---------------------------|---|--|
| Humerale Hemiprothese | Nur humerale Seite lädiert | Komplizierte Frakturen des Humeruskopfes Aseptische Nekrose des Humeruskopfes |
| Humerale Hemiprothese | Fortgeschrittene Knochendestruktion an der Gelenkpfanne | Rheumatoide Polyarthritiden im fortgeschrittenen Stadium |
| Anatomische Totalprothese | Beide Gelenkflächen befallen bei funktionstüchtiger Rotatorenmanschette | Omarthrose Rheumatische Arthritiden |
| Inverse totale Prothese | Beide Gelenkflächen befallen bei nicht-funktionstüchtiger Rotatorenmanschette | «Cuff tear arthropathy» Chirurgische Sekundäreingriffe |

Im Zusammenhang mit bestimmten neurologischen Erkrankungen ist eine Arthroplastik ebenfalls kontraindiziert. Bei motorischen Störungen (Myopathien) reicht die herabgesetzte Muskelfunktion nicht mehr zur Gelenkstabilisierung. Bei hauptsächlich sensorischer Störung (neurogene Arthropathie) kann eine vorzeitige Prothesenlockerung auftreten.

Hemiprothese der Schulter

Auch wenn der Anteil der Hemiprothesen in den letzten Jahren zugunsten der Totalprothesen zurückgegangen ist, gibt es nach wie vor zahlreiche Situationen, wo ein auf den Humerus beschränkter Ersatz sinnvoll ist. Heute führt man eine Hemiarthroplastik durch, wenn die Läsion sich auf den Humerus beschränkt (Frakturen, aseptische Nekrosen) oder wenn die Knochenzerstörung auf der Seite der Gelenkpfanne bereits so weit fortgeschritten ist, dass eine Prothese nicht mehr fixiert werden kann (fortgeschrittene rheumatoide Polyarthrit).

Komplizierte Frakturen des proximalen Humerus stellen heute ein Hauptanwendungsgebiet für eine Hemiarthroplastik der Schulter dar. Bei einer Fraktur des Humeruskopfs mit drei, vier oder noch mehr Fragmenten wird die Stabilisierung schwierig und es besteht ein hohes Risiko für eine sekundäre aseptische Nekrose des Humeruskopfes. Da wird man lieber von Anfang an eine Prothese einsetzen. Für ein gutes funktionelles Resultat müssen unbedingt Tuberculum majus und minus, an denen die Rotatoren ansetzen, richtig mit dem Humerusschaft verbunden werden.

Auch die aseptische Knochennekrose des Humeruskopfes ist eine Indikation für eine Hemiprothese. Diese Operation kann dann empfohlen werden, wenn der Humeruskopf zerstört, Knochen und Knorpel der Gelenkpfanne aber unbeschädigt sind.

Bei sehr weit fortgeschrittenem Knochenabbau am Glenoid (im Endstadium einer rheumatoiden Polyarthrit) kann der Knochen so weit reduziert sein, dass es nicht mehr möglich ist, eine Pfannenprothese zu implantieren. In diesen seltenen Fällen kann man mangels besserer Alternativen auf eine Hemiprothese des Humerus ausweichen.

Anatomische Totalprothese (Abb. 1)

Manchmal genügt eine Hemiprothese des Humerus offensichtlich nicht. Trotzdem fällt der Entschluss, auch eine Pfannenprothese einzusetzen, nicht immer leicht. Wegen der Gefahr eines vorzeitigen Abbruchs der Pfannenprothese (vgl. auch den Abschnitt «Resultate»), aber auch wegen der technischen Probleme beim Einsetzen einer solchen Prothese ziehen einige Chirurgen die Hemiarthroplastik vor. Selbst wenn kein klarer Konsensus besteht, wird heute doch in den meisten Fällen, wo ein degenerativer Prozess des glenohumeralen Gelenkes mit Befall beider Ge-

lenkoberflächen vorliegt, eine anatomische Totalprothese empfohlen, sofern der Knochen am Glenoid noch gut genug erhalten und eine funktionstüchtige Rotatorenmanschette vorhanden ist. Bei stark geschädigter Rotatorenmanschette kommt allerdings eine solche Prothese nicht in Frage: Das resultierende Bewegungsdefizit verhindert eine gute Erholung der Funktion, und die mangelhafte Stabilität verursacht eine asymmetrische Belastung der Pfanne, was einen vorzeitigen Abbruch zur Folge hat.

