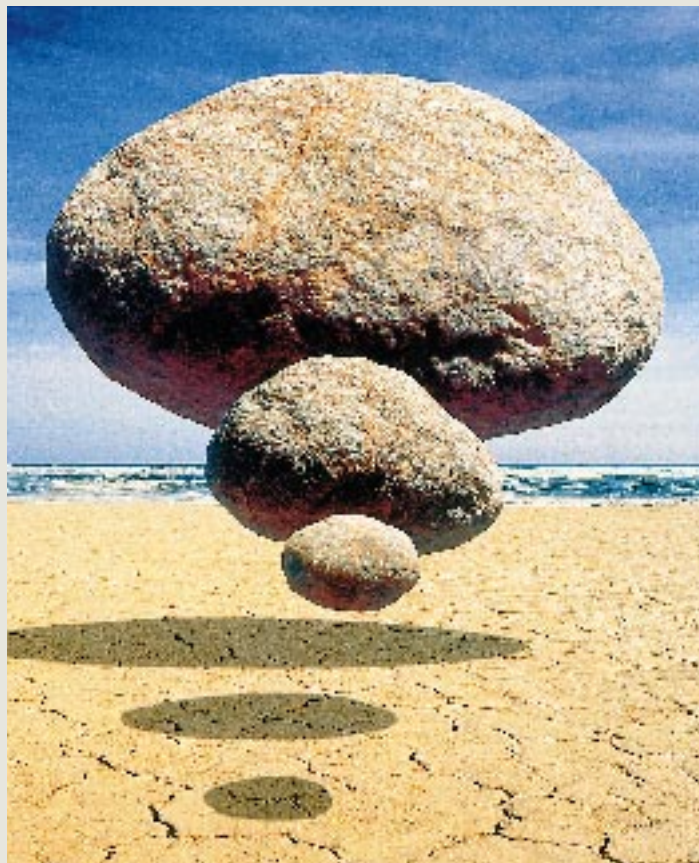


implant

SPEZIAL



anlässlich der Veranstaltung
„Interface in Total Hip
Arthroplasty“
Tuttlingen, Deutschland

- ▶ Biologische Zustände erhalten und knochenschonend implantieren
- ▶ Histologie bestätigt BiCONTACT-Philosophie
- ▶ Argumente für die zementfreie Revisions-Hüftendoprothese



Springer



AESCULAP®

INHALT

Seite

Editorial: „Interfaces in Total Hip Arthroplasty“

Prof. I.D. Learmonth, Bristol, Großbritannien

2

Gute Zementiertechnik – gute Ergebnisse

J. Older, Guildford, Großbritannien

4

„Für die Primärimplantation des Schafts benutze ich immer Zement“

Interview mit Prof. T. Judet, Paris, Frankreich

5



Was geschieht am Interface

Prof. H.G. Willert, Göttingen

7

Biologische Zustände erhalten und knochenschonend implantieren

Prof. S. Weller, Tübingen

9

Fixation: Auf das Design kommt es an

Interview mit Prof. F. Pipino, Genova, Italien

11



Histologie bestätigt BiCONTACT-Philosophie

Prof. A. Braun, Bad Rappenau

Prof. U. Gross, Berlin

12

Mit oder ohne Zement – das ist die Frage

Expertengespräch, Chairman: Prof S. Weller, Tübingen

14

Keramik-Keramik-Gleitpaarungen haben Vorteile

Prof. J. Witvoet, Paris, Frankreich

16

So ließe sich der Polyethylen-Abrieb vermindern

Interview mit Prof. J. Fisher, Leeds, Großbritannien

17

Periprotetische Infektion: Der Wettlauf zwischen Bakterien und Fibroblasten

Dr. L. Frommelt, Hamburg

19



Hüftpfannen-Revision: Knochenchips mit Zement impaktiert

Prof. T.J.J.H. Slooff, Nijmegen, Niederlande

20

Argumente für die zementfreie Revisions-Hüftendoprothese

Interview mit Dr. R. Volkmann, Tübingen

21

Impressum

18



Unser Titelbild zeigt eine Fotografie von Charlie Franklin, Bavaria Bildagentur, München

Die Lebensdauer von Hüfttotalendoprothesen hängt vor allem von der Beständigkeit der Einheit ab, welche die Kontaktflächen verbindet, und von der Leistung der Gelenkflächenverbindung.

So erhöhen verbesserte Zementiertechniken die durchschnittliche Haltbarkeit der Knochen-Zement-Verbindung; ihnen liegen eine adäquate Säuberung des Knochenbettes, eine Verminderung der Zementviskosität, ein ausreichender Anpreßdruck für den Zement sowie die Sicherstellung eines ausreichenden Zementmantels zugrunde.

Diskontinuitäten im Knochenzementmantel und Mikrobewegungen erzeugen Partikel, welche zusammen mit den Polyethylenpartikeln eine zytochemische Reaktion hervorrufen, die wiederum zu einer Osteolyse führt.

Olders exzellente Langzeitergebnisse mit zementierten Prothesen, sowohl in Einzelzenter- als auch in internationalen Multizenterstudien, veränderten die Ansicht über die Haltbarkeit zementierter Implantationen.

Zementfreie Implantation ist ebenso abhängig von der Haltbarkeit der knöchernen Kontaktfläche. Initiale Stabilität ist wichtig für die Verankerung bzw. Haftung des Implantates im Knochen durch ossäre Integration. Dabei wird deutlich, daß Beschichtungen, wie z. B. aus Hydroxylapatit, den Prozeß der ossären Integration beschleunigen.

Welche Oberflächenbeschichtung auch immer verwendet wird, sie muß umliegend aufgetragen werden, um umfassendes Einwachsen zu erzeugen.

Ist dies nicht gegeben, ergibt sich für Polyethylenpartikel eine potentielle Eintrittspforte in die Kontaktfläche zwischen Implantat und Knochen; Osteolyse und möglicherweise eine Prothesenlockerung können die Folge sein. Gleiche Prinzipien gelten bei Revisionsoperationen. Entscheidend ist eine stabile Kontaktfläche – entweder zwischen Zement und Knochen oder zwischen Implantat und Knochen.

Werden Knochentransplantate verwendet, ist es wichtig, die Verbindung zwischen Transplantat und autologem Knochen so zu stabilisieren, daß eine Revaskularisierung und Integration möglich ist; das Transplantat muß den Erfolg primärer Stabilität dabei nicht schmälern.

Expertenmeinungen gehen auseinander

Über die ideale Kontaktfläche zwischen Prothese und dem Zement herrschen polarisierende Meinungen. So befürwortet die Exeter-Philosophie einen hochpolierten zweiseitig spitz zulauenden Schaft, der seine Stabilität dadurch erhält, daß sich das Implantat in den visköselastischen Zementmantel einfügt und der Schaft von diesem vollständig umfaßt wird. Abweichend dazu existiert die Meinung, daß sich eine feste Haftung zwischen Implantat und Zement am besten durch geeignete Beschichtungen und guten „Press-fit“ erreichen läßt.

Beide Konzepte scheinen gut zu funktionieren unter der Voraussetzung, das Prinzip des einen nicht auf das andere zu übertragen. Eine aufgerauhte Oberfläche des Exeter-Schaftes beispielsweise ergab schlechte Ergebnisse.

Auch sollte beachtet werden, daß – obgleich eine aufgerauhte Oberfläche das Ausmaß der distalen Migration verringert – eine Lockerung zu einem signifikanten Anstieg abgeriebener Partikel führt.

In dem Maße, wie sich die Haltbarkeit der Verbindung zwischen den Kontaktflächen verbessert, wird es notwendig, die Langzeitergebnisse der Gelenkflächenverbindung zu optimieren. Es konnte gezeigt werden, daß Gamma-Sterilisation in Luft, forciertes Einschlagen, Hinzufügen von Additiven (beispielsweise Kalzium-Stearat), exzessive Wärmeentwicklung usw. sich nachteilig auf die Abriebeigenschaften von Polyethylen auswirken.

Auch neue Druckverfahren bei der Polyethylenherstellung versprechen eine Verbesse-



Professor I.D. Learmonth, University of Bristol, Department of Orthopaedic Surgery, Bristol Royal Infirmary

rung der Abriebeigenschaften des Polyethylens in den Langzeitergebnissen.

Three body wear als Schadensursache

Auch die Rauigkeit der korrespondierenden Fläche ist ein entscheidender Faktor der Abnutzung. Fisher konnte zeigen, daß ein Kratzer zu einem Anstieg von Polyethylenpartikeln führt.

„Three body wear“ (= Drei-Körper-Verschleiß) ist eine entscheidende Ursache für entstehende Schäden an den Gleitflächen. „Three body wear“ kann durch Knochenfragmente, Zementpartikel und Metallpartikel verursacht werden. Metallpartikel können durch Schaftabrieb – aufgrund unterschiedlicher Bewegungen – und durch Korrosion beziehungsweise Abrieb an den Kontaktflächen der Implantate freigesetzt werden.

Annahme ist, daß in Fällen, in denen die Kontaktfläche der Module aus gemischten Metallen besteht (beispielsweise ein Titanium-Schaft mit einem rostfreien Stahl- oder Kobalt-Chrom-Kopf), Abrieb auftreten kann. Ebenso ist die Dicke der Polyethylenschicht von entscheidender Bedeutung; es wurde über katastrophalen Abrieb berichtet bei metall-verstärkten Pfannen mit einer PE-Dicke dünner als 5 mm.

Keramik ist ein hartes, haltbares und kratzresistentes Material, und deswegen unempfindlicher gegenüber „three body wear“-Problemen. Brüche der Komponenten scheinen gelöst zu sein. Es konnte sowohl in vitro als auch in vivo gezeigt werden, daß Keramik auf Polyethylen wesentlich seltener zu Abnutzungserscheinungen des Kunststoffs führte als eine korrespondierende Metallfläche.

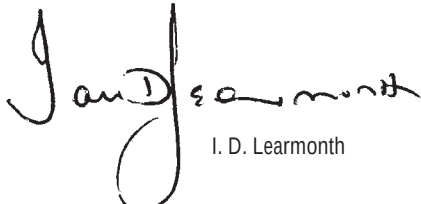
Keramik auf Keramik sorgt für eine Gelenkflächenverbindung mit nur geringer Freisetzung von Abriebpartikeln.

Für jüngere Patienten ist auch eine Gelenkverbindungsfläche in der Kombination Metall-Metall eine attraktive Alternative. Frühe Ergebnisse mit sehr geringen mikroskopischen und histologischen Abrieberscheinungen sind vielversprechend. Werden diese Verbindungen im Hinblick auf gute Langzeitergebnisse verwandt, so müssen bei diesen Patienten die Leistungen und Ergebnisse sorgfältig dokumentiert und über lange Zeiträume beobachtet werden.

Kontaktflächen und Lebensdauer

Haltbarkeit und Einheit der Kontaktflächen bei der Hüfttotalendoprothetik ist der Schlüssel für lange Lebensdauer. Überlegungen sollten berücksichtigt werden, wie sich eine Modifikation von Technik und Design auf die Kontaktflächen auswirkt mit dem Ziel, Implantationsverhalten vorhersagen zu können; die sorgfältige Überwachung der Ergebnisse bleibt von entscheidender Bedeutung.

Finanzielle Restriktionen im Gesundheitswesen diktieren uns letztlich, technische Möglichkeiten und Patientenbedürfnisse aufeinander abzustimmen.


I. D. Learmonth

Gute Zementiertechnik – gute Ergebnisse

Vortrag: „Cemented Fixation“,

J. Older, University of Surrey Technical Centre, Guildford, Großbritannien

Die Langzeit-Ergebnisse der von John Charnley, dem Nestor der modernen Gelenkendothetik, vor 20 bis 25 Jahren implantierten Hüftgelenke stellen den Goldstandard dar.

Bei jeder Implantation – sei sie mit oder ohne Zement vorgenommen – entstehen Nekrosen und daher Lücken zwischen Prothese und Knochen. Für die langfristige Standfestigkeit ist deshalb entscheidend, womit diese Lücken gefüllt werden, betonte Older, University of Surrey Technical Centre, Guildford. Das Spektrum reicht von kräftigen Bindegewebsmembranen bis hin zur kompletten Osseointegration, bei der eine direkte strukturelle und funktionelle Verbindung zwischen dem gesunden, lebenden Knochen und der Oberfläche des Implantats geschaffen

wird. Osseointegration ist ein dynamischer, räumlich ablaufender Prozeß, der eine Reihe bedrohlicher Faktoren kalkulierbar macht. Diese sind: späte Migration, Rotationsbewegungen, hydrostatische Effekte und vor allem das Eindringen von Abriebpartikeln.

Zement und seine Vorteile

Zement dringt bei guter Technik in die Räume zwischen den Trabekeln ein, vergrößert die Oberfläche, versteift speziell das knöcherne Raumgitter und verbessert so die Krafteinleitung. Zement verteilt und überträgt nicht nur die Kräfte vom Implantat auf den Knochen, sondern fungiert aufgrund seiner Elastizität auch als „Stoßdämpfer“ und erlaubt der Schaftprothese, sich gegenüber dem Knochen zu verschieben – Zement entkoppelt also die Bewegungen von Metall-Implantat und Knochen.

Weitere Vorteile sind:

- Vertikale Belastungen werden in radiale Kompression konvertiert und
- die Scherkräfte am Interface zum Knochen werden reduziert.

Untersuchungen von K. Draenert haben gezeigt, daß Zement mit der Zeit die Knochen-trabekel kräftigt und belastbarer macht.

A. Malcolm analysierte autopsisch entnommene, von Charnley 8 - 22 Jahre zuvor implantierte „Low-friction“-Endoprothesen, die bis zum Todeszeitpunkt klinisch und röntgenologisch einwandfrei funktionierten; in 60 der 78 Fälle wurde eine Osseointegration fast über den gesamten Schaft ohne Bildung bindegewebiger Membranen festgestellt. Anders am Acetabulum: Hier bestanden regelmäßig fibröse Membranen, obwohl die Prothesen bis zu 22

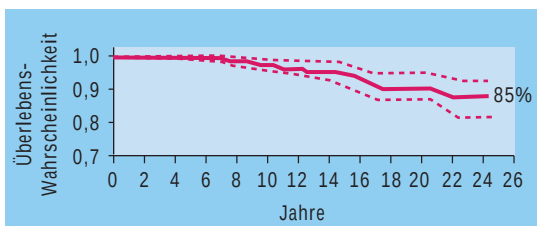
Jahre lang einwandfrei funktioniert hatten. Möglicherweise stellt die asymptomatische bindegewebige Einkapselung an der Pfanne ein stabiles Interface dar, solange das Implantat nicht wandert, kommentierte Older diese Ergebnisse.

Klinische Langzeit-Resultate

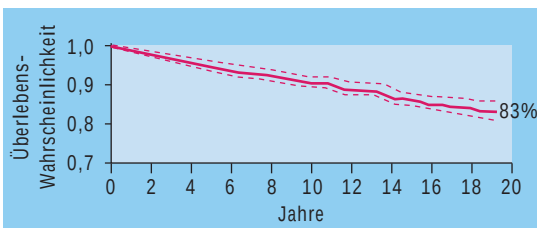
Was gute Zementiertechnik zu leisten vermag, zeigt die 1995 vorgenommene Kontrolle der 370 Hüftgelenkprothesen („low-friction-arthroplasties“, LFA), die zwischen 1970 und 1974 von John Charnley mit Zement implantiert worden waren. Bis zum Jahr 1995 oder bis zum Tod der Patienten hatten 92% funktioniert. Mit der Kaplan-Meier-Analyse errechnete sich eine 25-Jahres-Überlebensrate von 85% (Abb. 1).

Older erzielte an 240 Patienten (263 Implantationen), die vor 12 - 14 Jahren eine LFA-Prothese mit Ogee-Cup erhalten hatten, eine Lockerungsrate von insgesamt 2%. In 89% zeigten sich röntgenologisch (Charnley-De-Lee-Analyse) keine Demarkationszeichen am Interface zwischen Zement und Knochen.

Eine aktuelle Erhebung an 8 Kliniken – dort wurden Charnley's LFA-Prothesen bis Ende 1980 insgesamt mehr als 5.000mal einzementiert – errechnete eine 20-Jahres-Überlebensrate von 83% (Kaplan-Meier, Abb. 2). Für Patienten, die zum Zeitpunkt der Operation jünger als 41 Jahre waren, betrug die langfristige Erfolgsquote 67%. Auf die Frage, warum an vielen Kliniken diese guten Resultate mit zementierten Endoprothesen nicht reproduziert wurden, antwortete Older, daß oft die Zementiertechnik anders, nicht entsprechend Charnley's Vorschriften gehandhabt werde. ◀



▲ Abb. 1: 25-Jahres-Überlebensraten der 370 von Charnley implantierten LFA-Hüftgelenkprothesen (Kaplan-Meier-Analyse, gepunktete Linien: Vertrauensbereich)



▲ Abb. 2: 20-Jahres-Überlebensrate von 5.089 Charnley-LFA-Hüftgelenkendothesen, die an acht Kliniken implantiert wurden (Kaplan-Meier-Analyse, gepunktete Linien: Vertrauensbereich)

„Für die Primärimplantation des Schafts benutze ich immer Zement“

Interview mit Prof. T. Judet, Hôpital Tenon, Paris, Frankreich



implant: *Worin sehen Sie die entscheidenden Vor- und Nachteile der zementierten bzw. nicht-zementierten Hüftgelenk-Implantation?*

Judet: Zement ist – im Vergleich zum Knochen – kein lebendiges Gewebe und nicht so fest wie das Metall der Prothese; insofern ist Zement eine Schwachstelle. Auch erzeugt Zement ein zusätzliches Interface. Andererseits hat Zement im Femurbereich den Vorteil, daß ein enger Kontakt zum kortikalen Knochen geschaffen wird, und daß er eine Art Stoßdämpfung ermöglicht, welche die Integrität des Knochens schützt. Zement ist zwar nicht sehr fest, aber er stellt ein sehr gutes Medium für den Transfer der Belastungen vom implantierten Prothesenschaft auf den Knochen dar. Das dürfte sich auf die Ökonomie des Knochens und des Polyethylens günstig auswirken. Und im Femurbereich – nicht im Pfannenbereich –

ist es einfach, Zement unter genügend hohem Druck einzubringen, so daß eine gute Integration des Zements im Knochen gewährleistet ist.

Allerdings wissen wir nicht, wie beständig die mechanischen Eigenschaften des Zements nach 15 oder 20 Jahren sind. Annahme ist, daß Zement nach längerer Zeit schwächer wird. Darüber hinaus kann die Beimischung von Antibiotika diesen Schwächungsprozeß des Zements beschleunigen. Ich benutze daher niemals Antibiotika-haltige Zementzubereitungen.

implant: *Wie fällt diese Abwägung bei zementfreier Implantation aus?*

Judet: Zementfreie Implantation erzeugt einen direkten Kontakt zwischen Prothese und Knochen, das heißt, es besteht ein Interface weniger – theoretisch ist das ein Vorteil.

Andererseits ist für die gute Fixation einer zementfrei implantierten Prothese ein gutes „bony ingrowth“ unbedingte Voraussetzung; das Anwachsen von Bindegewebe führt bei zementfreier Fixation zwar zu einer guten temporären Stabilität, nach einigen Jahren jedoch kommt es zu sekundärer Mobilität. Für langanhaltende Stabilität ist also ein sehr enger Kontakt zwischen Metall und Knochen notwendig, damit ein „bony ingrowth“ erfolgen kann – ein Ziel jedoch, das nicht in jedem Fall erreicht werden kann. Bei meinen Patienten war der Kontakt in etwa 30% der Fälle klinisch oder radiologisch ungenügend. Deshalb habe ich die zementlose Fixation aufgegeben.

Unzementierte Schäfte manchmal schwierig zu entfernen

implant: *Ist die Verwendung von Zement im Hinblick auf eine spätere Revisionsoperation nicht von Nachteil?*

Judet: Ich entferne lieber eine zementierte Prothese als einen ohne Zement implantierten Schaft. Bedenken Sie die Ursachen für eine Revision: Bei Infektion kann eine zementlos implantierte Prothese mit gutem „bony ingrowth“ äußerst schwierig zu entfernen sein. Geradezu ein Alptraum kann es sein, das distale Ende eines gebrochenen, zementlos implantierten Schafts zu entfernen. Bei Lockerung wirkt eine zementfrei implantierte Prothese wie eine Raspel; die Folgen sind mechanische Defekte am Kortex sowie Granulome als biologischer Effekt. Meiner Meinung nach geht im Hinblick auf Knochenerhalt und „Second-look“-Operation die zementfreie Fixation mit einer ebenso starken Knochenschädigung einher wie Zement.

implant: *Heißt das, daß Sie den Schaft niemals zementlos implantieren, auch bei jungen Patienten nicht?*

Judet: Ja, für die Primäroperation benutze ich immer Zement, auch bei jungen Patienten. Ich habe vor 13 Jahren die zementlose Implantation aufgegeben.

implant: *Warum?*

Judet: Wegen der guten Ergebnisse bei Verwendung von Zement. Bei schlechter Zement-

Anforderungen an ein Hüftendoprothesen-System:

- Universelle Verwendbarkeit (zementlos/zementiert, Revisionseingriff etc.)
- Substanz-, d.h. knochenerhaltende Implantationstechnik
- Hohe Primärstabilität, insbesondere Rotationsstabilität
- Verbesserung der Langzeitergebnisse
- Einfaches und überschaubares Instrumentarium

tiertechnik kommt es zwar oft zur frühen Lockerung; bei guter Zementiertechnik hingegen bleibt der implantierte Schaft lange Zeit stabil – in klinischen Studien übereinstimmend ungefähr zu 90% in 10 Jahren. Ich bezweifle, daß die modernen Implantationstechniken besser sind.

implant: Bei den von Charnley mit Zement implantierten Prothesen betrug die errechnete Erfolgsrate nach 25 Jahren 85%.

Judet: Ich glaube, daß die Zahlen nicht die tatsächlichen Verhältnisse wiedergeben. In der Nachbeobachtung scheiden zu viele Patienten aus. Das ist ein methodisches Problem. Die Langzeitergebnisse mit Zement sind gut, aber nicht gut genug. Vor allem bei jungen Patienten können wir mit den Langzeitergebnissen noch nicht zufrieden sein, hier liegt die Erfolgsrate bei nur 40% bis 60% – das ist nicht ausreichend.

implant: Welche Rolle spielt die Qualität des Zements?