Die primäre oder sekundäre Omarthrose stellt die wichtigste Indikation für eine anatomische Arthroplastik des Schultergelenkes dar. Die Knochenstruktur auf der Seite des Glenoids ist im allgemeinen ausreichend für die Fixation einer Pfannenprothese, und in den meisten Fällen ist auch die Rotatorenmanschette noch funktionstüchtig.

Auch bei den vielen verschiedenen Formen rheumatischer Arthritiden rechtfertigt sich manchmal der Einsatz einer anatomischen Totalprothese an der Schulter. Weil die betreffenden Patienten allerdings in der Regel unter starker Analgetikatherapie stehen, suchen sie den Arzt oft erst in einem fortgeschrittenen Krankheitsstadium mit bereits starker Knochendestruktion und erhebli-



Abbildung 1

Anatomische Totalprothese. Die Implantate sowohl am Humerus wie an der Pfanne erlauben die Rekonstruktion der ursprünglichen Gelenkoberflächen. Für die Gelenkstabilität und -funktion ist eine intakte Rotatorenmanschette unerlässlich.

cher Schädigung der Rotatorenmanschette auf, und dann ist es oft nicht mehr möglich, eine anatomische Totalprothese einzusetzen.

Die inverse Schulterprothese (Abb. 2)

Bei einer beträchtlichen Zahl von Patienten liegt eine degenerative Erkrankung des Schultergelenkes mit Knochendestruktion und Funktionseinbusse der Rotatorenmanschette vor. Bei diesen Patienten ist die anatomische Totalprothese kontraindiziert, und eine Hemiprothese erlaubt keine genügende Funktionsverbesserung. Hier bietet die inverse Prothese eine Alternative. Allerdings muss auch hierfür der Knochen am Glenoid stark genug sein, damit eine Prothese eingesetzt werden kann, die Rotatorenmanschette braucht hingegen nicht intakt zu sein. Arthropathien mit massiver Rotatorenmanschettenruptur («cuff tear arthropathy») und ähnliche Leiden (Milwaukee-Schulter Syndrom, hämorrhagische Schulter beim alten Menschen) sind die Hauptindikationen für eine inverse Totalprothese, soweit noch genügend Knochenmaterial am Glenoid erhalten ist.

Auch bei den Operationen zur Revision bestehender Prothesen hat man bedeutende Fortschritte gemacht. Die betreffenden Patienten haben oft bereits viele Eingriffe hinter sich. Sie weisen, neben einem geschädigten Knochen, auch Läsionen an den Rotatoren auf. In diesen komplexen Situationen ist die inverse Prothese oft die letzte Möglichkeit, doch noch eine einigermaßen befriedigende Schulterfunktion zu erhalten.

Resultate

In den letzten fünf Jahren hat die Zahl der Publikationen über Schultergelenkprothesen in spezialisierten Fachzeitschriften stark zugenommen. Trotzdem gibt es immer noch wenige prospektive randomisierte Studien, die verschiedene Behandlungsmethoden miteinander vergleichen. Es besteht auch keine Einigkeit darüber, wie man die Behandlungsergebnisse messen soll, was die verschiedenen Studien inkommensurabel macht. Immerhin stellen die Entwicklung der Schmerzen und der Schulterbeweglichkeit sowie die Häufigkeit von Komplikationen einfache Kriterien für die Bewertung der Resultate von chirurgischen Methoden dar.