Judet: Wir erzielten einige Jahre lang mit zementierten Prothesen schlechte Resultate. Der eine Grund war, daß wir aufgerauhte Titan-

schäfte benutzten. Der andere Grund bestand in Problemen mit dem verwendeten Zement: der Hersteller hatte die Zusammensetzung geändert, ohne uns dies mitzuteilen. Bei drei von insgesamt zehn Operateuren meiner Arbeitsgruppe, die diesen Zement benutzten, stieg die Lockerungsrate gegenüber den vorher erzielten Ergebnissen und gegenüber den sieben Operateuren an, welche die gleiche Prothese mit anderen Zementarten implantierten, nach oben, auf bis zu 1% pro Jahr. Gleichzeitig stellten wir häufiger Granulome fest. Wir erkannten das Problem nach zweieinhalb Jahren und verwendeten eine Prothese aus glattem Edelstahl sowie einen anderen Zement – danach erzielten wir wieder gute Ergebnisse. Die Kombination einer rauen Titanprothese mit einem ungeeigneten Zement führte offenbar zu

Optimierung der Standzeiten von Hüftendoprothesen:

- Verbesserung der Zementzusammensetzung und der Zementiertechnik
- Verbesserung der direkten, d.h. zementfreien Verankerung der Endoprothese im Knochen

Ursachen der Implantatlockerung:

- Implantationsfehler
- Ungeeignete Implantate
- Unzureichende Zementqualität
- Mangelhafte Verankerungskonzepte
- Implantat-Abriebprodukte (Polyethylen, Metall, Zement etc.)
- Infektionen
- Osteoporose

vermehrtem Anfall von Abrieb und den entsprechenden Komplikationen.

Fixation im Pfannenbereich

implant: Wie fixieren Sie im Pfannenbereich?

Judet: Am Acetabulum ist die initiale Stabilität einer zementlos implantierten „Press-fit“-Pfanne mit rauher Oberfläche in bezug auf das „bony ingrowth“ ebenso gut wie bei zementierter Pfanne. Der Nachteil dieser Technik besteht im „metal back effect“ und dem eventuell vermehrten Abriebmaterial. Mit Zement ist die initiale Stabilität ebenso gut, aber die PE-Dicke und der Knochenverlust bei der Implantation sind größer. Ferner ist es am Acetabulum viel schwieriger, ein gutes Knochen-Zement-Interface zu erzeugen als im Femur.

implant: Welche Methode bevorzugen Sie hier?

Judet: Am Acetabulum hängt die Verwendung von Zement vom „bone stock“ ab. Wenn die Hüfte nicht dysplastisch und der bone stock gut ist, bevorzuge ich die zementlose „Press-fit“-Technik. Dabei verwende ich jedoch niemals Schrauben, das heißt ich benutze press-fit nur in den Fällen, in denen die initiale Stabilität allein aufgrund des „Press-fit“-Effekts perfekt ist. Das Hauptproblem der Zementiertechnik im Pfannenbereich ist, daß das radiologische Erscheinungsbild in bis zu 30% nicht voll befriedigend ist. Es bilden sich strahlendurchlässige Zonen. Ich strebe einen engen Kontakt zwischen Prothese bzw. Zement und Knochen an. Die fibröse Schicht ist mein Feind.

Implant: Herr Professor Judet, wir danken Ihnen für die Beantwortung unserer Fragen. ◀

Was geschieht am Interface?

Vortrag: „Comparison of the Interface of Cemented and Cementless Prostheses“
Prof. H.G. Willert, Orthopädische Universitätsklinik Göttingen

Die Interaktion zwischen Endoprothese und Knochengewebe entscheidet letztlich über das langfristige Schicksal einer Gelenkendoprothese. Die Prozesse, die in dem Zeitraum zwischen Operation und definitiver Stabilisierung des Implantatlagern ablaufen, weisen zum Teil Unterschiede auf – je nachdem, ob Zement verwendet wird oder nicht.

Die Implantation löst – vergleichbar einer Frakturheilung – Gewebereaktionen aus, die den Implantat-tragenden Knochen komplett umbauen. D.h. der Knochen, in dem die Gelenkendoprothese verankert wird und der für die Primärstabilität verantwortlich ist, ist ein anderer als der, der dieses Gelenk langfristig zu halten hat und die Sekundärstabilität gewährleistet, betonte Willert, Orthopädische Universitätsklinik Göttingen. Aufgrund von autoptischen Untersuchungen lassen sich die Reaktionen, die diesem Umbau zugrundeliegen, in drei sich überlappende Phasen einteilen (Abb. 4).

A Initialphase: der Gewebeschaden

Die initiale Phase unmittelbar nach der Verankerung ist durch den Gewebeschaden gekennzeichnet – die Vorbereitung des Lagers stellt eine erhebliche Traumatisierung dar und führt zu Blutungen und Knochenmarknekrosen. Die Nekrosen und Störungen der Blutversorgung betreffen zementierte und nicht-zementierte Prothesen gleichermaßen. Bei der Zementierung entsteht hingegen zusätzlich Wärme, und

es werden während des Polymerisationsprozesses toxische Monomere freigesetzt, die das umgebende Gewebe schädigen könnten.

Für die einwandfreie langfristige Funktion einer Hüftgelenkendoprothese kommt es entscheidend darauf an, daß es gelingt, die Komponenten primär stabil im Knochen zu verankern – Primärstabilität ist die Voraussetzung für die Osseointegration, das heißt für die Bildung von neuem Knochengewebe, das im langfristigen Verlauf wiederum Sekundärstabilität gewährleistet. Mit Zement läßt sich dies relativ leicht erreichen, da Zement in die Hohlräume des Knochens eindringt; mit dieser unmittelbaren intensiven Verzahnung von Zement und Knochen ist ein idealer Formschluß mit hoher Primärstabilität gewährleistet. Bei zementfreier Verankerung muß ein der Form des Implantats exakt entsprechendes Lager geschaffen werden. Alternativ können Schrauben oder „Press-fit“ zum Einsatz kommen, um sofortige Stabilität zu erzielen.

B Reparatur und Remodelling

In der zweiten Phase steht die Reparatur des perioperativen Gewebeschadens im Vordergrund; sie kann bis zu zwei Jahre andauern. Histologisch dominieren – wiederum vergleichbar einer Fraktur – die Heilungsreaktionen: Fibroblasten und Kapillaren wachsen ausgehend vom intakten umgebenden Gewebe in den Knochen ein und ersetzen das untergegangene Knochenmark. In dem fibrovaskulären Gewebe bildet sich Knochen (desmale Ossifikation direkt aus Bindegewebe wie der Kallus

Implantatverankerung

BIOLOGIE

mit Zement ohne Zement

– –	Initialphase Gewebeschädigung durch Implantationstrauma	– –
–	Reparationsphase (knöcherne) Einheilung des Implantates	+ +
–	Stabilisationsphase Lang-Zeit-Toleranz Gewebe/Implantat	+ +

BIOMATERIAL

mit Zement ohne Zement

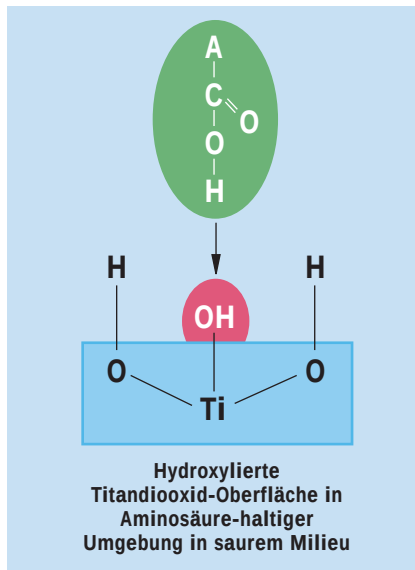
– – –	Initialphase Toxizität	+ +
– –	Reparationsphase Bioaktivität	+ +
–	Stabilisationsphase Alterung Abrasion Korrosion	+ +

BIOMECHANIK

mit Zement ohne Zement

+ + +	Initialphase Primärstabilität und -intensität der Verankerung	+
+ + +	Reparationsphase beanspruchungsorientierter Knochenumbau	+ + +
+	Stabilisationsphase Koexistenz von Knochen und Implantat unter Dauerbeanspruchung	+

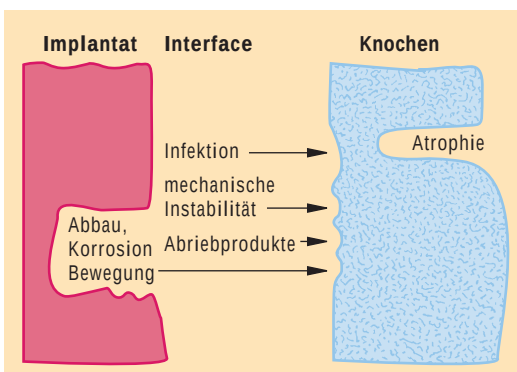
▲ Abb. 4: Stärken (+) und Schwächen (-) der Implantatverankerungstechniken in bezug auf die Biologie, das Biomaterial und die Biomechanik



▲ **Abb. 5: Reaktion zwischen der Titanoxid-Oberfläche und organischem Material als Ursache für die Stimulation des „bone on-growth“ durch Titanlegierungen**

bei Frakturheilung) – es kann eine neue Knochen-Architektur entstehen. Dabei können auch relativ große Spalten und Defekte ausgefüllt oder überbrückt werden. Gleichzeitig wird nekrotischer Knochen durch die Tätigkeit von Osteoklasten resorbiert.

Bei primär stabilen Implantaten wächst neuer Knochen an die Oberfläche heran, und es kommt zur Osseointegration. An der Oberfläche von Zement werden Irregularitäten ausgefüllt, auf der Oberfläche von Titan-Legierungen bilden sich Füßchen, die später zusammenwachsen können (Abb. 5).



▲ **Abb. 6: Einwirkungen auf das knöcherne Implantatlager**

Zwischen den Zonen mit direktem Knochenkontakt wird das implantierte Material von Bindegewebe gesäumt. An der Oberfläche treten vielkernige Riesenzellen auf – auf Zement nahezu als komplette Schicht, auf Titan hingegen nur vereinzelt.

Zeitgleich mit der Reparatur des geschädigten Gewebes adaptiert sich der Knochen an die durch die Implantation veränderte Krafteinleitung entsprechend dem Wolffschen Gesetz: In Zonen mit nunmehr geringerer Belastung nimmt die Knochenmasse ab, in Zonen höherer Belastung nimmt sie zu. Dabei richten sich die Knochenstrukturen entsprechend der geänderten Krafteinleitungs-Geometrie aus.

Im Unterschied zu Polymeren wie PMMA stimulieren Titan-Legierungen das Anwachsen des Knochengewebes an ihrer Oberfläche. Diese Bioaktivität wird von Steinemann auf eine chemische Bindung zwischen der Titanoxid-Oberfläche und organischen Substanzen zurückgeführt.

C Stabilisierung im bleibenden Implantatlager

Die dritte Phase resultiert in der Stabilisierung des bleibenden Implantatlagers. Die Ausbildung des bleibenden Implantatlagers ist beendet, wenn der Heilungsprozeß vollständig abgeschlossen ist. Erst jetzt ist das fibrovaskuläre Gewebe komplett durch Knochenmark ersetzt, und neue Knochenstrukturen können nun nicht mehr entstehen. Knochen kann jetzt nur noch durch Apposition von Osteoidlamellen an den vorhandenen Trabekeln gebildet werden. Dies geschieht sowohl im Rahmen des stetigen Remodellings, dem jeder gesunde Knochen unterworfen ist, wie auch im Rahmen der Adaptation an Änderungen des „load transfer“.

Das Interface zwischen Implantat und Knochen besteht nun aus Knochen trabekeln, Bindegewebsmembranen unterschiedlicher Dicke sowie vielkernigen Riesenzellen und Makrophagen. In der umgebenden Spongiosa befindet sich Knochenmark. In der Nachbarschaft

von Zement finden sich allerdings noch lange Zeit nach der Implantation Säume unverkalkten Knochens, die als Mineralisationsstörung infolge toxischer Effekte gedeutet werden.

Je nach Fixationsart ist der Kontakt zwischen Implantat und Knochen verschieden intensiv:

- Die Kontaktzone zwischen Zement und Knochengewebe beträgt am Femurschaft nur bis zu 20%. Am Acetabulum wurde eine nahezu komplette Trennung von Zement und Knochen, mit einer dazwischenliegenden Bindegewebschicht, gefunden.
- Die Kontaktzone von nicht-zementierten Implantaten aus Titan oder Titan-Legierungen mit dem Knochen erreicht 75%. In Zonen direkter Krafteinleitung ist der Kontaktindex besonders groß.

Bei mechanischer Instabilität wird Knochen resorbiert

In Knochenbereichen, die von der Endoprothese vor Belastungen relativ abgeschirmt werden, wird der Knochen atrophisch, das heißt poröser. In bestimmten Bereichen des proximalen Femur beträgt der Knochenverlust bis zu 60%. In Zonen erhöhter Belastung ist dagegen der Knochen dichter und die Kortikalis dicker. Diese Prozesse laufen bei beiden Fixationstechniken gleichermaßen ab.

Das Implantat-Knochen-Interface und das benachbarte Knochenmark sind äußerst anfällig gegenüber irritativen Reizen wie Sepsis, mechanische Instabilität bzw. Beweglichkeit, Korrosions- bzw. Abbauprodukte des Implantatmaterials sowie Abriebprodukte von der Gelenkoberfläche (Abb. 6). Sie induzieren die Bildung von Granulationsgewebe, wodurch die Knochenresorption durch Osteoklasten stimuliert und die Osteolyse gefördert werden. Da die Knochenresorption die Verankerung der Prothese betrifft, lockert sich das Implantat. Dies betrifft die zementierten Prothesen ebenso wie die nicht-zementierten.

Biologische Zustände erhalten und knochenschonend implantieren

Vortrag: „Cement or Cementless Fixation: An Individual Decision in Total Hip Arthroplasty“
Prof. S. Weller, BG-Unfallklinik Tübingen

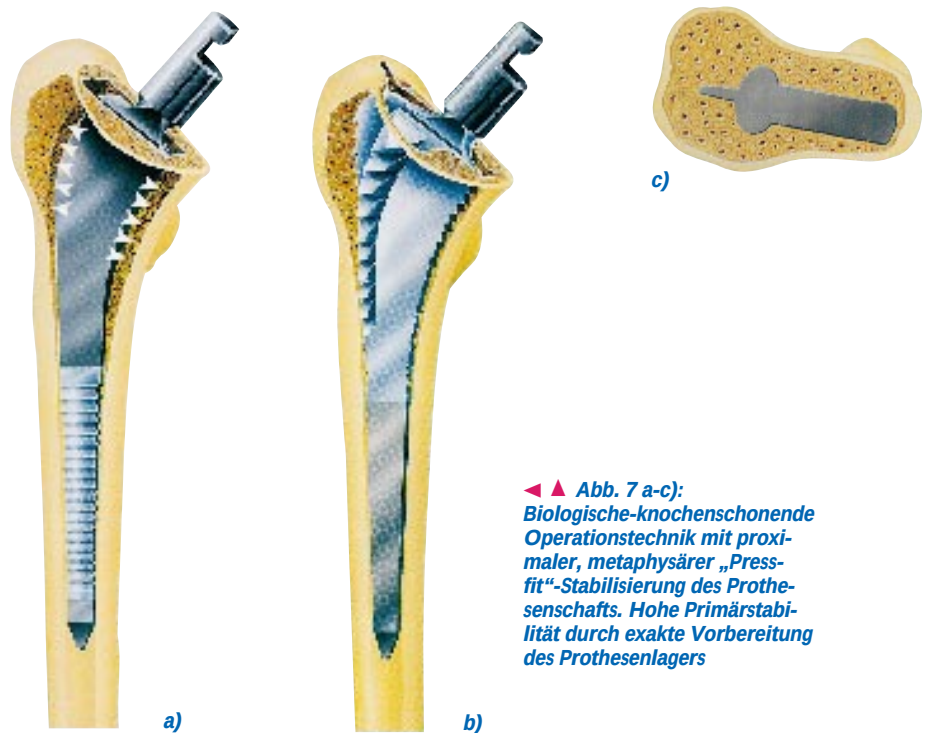
Die langfristigen Ergebnisse Charnleys mit seiner zementierten Hüftgelenk-endoprothese werden bekanntlich als sehr gut berichtet. Dennoch ist damit ein Problem offensichtlich nicht gelöst: ausgelockerte Endoprothesen nehmen weltweit zu.

Vergegenwärtigt man sich, daß jährlich weltweit ca. 1,5 Millionen Hüft-endoprothesen – davon in Deutschland allein ca. 120.000 – neu implantiert werden, sehen wir uns bei steigenden Zahlen mit wachsenden Schwierigkeiten konfrontiert, erläuterte Weller, BG-Unfallklinik Tübingen. Ursachen der Lockerung sind auf der mechanischen Seite die ständigen Belastungsänderungen, die Implantationstechnik und der Abrieb, auf der biologischen Seite Knochennekrosen sowie immunologische und allergische Reaktionen. Langfristig spielen biologische Aspekte eine besonders wichtige Rolle, unterstrich Weller – Stabilität allein sichert noch kein gutes Langzeit-Resultat. Die „Biologie“ ist bisher zu wenig beachtet worden. Knochen als lebendes Gewebe reagiert auf Wechselbelastungen mit einem ständigen „Remodelling“ und ist kein Sockel aus totem, unveränderlichem Material, in das ein Implantat eingesetzt wird.

Das biologische Umfeld mit der Forderung nach langfristigem Erhalt eines möglichst ungestörten Knochenstoffwechsels wird durch eine sog. zementfreie Implantation am besten erfüllt. Jede Primärimplantation muß die Möglichkeit einer späteren Revision berücksichtigen und darauf abzielen, „so viel Knochen wie

möglich zu erhalten“. Knochen sollte nicht unnötig geopfert werden, da dieser später, bei einer eventuellen Revision, dringend gebraucht wird (Abb. 7 a-c, d-h).

Besonders bei jüngeren Patienten mit gutem „bone stock“, bei denen aufgrund einer längeren Lebenserwartung vermehrt mit Wechseloperationen zu rechnen ist, bietet die zementfreie Implantation mit knochensparendem Verankerungskonzept Vorteile. Bei alten Patienten mit ausgeprägter Osteoporose und herabgesetzter Knochenfestigkeit sind diese Techniken weniger sinnvoll – hier kann, laut Weller, auf Zement nach wie vor nicht verzichtet werden. Auch ist hier eine sofortige Belastbarkeit besonders wichtig und die langfristige Standfestigkeit eher von sekundärer Bedeutung.



◀ ▲ Abb. 7 a-c):
Biologische-knochenschonende
Operationstechnik mit proximaler, metaphysärer „Press-fit“-Stabilisierung des Prothesenschafts. Hohe Primärstabilität durch exakte Vorbereitung des Prothesenlagers

Entscheidung über Verankerungstechnik intraoperativ

Die Antwort auf die gegenwärtige Streitfrage Nr. 1 „Mit Zement oder zementlos“ lautet für Weller: „Zement und zementlos, jeweils der individuellen Situation angepaßt“. Der individuellen, auf den einzelnen Patienten zugeschnittenen Anwendung sollte die optimale Hüftgelenk-endoprothese Rechnung tragen. Dies beinhaltet die Philosophie des von Weller mitentwickelten, modular aufgebauten BiCONTACT-Prothesen-Systems. Es umfaßt Schäfte verschiedener Größenabstufungen, die mit Zement oder zementfrei implantiert werden können. Zum System, d.h. der „Prothesenfamilie“, gehören unter Beibehaltung des



d)

Grund-Designs auch eine „Dysplasie-Prothese“ und eine spezielle „Revisionsprothese“.

Die Prothesen für die zementfreie Implantation sind an den kraftübertragenden Flächen mit einer mikroporösen, sogenannten Plasma-pore-Beschichtung zur besseren Osseointegration versehen. Ein spezielles Instrumentarium erlaubt die exakte Vorbereitung des Knochenlagers nach Form und Größe des jeweiligen Implantats, um dort, wo die Krafteinleitung stattfindet, einen besonders engen und großflächigen Kontakt zwischen Knochen und Implantat herzustellen. Die zementfreie Fixation erfordert einen unmittelbaren Formschluß und ein Anwachsen des Knochens an die Prothese, damit die Kraftübertragung gleichmäßig und sicher stattfinden kann. Dabei folgt die BiCONTACT-Prothese der Philosophie einer sog. proximalen Krafteinleitung in der intertrochantären Region.



f-h)

► ▲ ▼ **Abb. 7 d-h):**
Vorbereitung des knöchernen Lagers mit verdichtetem Prothesenprofil für optimalen „Press-fit“-Kontakt



e)

Distal durch „Press-fit“ verankerte Schäfte führen infolge Dauerschwingung häufig zur proximalen Auslockerung mit der Symptomatik des Oberschenkel-Schmerzes. Ein dorsales Antirotationsschild und seitliche Verankerungsrippen vergrößern beim BiCONTACT-Schaft die Oberfläche und wirken insbesondere einer durch Rotationsbewegungen ausgelösten Instabilität entgegen. Neben dem Erhalt einer bioaktiven Interface-Zone sichert die hohe Primärstabilität, insbesondere in bezug auf Rotationsbewegungen gute Langzeitergebnisse. Nicht zuletzt vermeidet Primärstabilität die unangenehmen postoperativen Oberschenkel-schmerzen.



Das BiCONTACT-System erfüllt so die heute möglichen und notwendigen Forderungen an eine Hüftendoprothese. Der Operateur hat während des Eingriffs bis zum Zeitpunkt der definitiven Implantation die Möglichkeit, die Verankerungstechnik den örtlichen Gegebenheiten anzupassen, beispielsweise auf Zement „umzusteigen“, wenn eine schlechte Knochenfestigkeit es erfordert. Erst intraoperativ läßt sich der Knochen („bone stock“) endgültig und sicher beurteilen.