Schmerzen

Im allgemeinen sind Schulterarthroplastiken wirksam gegen die Schmerzen; der Anteil der zufriedenen Patienten liegt auch nach zehn Jahren in der Regel noch über 90%.

In gewissen Situationen sind die Resultate allerdings weniger gut, so etwa bei posttraumatischen Arthropathien oder bei bereits voroperierten Schultern. In diesen Situationen ist die Schulter wegen anatomischer Veränderungen

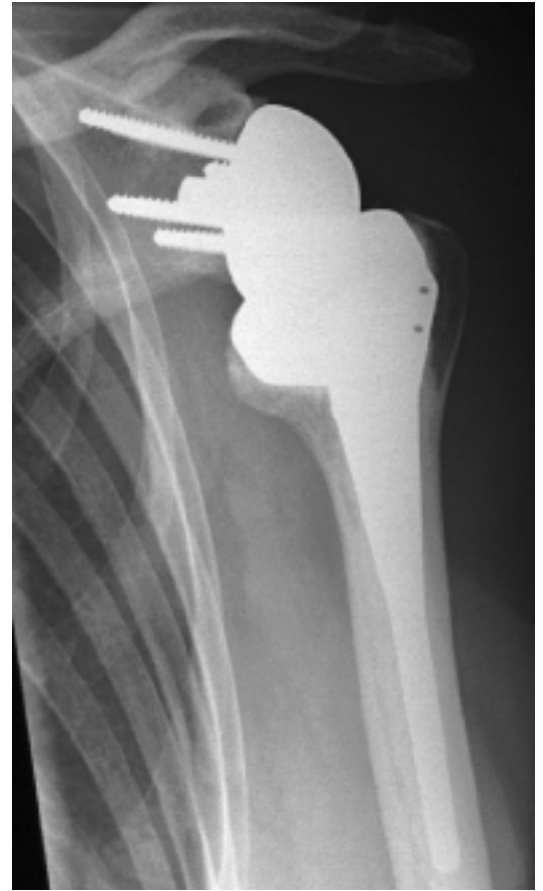


Abbildung 2

Inverse Totalprothese. Die Implantate passen ineinander. So ist eine gewisse Stabilität des künstlichen Gelenks gewährleistet. Die Funktion des Deltoideus genügt in der Regel, um eine befriedigende Flexion und Abduktion zu erreichen.

und/oder einer starken Weichteilretraktion oftmals steif.

Restschmerzen beobachtet man auch häufiger nach Hemiarthroplastiken als nach dem Einsatz von Totalprothesen [4], wahrscheinlich aufgrund einer sekundären Schädigung der Pfanne. Ebenfalls eine Läsion der Rotatorenmanschette kann das Resultat negativ beeinflussen.

Beweglichkeit

Eine Erholung der Funktion tritt weniger zuverlässig ein als die Schmerzminderung. Die funktionelle Erholung hängt im wesentlichen von zwei Faktoren ab: dem Zustand der Rotatorenmanschette und der Art der verwendeten Prothese [5].

Bei beeinträchtigten Rotatoren ist mit anatomischen Prothesen eine Erholung der Flexion und Abduktion kaum zu erreichen. Dagegen lässt sich mit einer inversen Prothese oft eine Flexion und eine Abduktion von mehr als 90° erzielen, dafür bleibt die Rotation eingeschränkt. Bei präoperativ über längere Zeit sehr steifen Schultern mit geschrumpften Weichteilen sind die funktionellen Resultate ebenfalls in der Regel bescheiden.

Lebensdauer der Implantate


In einer kürzlich publizierten Studie [6] bei Patienten, die ihre Prothese vor dem 50. Altersjahr erhalten hatten, überdauerten bei den humeralen Hemiprothesen 82% mindestens 10, 75% mindestens 20 Jahre; bei den Totalprothesen waren es sogar 97 beziehungsweise 84% für 20 Jahre (Endpunkt: erneute chirurgische Intervention).