An der BG-Unfallklinik Tübingen werden die ersten 250 Patienten mit einer zementfrei implantierten BiCONTACT- Prothese seit

1986/87 im Rahmen einer prospektiven Verlaufsstudie beobachtet und überprüft. Nach nunmehr fast zehn Jahren waren bei einer Nachuntersuchungsquote von 93,2% die Ergebnis-

se mit insgesamt drei septischen und einer aseptischen Lockerung gut.

Ein Vergleichskollektiv von 250 zementierten Endoprothesen aus demselben Zeitraum mit einer Nachuntersuchungsrate von 88,7% ergab mit einer septischen und vier aseptischen Lockerungen ein insgesamt ähnliches Ergebnis.

„Die mittelfristigen Resultate mit der zementfrei implantierten BiCONTACT-Prothese sind also vielversprechend; ob sie langfristig so bleiben werden, muß die Zukunft erweisen“, resümierte Weller. ◀



Fixation: Auf das Design kommt es an

Interview mit Prof. F. Pipino, Clinica Ortopedica e Traumatologica, Genova, Italien



implant: Was besagt Wolff's Gesetz?

Pipino: Wolff's Gesetz besagt, daß der Knochen auf mechanischen Streß in der Art reagiert, daß er seine Struktur im Sinne einer Optimierung ändert. Dies wird hauptsächlich durch die funktionelle Einheit des Knochens, die „basic multicellular unit“ (BMU), erreicht. Die BMU besteht aus „Steuerzellen“, der verkalkten Matrix und verschiedenen Arten von Osteozyten. Die BMU-Aktivitäten reichen von der Knochenproduktion bis hin zur Knochenresorption und gliedern sich in fünf Phasen, während derer unterschiedliche Zelltypen aktiv sind. Ziel dieses Prozesses ist die allmähliche physiologische Substitution des alten, durch Abnutzung geschwächten Knochens durch neuen, mechanisch besseren Knochen.

implant: Was geschieht in diesem System, wenn eine Prothese zementfrei implantiert wird?

Pipino: Der Knochen paßt seine Architektur der neuen Situation an. Die biologische Reakti-

on des Knochens – sie wird durch die Implantation einer Prothese induziert – läuft entsprechend dem Aktivitätsplan der BMU ab, d.h. Resorptionsphänomene, Bildung neuen Knochens und Remodelling laufen im Sinne einer optimalen Geometrie des betroffenen Segments ab. Die Implantation einer Prothese in den Knochen modifiziert das Ausmaß, die Richtung, die Verteilung und die Art der auftretenden Kräfte und induziert so ein adaptatives Remodelling entsprechend den erwähnten Mechanismen (Abb. 8 und 9).

implant: Was sind die Hauptphänomene bei diesem Prozeß?

Pipino: Es gibt zwei Hauptphänomene: zum einen das Knochenwachstum am Knochen-Prothesen-Interface – dies ist ein wichtiges, aber nicht das entscheidende Phänomen. Das entscheidende Phänomen ist das Remodelling des gesamten Knochensegments. Das Knochen-Remodelling ist ein dynamischer biologischer Prozeß, gekennzeichnet durch Apposition und Entfernung von Knochengewebe in strenger Korrelation zur mechanischen Stimulation (Belastungsangepaßtes Verhalten).

implant: Von welchen Faktoren hängen Knochenwachstum und Remodelling ab?

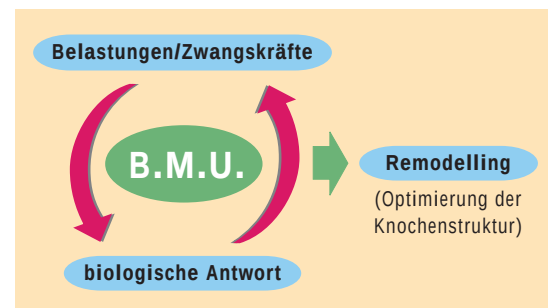
Pipino: Erstens von der Stabilität des Implantats und zweitens von der Oberfläche der Prothese, insbesondere von der Adhäsion zwischen Prothese und Knochen. Initiale Stabilität des Implantats ist für eine sukzessive Knochen-Prothesen-Integration erforderlich; zusammen mit der Adhäsion konditioniert initiale Stabilität die periprothetische Osteogenese – also Knochenwachstum – auf dem Interface. Und drit-

tens hängt das Remodelling davon ab, wie die Prothese die Kräfte zum Knochen verteilt. Die Streß-Verteilung hängt zum Teil von der Knochenstruktur und zum Teil von den physikalischen Eigenschaften der Prothese ab – insbesondere Materialien, Design und Geometrie.

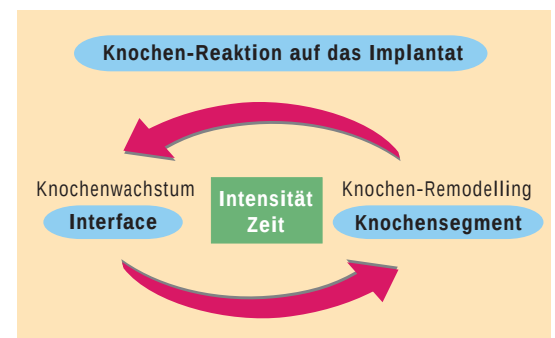
Primärstabilität entscheidendes Kriterium

implant: Was geschieht, wenn initial keine ausreichende Stabilität erzielt wird?

Pipino: Instabilität mit einem Defizit an Adhäsion induziert Bindegewebs- statt Knochenwachstum. Die Stammzellen differenzieren sich



▲ Abb. 8: Zentrale Stellung der BMU („basic multicellular unit“) im Remodelling-Prozeß



▲ Abb. 9: Einfluß von Intensität und Zeit auf das Knochenwachstum und das Knochen-Remodelling

in zwei unterschiedliche Linien, je nach mechanischer Situation. Wenn zahlreiche Mikrobewegungen ablaufen, entwickeln sich die Stammzellen zu Zellen, die Bindegewebe produzieren; das führt – statt zu Knochenwachstum – zur Bildung einer fibrösen Membran auf dem Interface. Ich möchte noch einmal betonen: Stabilität ist eine unbedingt notwendige Voraussetzung, um Knochenwachstum zu induzieren.

implant: Welche Rolle spielt das Prothesendesign, um dieses Ziel zu erreichen?

Pipino: Bei der zementlosen Fixation spielt das Prothesendesign eine sehr wichtige Rolle. Denn das Prothesendesign erlaubt, auf die Ar-

chitektur Rücksicht zu nehmen und die Belastung entsprechend der physiologischen Situation zu verteilen. Der zementfrei implantierte Schaft muß sich der Struktur des Femur bedienen; mit einem entsprechenden Prothesendesign läßt sich eine gute Adaptation herstellen, und Bewegungen, insbesondere Rotations- und Mikrobewegungen, lassen sich vermeiden. Daher ist das Prothesendesign sehr wichtig, wenn es darum geht, eine gute Stabilität als entscheidende Voraussetzung für ein „bony ingrowth“ und damit auch für gute langfristige Ergebnisse zu erzielen.

Eines der Probleme bei der zementfreien Fixierung sind die als „thigh pain“ bezeichneten Oberschenkel-

schmerzen, die bei etwa 10% der Patienten über ein bis zwei Jahre nach zementloser Schaftimplantation hinweg bestehen können; ist der Schaft jedoch stabil, treten keine Oberschenkel Schmerzen auf. Bei zementierten Prothesen tritt dieses Problem nicht auf. Der Grund dafür ist, daß es hier leichter ist, Stabilität zu erzielen, weil Zement plastisch ist und das Design der Prothese übernimmt – das Prothesendesign selber ist bei zementierter Fixation also nicht so wichtig.

implant: Herr Professor Pipino, wir danken Ihnen für die Beantwortung unserer Fragen. ◀

Histologie bestätigt BiCONTACT-Philosophie

Vortrag: „Histological Investigation of the Bone Interface in a BiCONTACT-Plasmapore Hip Replacement“

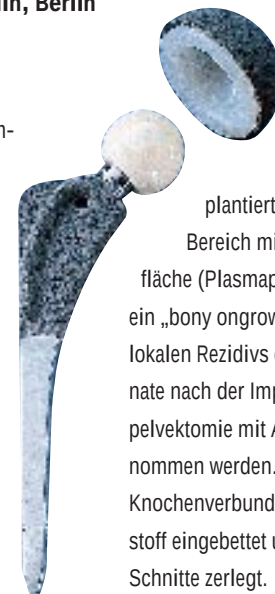
Prof. A. Braun, Vulpius Klinik GmbH, Bad Rappenau

Prof. U. Gross, Institut für Pathologie, Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Berlin

Histologische Untersuchungen zeigen, daß der Kraftfluß entsprechend dem BiCONTACT-Konzept hauptsächlich über den medialen proximalen Bereich der Prothese hergestellt wird und sich hier die Implantat-Knochenstruktur der Belastung des Knochens anpaßt.

Das Konzept des BiCONTACT-Schaftes ist auf proximale Krafteinleitung ausgerichtet; starke distale Krafteinleitung kann zu ausgeprägter Knochenresorption im Femur führen. Inwieweit das Re-

modellierung des Knochens nach der Implantation diesem Konzept entspricht, untersuchten Braun, Vulpius Klinik GmbH, Bad Rappenau, und Gross, Institut für Pathologie, Universitätsklinikum Benjamin Franklin, Berlin, anhand histologischer Knochenveränderungen. Bei einem 48 Jahre alten Patienten wurde wegen eines Klarzellchondrosarkoms des Femurkopfes eine zementfreie Femurendoprothese



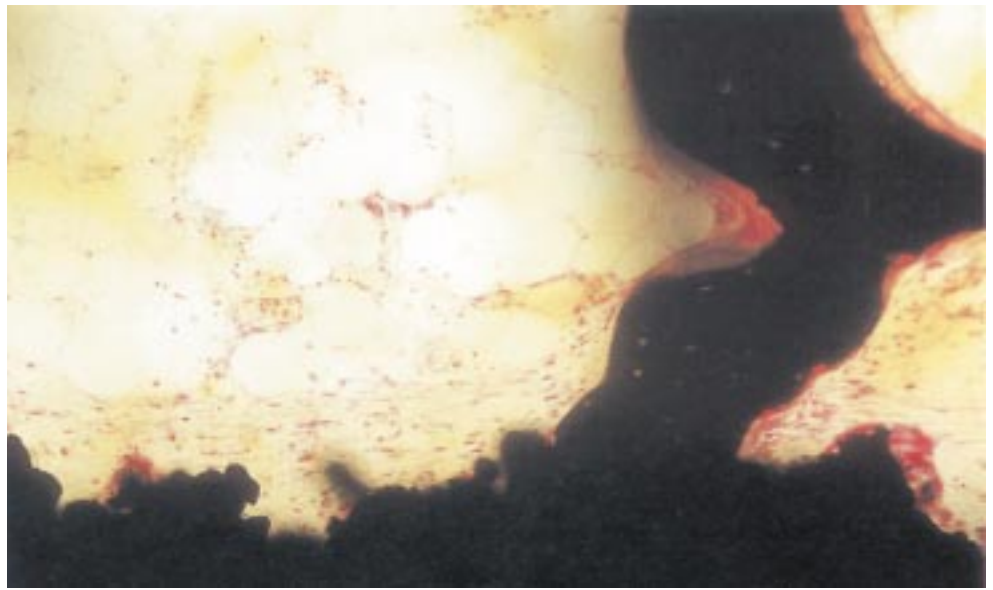
◀ **Abb. 10:** BiCONTACT-Schaft im proximalen Anteil Plasmapore beschichtet

durch Plasmapore-Pfanne und BiCONTACT-Schaft implantiert. Der Schaft ist im proximalen Bereich mit einer mikroporösen Oberfläche (Plasmapore) versehen (Abb.10), die ein „bony ingrowth“ ermöglicht. Wegen eines lokalen Rezidivs der Weichteile mußte drei Monate nach der Implantation eine partielle Hemipelvektomie mit Amputation des Beines vorgenommen werden. Die Implantate wurden im Knochenverbund fixiert, unentkalkt in Kunststoff eingebettet und mit dem Sägemikrotom in Schnitte zerlegt.



▲ **Abb. 11a: Proximale Schnittebene (histologischer Überblick)**

Die histologischen Untersuchungen (Abb. 11a) am Interface bestätigen, daß – entsprechend dem BiCONTACT-Konzept – ein direkter Kontakt zwischen Plasmapore-beschichtetem Schaft und spongiösem Knochen im medialen proximalen Bereich sowie unterstützend in der Gegend der lateralen Flügel bzw. des Antirotationsflügels stattfinden (Abb. 12 links und rechts). Im medialen proximalen Bereich ist der Kontakt zwischen Implantat und Knochen punktförmig und umfaßt insgesamt etwa ein Fünftel der medialen Prothesenoberfläche (etwa 120 mm²). In den Kontaktzonen wächst der Knochen, wie die histologischen Bilder zeigen, auf und in die Plasmapore-Beschichtung. Die Dicke der Trabekel beträgt ca. 0,3 mm. An der vorderen und hinteren Prothesenfläche besteht kein direkter Knochenkontakt; die Trabekel verlaufen hier parallel zur Oberfläche. Das Gewebe ist gut durchblutet, entzündliche Reaktionen treten nicht auf. Am lateralen Flügel finden sich nur geringe Knochenkontakte, die Trabekel sind senkrecht zur Prothesenoberfläche ausgerichtet, das Gewebe um das Implantat zeigt gute Vitalität mit Knochenneubildung. An den posterolateralen Flügeln besteht punktueller Knochenkontakt (Abb.11b).



▲ **Abb. 11b: Lateraler Antirotationsflügel (histologisches Detail)**

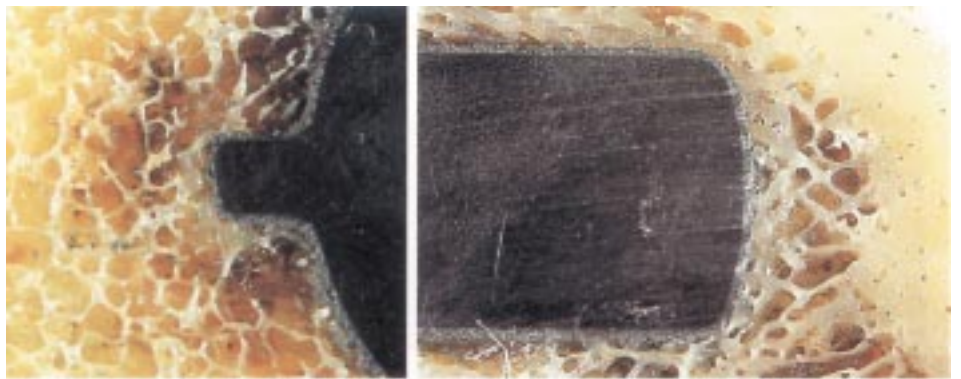
Im distalen Plasmapore-beschichteten Bereich findet sich eine sehr kräftige mediale Knochenstruktur mit graduelltem Übergang von trabekulären zu kortikalen Knochen.

Im distalen unbeschichteten Prothesenschaft bestehen keine Implantat-Knochen-Kontakte. In diesem Bereich sind demnach Mikrobewegungen möglich.

Der Kraftfluß wird also – dem BiCONTACT-Konzept entsprechend – hauptsächlich über den medialen proximalen Bereich der Prothese hergestellt. Hier paßt sich die Implantat-Knochenstruktur der Belastung des Knochens an. An der Vulpus Klinik GmbH Bad Rappenau wird der BiCONTACT-Schaft seit zehn Jahren erfolgreich eingesetzt. Bei den ersten 200 Pati-

enten mit einer mittleren Nachbeobachtungszeit von ca. 6 Jahren kam es in nur 2% zum Schaftversagen.

In einer weiteren Untersuchung wird an der Vulpus Klinik die Knochendichte im proximalen Bereich um den BiCONTACT-Schaft gemessen. Die vorläufigen Ergebnisse zeigen, daß die Knochenmineralisation in den ersten sechs Monaten sowohl im medialen als auch im lateralen periprothetischen Bereich signifikant abnimmt. Zwischen dem 6. und 12. Monat besteht jedoch kein signifikanter Unterschied mehr. Offenbar ist das Remodelling des proximalen Interface nach sechs Monaten abgeschlossen. ◀



▲ **Abb. 12: Kräftige Knochenstruktur: links: lateral, rechts: medial**

Mit oder ohne Zement – das ist die Frage

Expertengespräch, Chairman: Prof. S. Weller, BG-Unfallklinik Tübingen

Ob eine Hüftgelenkendoprothese und insbesondere der Schaft besser mit oder ohne Zement implantiert wird, ist unter den Experten umstritten.

Die Langzeit-Ergebnisse, die Charnley mit seiner Zementiertechnik erzielte, gelten als der Goldstandard – sie sind vorläufig der Maßstab, der zumindest zu erreichen ist. Die zementfreien Techniken werden bisher zu kurz angewendet, als daß sie ihre langfristige Effektivität hätten bereits unter Beweis stellen können. Die mittelfristigen Resultate jedenfalls sind keineswegs schlechter. Es fehlen ausreichend große prospektive, vergleichende Studien zwischen zementierter und zementfreier Implantation, so daß sich derzeit noch nicht definitiv beurteilen läßt, welche Technik die bessere ist. Angesichts dieser unbefriedigenden wissenschaftlich-klinischen Datenlage, die für individuelle Entscheidungen allen Spielraum läßt, erfragte Weller, BG-Unfallklinik Tübingen, als Chairman eines inter-

nationalen Rundtischgesprächs, die jeweilige Strategie der Referenten – unterschiedlicher hätten die Antworten nicht ausfallen können.

Indikation je nach Alter und Knochenqualität

Für Pipino, Ospedale San Martino, Genua, Italien, sind das Alter des Patienten und die Knochenqualität die wichtigsten Kriterien. Sind die Patienten älter als 65 bis 70 Jahre, bevorzugt er die Implantation mit Zement, um eine schnelle Erholung nach der Operation zu erzielen. Die Knochenqualität bestimmt Pipino mittels „flaire index“, „cortical index“ und „Singh trabecular traces“. Auch die zugrundeliegende Erkrankung spielt für ihn eine große Rolle: bei rheumatoider Arthritis bevorzugt er die zementierte, bei Osteoarthritis die zementfreie Fixation.

Die Implantationsstrategie an der Klinik Bergmannsheil in Bochum richtet sich vor allem am biologischen Alter aus: In „höherem“ Alter und bei geringer Aktivität wird zementiert

(Abb. 13 a,b), bei einem jungen oder bei einem alten, aktiven Patienten mit biologisch „jungem“, d.h. festem, tragfähigen Knochen wird bevorzugt zementfrei implantiert (Abb. 14 a,b).

Auch Braun, Vulpus Klinik GmbH, Bad Rappenau, trifft die Entscheidung differenziert anhand der individuellen medizinischen Indikation. Junge Patienten erhalten eine zementfreie Prothese in Erwartung einer höheren Überlebenszeit, ältere Patienten erhalten ein zementiertes Implantat mit der Möglichkeit der sofortigen Vollbelastung. In der Gruppe der 65- bis 75jährigen hängt die Indikation vom biologischen Alter des Patienten, der Knochenqualität, des Allgemeinbefundes sowie individuellen Faktoren ab.

Trend in Richtung zementfreier Implantation

Gegenwärtig beträgt die Relation zwischen zementierten und nicht-zementierten Hüftgelenkendoprothesen an der Vulpus Klinik ca. 1:1.



▲ Abb. 13a): Posttraumatische Hüftkopf-Nekrose mit Gelenkflächeneinbruch und schmerzhafter Bewegungsbehinderung (62 Jahre ,w.)



▲ Abb. 13b): Zementierte Technik: Endoprothetischer Gelenkersatz mit BiCONTACT-Prothese (8 Jahre p.o.)



◀ **Abb. 14a):**
Schmerzhafte Dysplasie-
Hüftarthrose (55 Jahre, m.)

Der Trend geht vermehrt in Richtung zementfreier Implantationen, da die mittelfristigen Resultate mit dem zementfrei implantierten BiCONTACT-Schaft sehr gut sind.

Möglichst ohne Zement

An der BG-Unfallklinik Tübingen wurde in den Jahren 1986 bis 1996 die Indikation zur zementfreien Implantation erheblich ausgeweitet: Zu Beginn betrug die Relation 4:1 zugunsten der zementierten Prothese, jetzt – nach 10jähriger Erfahrung – beträgt das Verhältnis 9:1 zugunsten der zementfreien Implantation. Die gegenwärtige Strategie besteht pauschal ausgedrückt darin, wo immer möglich ohne Zement auszukommen; die Indikation für die Verwendung von Zement ist auf spezielle Fälle begrenzt.

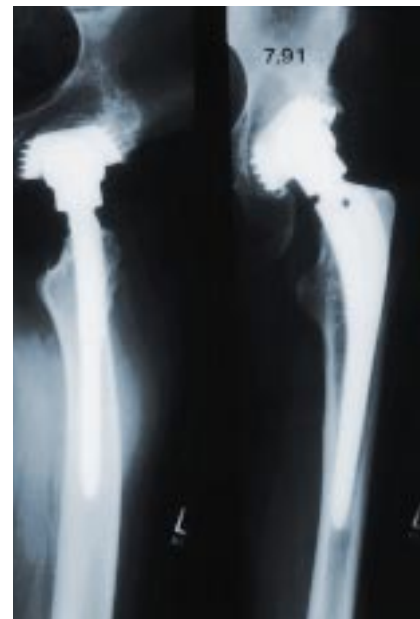
Die endgültige Entscheidung orientiert sich nach Weller an der intraoperativen Situation: Wenn die intraoperative Begutachtung eine stabile Implantation erreichbar erscheinen läßt, wird auf Zement verzichtet; wenn nicht, wird Zement eingesetzt. Die Modularität des von ihm mitentwickelten BiCONTACT-Systems

erlaubt diese flexible Strategie problemlos (s. Beitrag „Biologische Zustände erhalten...“).