Bei älteren Patienten ist die Überlebensdauer der Prothesen wahrscheinlich noch länger, weil die künstlichen Gelenke geringeren mechanischen Kräften unterworfen sind.

Wichtigste Komplikationen

Bei der Implantation einer Schultergelenkprothese können unspezifische Komplikationen auftreten, sowohl allgemeine (anästhesiologischer, kardiovaskulärer Natur usw.) als auch lokale (Infektionen, neurologische Läsionen usw.). Solche Komplikationen sind bei allen orthopädischen Eingriffen möglich. Glücklicherweise sind sie nicht häufig.

Die für das Schultergelenk spezifischen Komplikationen variieren je nach Typ der verwendeten Prothese [7–9]:

- Bei den Hemiarthroplastiken besteht das Risiko einer sekundären Schädigung der Gelenkpfanne, speziell bei jüngeren, aktiven Patienten. Daher ist es manchmal nötig, sekundär eine Totalendoprothese (also eine zusätzliche Gelenkpfannenprothese) einzusetzen.
- Bei den anatomischen Totalprothesen besteht die Hauptgefahr in der Lockerung der Schultergelenkpfanne [10]. An der Verbindungsstelle zwischen Zement und Glenoidknochen beobachtet man im Röntgenbild oft eine schmale transparente Linie (Abb. 3 ) , dies je nach Studie in bis zu 50% der Fälle, manchmal schon nach weniger als fünf Jahren. Diese Linie zeigt eine Osteolyse mit Bildung von fibrösem Gewebe an der Verbindungsstelle des Knochens zum Zement an und ist die Folge kleinster Mikrobewegungen an der Verbindungsstelle. Klinisch korreliert das Auftreten dieser radiotransparenten Linien jedoch nicht deutlich mit dem Wiederauftreten der Schmerzen, und auch Reoperationen wegen einer aseptischen Prothesenlockerung sind selten nötig (in weniger als 5% der Fälle in den gleichen Fallserien). Trotzdem sind diese radiologischen Befunde beunruhigend.
- Bei den inversen Totalprothesen können verschiedenartige Komplikationen auftreten [11]. Eine Instabilität des glenohumeralen Gelenks mit eigentlichen Gelenkluxationen ist aufgrund des Konzepts dieser Implantate möglich. Es gibt auch Berichte über eine Lockerung des gleoidalen oder humeralen Implantates. Die Implantate und entsprechend die Verbindungsstellen sind erhöhten Kräften ausgesetzt, und das dürfte solche Vorkomm-

nisse teilweise erklären. Schliesslich führt die Konstruktion dieser Gelenke zu einer Verschiebung des Rotationszentrums im glenohumeralen Gelenk mit der Konsequenz, dass Unstimmigkeiten in der Mechanik bei den beteiligten Knochen und Implantaten auftreten. Frakturen des Akromions und Knochenresorptionen am Unterrand des Glenoids wurden beschrieben. Die zahlreichen möglichen Komplikationen sowie die vergleichsweise kurze bisherige Beobachtungszeit mahnen zur Vorsicht bei der Applikation solcher Prothesen; sie sind wohl zurzeit am ehesten bei älteren Patienten angebracht.

Zukunftsperspektiven

Auch wenn die Wirksamkeit der Arthroplastik des Schultergelenkes längst erwiesen ist und dieser Eingriff heute zur Routine gehört, bleiben gewisse nicht ganz gelöste Probleme. Speziell das Risiko einer Lockerung des Pfannenimplantats sowie das manchmal unbefriedigende funktionelle Resultat mahnen zu einer gewissen Vorsicht bei der Indikationsstellung für eine Schulterprothese. Hauptkriterium der Entscheidung für eine chirurgische Intervention ist die Intensität der Schmerzen durch die Arthropathie. Zahlreiche Forscherteams (Ärzte, Ingenieure) beschäftigen sich mit der Prothetik am Schultergelenk, sowohl in klinischen Prüfungen als auch in grundlegenden biomechanischen Untersuchungen (Laborexperimente, Simulationen anhand von Computermodellen).