In einer prospektiven Studie an Patienten mit zementfrei implantierten Prothesen wurden nur sehr selten Oberschenkel-Schmerzen beobachtet. Dennoch konzidierte Weller, daß die langfristige Effektivität der nicht-zementierten Prothese noch durch entsprechende klinische Langzeitstudien bestätigt werden muß. Er gab zu bedenken, daß die guten Ergebnisse, die bei der Nachbeobachtung von Charnley's Patienten mit zementierter Prothese festgestellt wurden, bislang von keiner anderen Klinik erreicht und bestätigt werden konnten.

Schaft immer mit Zement

Judet, Hôpital Tenon, Paris, Frankreich, vertritt eine diametral entgegengesetzte Position: Er setzt Schaftimplantate seit geraumer Zeit aufgrund schlechter eigener Resultate mit der zementlosen Implantation ausschließlich unter Verwendung von Zement ein, bei der Pfanne hängt die Strategie von der Knochenqualität ab (s. Interview). Es gibt keine klinischen Studien, aus denen schlüssig hervorgeht, welche Pati-



▲ **Abb. 14b): Zementfreie Technik:**
Endoprothetischer Gelenkersatz mit
BiCONTACT-Prothese

enten von welcher Strategie am besten profitieren, betonte Judet, und es gibt keine gesicherten prädiktiven Faktoren, aufgrund derer im Einzelfall sicher entschieden werden kann, ob der Patient für die eine oder andere Methode besonders geeignet ist. ◀

Keramik-Keramik-Gleitpaarungen haben Vorteile

Vortrag: „Ceramic-on Ceramic Articulation: Biomechanical Considerations and Clinical Outcome“

Prof. J. Witwoet, Hôpital Lariboisiere, Paris, Frankreich

Mit Hüftgelenkendoprothesen, bei denen beide Gleitlager aus Keramik bestehen, werden mittlerweile gute klinische Ergebnisse erzielt. Die Bruchgefahr scheint gebannt.

Einer der Hauptgründe für das langfristige Versagen von Endoprothesen mit PE-Oberflächen ist der Abrieb und die dabei entstehenden Partikel. Gelenke, in denen beide Oberflächen aus Aluminium-Oxyd-Keramik bestehen, haben in dieser Hinsicht einige prinzipielle Vorteile:

- Der Reibungskoeffizient ist sehr niedrig;
- es entsteht – gegenüber Metall-PE-Paarungen – um den Faktor 4.000 weniger Abrieb;
- die Biokompatibilität des Keramik-Abriebs ist wesentlich besser als die des PE-Metall-Abriebs. Die Keramik-Abriebpartikel lösen, wenn sie ins Gewebe gelangen, schwächere inflammatorische Reaktionen aus.

Um die Vorteile der Aluminium-Keramik nutzen zu können, muß allerdings die Qualität sehr hoch, die Oberflächenbearbeitung sehr gut und eine Qualitätskontrolle des Herstellers gewährleistet sein, betonte Witwoet, Hôpital Lariboisiere, Paris, sonst kann es zu den früher beobachteten Abriebphänomenen und Brüchen kommen, welche die Keramiktechnik etwas in Mißkredit gebracht haben. Auch ist eine präzise chirurgische Implantationstechnik erforderlich. Die Clearance zwischen Pfanne und Kopf darf einen bestimmten Wert nicht übersteigen, und die Inklination der Pfanne muß unter 50 Grad liegen. Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen erlebte Witwoet während seiner fast 20jährigen Erfahrung mit Keramik-Keramik-Prothesen vier Hüftkopf-Brüche – davon drei in der Anfangszeit – und einen traumatischen Pfannenbruch. Eine französische Sammelstatistik an über 100.000 Keramik-Köpfen errechnete eine Frakturrate des Kopfes von 0,03% bis 1,0%, je nach Fabrikat.

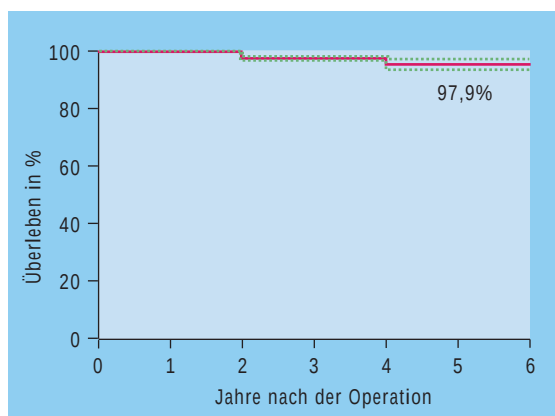
Als Femurprothese verwendet Witwoet seit 1977 unverändert einen zementierten Schaft aus einer glatten Titan-Legierung mit einem 32 mm Kopf aus Aluminium-Keramik. In 19 Jahren betrug die Überlebensrate hinsichtlich der mechanischen Stabilität 97,4%. Die Pfanne bestand bis 1983 aus reiner Keramik, und wurde direkt einzementiert; aufgrund der beträchtlichen Rigiditätsunterschiede zwischen Zement und Keramik kam es je-

doch zu Brüchen zwischen Zement und Keramik – im Zeitraum von zehn Jahren versagte die Pfanne in 13,7%. Daher wurde ab 1984 ein Keramik-Inlay in einem Titan-Schraubring verwendet. Mit dieser Technik betrug die Überlebensrate der Pfannen 98,15% in 8 Jahren, bei 90,7% guten oder ausgezeichneten klinischen Resultaten. Die röntgenologische Migrationsrate lag mit 10,1% vergleichsweise hoch.

Aluminium-Keramik als Gleitlager

Wegen der hohen Migrationsrate wurde ab 1990 die Fixation der Pfanne nochmals modifiziert. Seitdem wird als Träger des Aluminium-Keramik-Inserts ein „Press-fit“-Cup aus Titan (zementfrei) implantiert (Abb. 15), um ein gutes, direktes An- bzw. Einwachsen von Knochengewebe zu ermöglichen. Mit dieser Technik beträgt die 6-Jahres-Überlebensrate 97,9% (Kaplan-Meier-Analyse). Bislang wurden bei insgesamt 259 implantierten Prothesen nur drei aseptische Lockerungen beobachtet. Weder am Schaft noch am Acetabulum wurden Osteolysen beobachtet – vermutlich wegen des geringen Abriebs.

Aluminium-Keramik ist also – bei hochwertiger Qualität – ein sehr gutes Gleitlager. Besonders gut sind die Ergebnisse mit Keramik-Keramik-Prothesen bei jüngeren Patienten unter 50 Jahren. Osteolysen werden nicht induziert. Angesichts des Preises setzt Witwoet Keramik-Keramik-Prothesen bei Patienten ein, deren Lebenserwartung über 10 Jahren liegt, die körperlich aktiv sind und die einen guten „bone stock“ aufweisen.



▲ Abb. 15: 6-Jahres-Überlebensrate von Keramik-Keramik-Hüftgelenkendoprothesen (Primäroperation). Titanschaft mit Kopf aus Aluminium-Keramik, „Press-fit“-Cup aus Titan mit Aluminium-Keramik-Insert

So ließe sich der Polyethylen-Abrieb vermindern

Interview mit Prof. J. Fisher, Department of Mechanical Engineering, Leeds University, Großbritannien



implant: Der Abrieb von Polyethylen ist ein wichtiger Faktor bei der aseptischen Lockerung – was geschieht dabei?

Fisher: Polyethylen-Partikel – sie entstehen, wenn der Femurkopf in der PE-Pfanne gleitet – gelangen in das umgebende Gewebe. Dort rufen sie komplexe Zellreaktionen hervor, die zur Knochenresorption führen. Der Prozeß ist also initial mechanisch, durchläuft dann eine biologische Phase mit Knochenresorption und ist im Endstadium aufgrund des Knochenverlusts erneut mechanisch.

implant: Wie läßt sich der PE-Abrieb vermindern?

Fisher: Gegenwärtig gibt es zwei Möglichkeiten, die unmittelbar in die klinische Praxis umgesetzt werden können. Die eine ist die Verwendung von Köpfen aus Keramik, die erheblich kratzfester sind; klinische Studien haben gezeigt, daß der Abrieb dadurch halbiert wird.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, die Sterilisation von Polyethylen mittels Gamma-Bestrahlung unter Luft durch alternative Sterilisationsmethoden zu ersetzen; Laboruntersuchungen haben gezeigt, daß der Abrieb dadurch um den Faktor 2 bis 3 reduziert wird.

implant: Warum ist Keramik in Bezug auf den PE-Abrieb besser als die verbreitet eingesetzten Metall-Legierungen?

Fisher: Keramik ist viel härter als Edelstahl und Metall-Legierungen. Wir wissen, daß die Oberfläche der implantierten Metallköpfe durch kleine Partikel, sogenannte „third body“-Partikel, abgenutzt wird. Diese Partikel entstammen dem Zement, dem Knochen und dem Metall (Abb. 16). Sie zerkratzen die Oberfläche, und raue Köpfe führen zu PE-Abrieb der Pfanne. Wir haben die Situation im Labor simuliert und dabei einen dramatischen Anstieg des Abriebs beobachtet, wenn wir die Köpfe zerkratzen. Wir haben dabei ferner festgestellt, daß einzelne Kratzer von weniger als 1 Mikrometer die Abriebrate um das 5- bis 20fache emporschnellen lassen. An explantierten Köpfen haben wir eine Korrelation zwischen Ausmaß der Kopfschädigung und dem Abrieb gefunden: Köpfe mit beschädigter Oberfläche waren mit einer höheren volumetrischen Abriebrate und mit einer größeren Zahl von Abriebpartikeln assoziiert.

implant: Ist Keramik gegenüber „third-body“-Schäden widerstandsfähiger?

Fisher: Untersuchungen an explantierten Schäften haben gezeigt, daß Köpfe aus Aluminium-Keramik weniger leicht „third-body“-

Schäden erleiden.

Mit unseren Simulationsversuchen fanden wir heraus, daß Keramik-Köpfe sich nur sehr schwer zerkratzen lassen und extrem resistent gegenüber mechanischer Schädigung sind. Es war nicht möglich, derart starke Schäden zu setzen, daß der Abrieb verstärkt wurde. Der PE-Abrieb war bei Keramikköpfen gegenüber Metallköpfen um den Faktor zwei bis zehn niedriger.

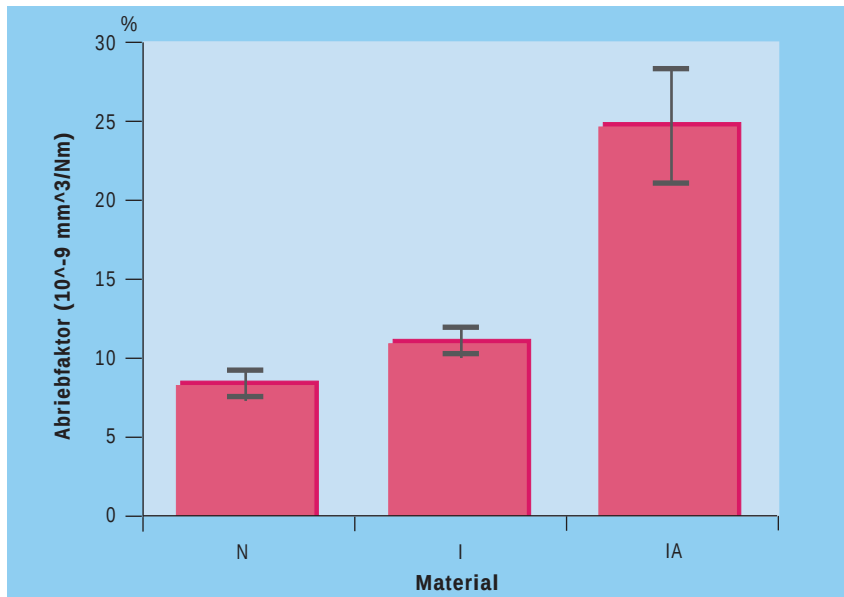
Auf alternative Sterilisationsmethoden übergangen

implant: Als zweite Möglichkeit der Abriebreduktion nannten Sie die Sterilisationstechnik.