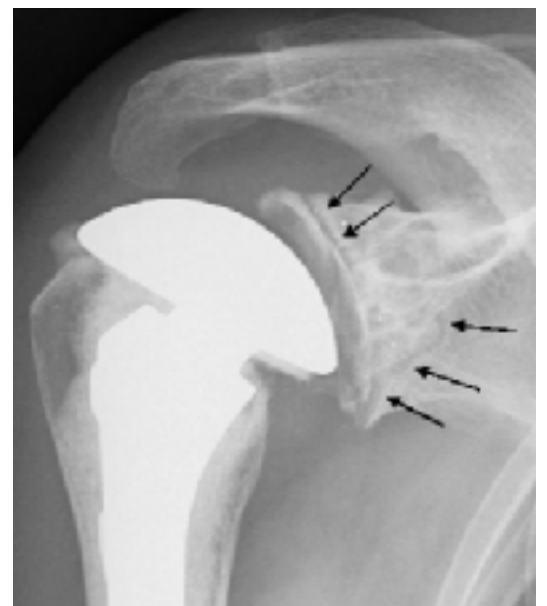


Abbildung 3

Röntgentransparente Linie an der Übergangsstelle zwischen Knochen und Zement. Diese Linie zeigt eine aus fibrösem Gewebe bestehende Zone an. Im allgemeinen ist sie eine Folge mikroskopisch kleiner Bewegungen und entsteht bei der Lockerung der Prothese.

Kurzfristig darf man Fortschritte in den folgenden Bereichen erwarten:

- Verbesserung der Form der Implantate, speziell der inversen Prothesen, um Konflikte zwischen dem Implantat und dem Knochen zu vermeiden;
- Verbesserung der Resistenz der verwendeten Materialien;
- Verbesserung der chirurgischen Techniken. Dank computerassistierter Chirurgie (computergesteuertes Navigationssystem) müsste es möglich werden, die Gelenkpfannenprothese in optimaler Weise am Schulterblatt zu positionieren und so das Risiko einer Prothesenlockerung zu minimieren.

Literatur

- 1 Neer CS. Articular replacement for the humeral head. *J Bone Joint Surg Am* 1955;37:215–28.
- 2 Neer CS. Replacement arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56:1–13.
- 3 Walch G, Boileau P. Prosthetic adaptability: a new concept for shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:443–51.
- 4 Edwards TB, Kadakia NR, Boulahia A, Kempf JF, Boileau P, Nemoz C, et al. A comparison of hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in the treatment of primary glenohumeral osteoarthritis: results of a multicenter study. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:207–13.
- 5 Orfaly RM, Rockwood CA Jr, Esenyel CZ, Wirth MA. A prospective functional outcome study of shoulder arthroplasty for osteoarthritis with an intact rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:214–21.
- 6 Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM. Minimum fifteen-year follow-up of Neer hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in patients aged fifty years or younger. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:604–13.
- 7 Hasan SS, Leith JM, Campbell B, Kapil R, Smith KL, Matsen FA 3rd. Characteristics of unsatisfactory shoulder arthroplasties. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11:431–41.
- 8 Norris TR, Iannotti JP. Functional outcome after shoulder arthroplasty for primary osteoarthritis: a multicenter study. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11:130–5.
- 9 Wirth MA, Rockwood ChA Jr. Complications of total shoulder replacement arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:603–16.
- 10 Godeneche A, Boileau P, Favard L, Le Huec JC, Levigne C, Nove-Josserand L, et al. Prosthetic replacement in the treatment of osteoarthritis of the shoulder: early results of 268 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 2002;11:11–8.
- 11 Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F, Grammont reverse prosthesis: Design, rationale, and biomechanics. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14(Suppl):S147–61.

Korrespondenz:
 Dr. med. Alain Farron
 Hôpital Orthopédique
 Avenue Pierre-Decker 4
 CH-1005 Lausanne
alain.farron@chuv.ch