Fisher: In Europa gehört die Sterilisation mittels Gamma-Bestrahlung unter Luft zu den Standardmethoden. Die Energie dieser Strahlung erzeugt freie Sauerstoffradikale und bricht die Polyethylen-Molekülketten auf. Das Molekulargewicht nimmt ab, und langfristig werden die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigt, insbesondere die Widerstandsfähigkeit



◀ Abb. 16: Hüftendoprothesen mit Keramik- bzw. Metallkopf



▲ Abb. 17: Einfluß der Gamma-Bestrahlung auf den PE-Abrieb. N = nicht sterilisiert, I = mit Gamma-Strahlen behandelt, IA = Gamma-Bestrahlung + Alterung

und die Geschmeidigkeit. Nach der Sterilisation werden die Komponenten oft lange Zeit gelagert. Wir haben drei Untersuchungen durchgeführt, um den Einfluß des Alterungsprozesses während der Lagerung nach der Sterilisation auf den PE-Abrieb zu analysieren. Die wichtigsten Ergebnisse sind (Abb. 17):

- Nach Bestrahlung über fünf Jahre zeigte eingelagertes PE im Vergleich zu nicht-bestrahltem Material stärkere oxidative Degeneration und einen 3fachen Anstieg der Abriebrate. Bei zehnjähriger Lagerung ergaben sich noch erheblich höhere Abriebraten;
- erhöhte oxidative Degradation und Rauhig-

keit des Gleitpartners wirkte synergistisch und ließ den Abrieb bis auf das 1.000fache ansteigen.

implant: Was ist daraus für die praktische Anwendung abzuleiten?

Fisher: In Europa sollte die Methode der Polyethylen-Sterilisation sofort umgestellt werden: entweder auf Ethylenoxid oder auf Gasplasma, die beide ohne Bestrahlung auskommen. Sollte dennoch weiter bestrahlt werden, dann in Gegenwart eines inerten Gases, wie Stickstoff oder Argon, oder im Vakuum.

implant: Sind Sie sicher, daß diese Methoden nicht zu den gleichen Problemen führen?

Fisher: Eine Reihe vergleichender Untersuchungen hat gezeigt, daß die alternativen Methoden besser sind als Bestrahlung unter Luft.

Implant: Herr Professor Fisher, wir danken Ihnen für die Beantwortung unserer Fragen. ◀

Impressum

Herausgeber

Springer-Verlag GmbH & Co. KG
Wissenschaftliche Kommunikation
Tiergartenstraße 17
69121 Heidelberg

Fachredaktion Medizin:

PD Dr. Beate Fruhstorfer
(Leitung)
Silvia Hasse (verantwortlich)
Doris Berger
Dr. Monika Dielmann
Dr. Andrea Groß
Ursula Hilpert
Dr. Nana Mosler
Dr. Frank Sommerauer



Berichterstattung:
Dr. Fritz Schnitger, Germering

© Springer-Verlag
Berlin, Heidelberg 1997

Grafische Konzeption:
Künkel + Lopka Werbeagentur

Grafische Gestaltung: Buske, Leimen

Druck: Heidelberger Reprographie
A. Grosch GmbH



Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem,
umweltfreundlich hergestelltem Papier

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Periprothetische Infektion: Der Wettlauf zwischen Bakterien und Fibroblasten

Vortrag: „Periprosthetic Infection: Bacteria and the Interfaces between Prosthesis and Bone“

Dr. Lars Frommelt, ENDO-Klinik Hamburg

Periprothetische Infektionen werden von bestimmten Erregern hervorgerufen, die in der Lage sind, auf künstlichen Oberflächen zu kolonisieren. Bis sie von hier aus ins Gewebe eindringen und eine Infektion hervorrufen, können Monate oder gar Jahre vergehen.

Die Erreger haften zunächst physikochemisch an die Oberfläche an. Sie produzieren Glykokalix, eine Art wasserlöslichen Schleim. Hier sind die Bakterien vor der Immunabwehr geschützt, und ihre ungehinderte Vermehrung beginnt, erläuterte Frommelt, ENDO-KLINIK Hamburg. Dabei besteht eine Art Wettlauf zwischen den Keimen und den Fibroblasten des Empfängers. Denn: die Bildung einer Zellschicht auf dem Fremdmaterial kann die Haftung und damit die bakterielle Kolonisation verhindern. Die auf der Implantat-Oberfläche siedelnden Keime reduzieren ihren Stoffwechsel. Die Verdoppelungszeit ist auf bis zu 25 Stunden (statt normalerweise 35 Minuten) verlängert, und Antibiotika verlieren ihren Angriffspunkt: Sie wirken nur während der Vermehrung und bei intaktem Stoffwechsel des Bakteriums. Auch die Glykokalix gewährt Schutz vor Antibiotika.

Aus der Oberflächenbesiedelung manifestiert erst dann eine Infektion, wenn die Erreger in das umliegende Gewebe eindringen und dort ihre volle Vitalität zurückgewinnen. Über eine lokale Osteomyelitis entsteht eine periprothetische Infektion.

Meist liegt der Besiedelung eine exogene, intraoperative Kontamination des Implantats

Nr.	Spezies	n	%
1	Staphylococcus epidermidis/spp.	441	41,95
2	Staphylococcus aureus	282	26,18
3	Propionibacterium spp.	93	8,64
4	Streptococcus spp.	66	6,13
5	Pepiostreptococcus spp.	44	4,09
6	Pseudomonas aeruginosa	40	3,71
7	Enterococcus spp.	24	2,23
8	Carynebacterium spp.	15	1,39
9	Escherichia coli	11	1,02
10	Candida albicans	9	0,84
11	Proteus spp.	8	0,74
12	Bacteroides spp.	6	0,56
13	Enterobacter spp.	6	0,56
14	Klebsiella spp.	5	0,46
15	Serratia spp.	5	0,46
16	Haemophilus influenzae	5	0,46
17	Mycobacterium spp.	5	0,46
18	Salmonella spp.	3	0,28
19	Clostridium spp.	3	0,28
20	Citrobacter spp.	2	0,19
21	Listeria monocytogenes	2	0,19
22	Veillonella spp.	1	0,09
23	nicht identifiziert	1	0,09
Erreger 1 + 2			68,13
Erreger 1 - 4			82,90
Erreger sonst.			17,10

▲ **Abb. 18: Erreger periprothetischer Infektionen; Rangliste von 1.077 Isolaten (1985-1989)**

zugrunde, z.B. mit Keimen von der Haut des Patienten oder aus dem Operationssaal. Unter mehr als 1.000 im Zusammenhang mit periprothetischen Infektionen gewonnenen Isolaten dominierten zu mehr als zwei Dritteln Staphylokokken (*S. epidermidis*/spp. und *S. aureus*), gefolgt von *Propionibacterium* spp. und *Strep-*

tococcus spp. – alles „Mitglieder“ der physiologischen Hautflora des Menschen (Abb. 18).

Die Prophylaxe besteht also darin, Kontamination des Fremdmaterials zu vermeiden. Ist dies nicht garantiert, stellt die Integration von Antibiotika in das Implantat bzw. den Zement eine Alternative dar, die Kolonisation der Bakterien zu verhindern. Und das Implantatmaterial sollte so beschaffen sein bzw. modifiziert werden, daß die Integration der Prothese ins Gewebe rasch erfolgen kann, damit die Chancen im Wettlauf mit den Bakterien optimal sind.

Systemische antibiotische Therapie allein vermag die Bakterien in dem Biofilm auf der Implantat-Oberfläche nicht zu treffen – von ihnen geht also zwangsläufig eine Reinfektion des umliegenden Gewebes aus, sobald die

Antibiotikatherapie beendet wird. Daher ist bei manifester periprothetischer Infektion eine chirurgische Intervention notwendig: Die Revision umfaßt radikales Débridement von infiziertem Gewebe und Knochensequestern sowie die vollständige Entfernung des gesamten Implantatmaterials inklusive Zementanteilen. ◀

Hüftpfannen-Revision: Knochenchips mit Zement impaktiert

Vortrag: „Cemented Revision Arthroplasty of the Acetabulum with Impaction Grafting“
Prof. T.J.J.H. Slooff, Academisch Ziekenhuis, Nijmegen, Niederlande

Die Impaktion von Knochenchips mit Zement kombiniert den Vorteil einer biologischen Methode mit dem Vorteil des Zements, insbesondere seiner hohen Primärstabilität.

Das Hauptproblem von Revisionsoperationen beruht auf dem Verlust von tragfähigem Knochen, der durch verschiedene Faktoren induziert wird: durch den Lockerungsprozeß selber, durch Knochenlyse, durch Infektionen und durch die Manipulationen bei der Entfernung der Prothese und des Zements. Die Instabilität des Implantats führt zu einem progressiven Knochenverlust, und es entwickelt sich ein Circulus vitiosus. Am Acetabulum entstehen oftmals kombinierte, zentrale und periphere kavitär-segmentale Defekte.

Bei der Rekonstruktion müssen diese Knochenverluste ausgeglichen werden. Slooff, Nijmegen, entwickelte dafür eine standardisierte Technik, bei der die Vorteile der Transplantation von Knochenchips als biologische Methode mit den Vorteilen des Zementierens, das ist vor allem die hohe Primärstabilität, kombiniert wird. Knochenchips haben also den Vorteil, daß sowohl der Defekt mechanisch exakt aufgefüllt als auch die Osteogenese biologisch stimuliert wird.

Das Ziel ist eine rasche Verbindung des Transplantats mit dem Knochenbett des Empfängers und die komplette Inkorporation ohne mechanische Schwächung des Knochens. Denn: mechanische Schwächung des Knochens prädestiniert zur Pfannenwanderung. Die Inkorporation hängt dabei von der Zubereitung der Knochenchips und vor allem von der Größe

der Fragmente ab. Slooff verwendet Knochenchips aus eingefrorenen bindegewebsfreien Femurköpfen. Experimentell wurde eine Seitenlänge von 1 cm („Croutons“) als Idealgröße für die Rekonstruktion des Acetabulums und 0,5 cm für die Rekonstruktion des Femurbettes ermittelt.

Ziel ist die gute Verzahnung zwischen Zement und Knochen

Für eine gute Stabilität ist eine feste Impaktion der Chips in die Knochendefekte des Acetabulums erforderlich (Abb. 19). Sie bieten dann eine ideale Oberfläche für den anschließend eingebrachten Zement, damit dieser zwischen die Chips, jedoch nur bis zu einer Tiefe von 2-3 mm, eindringen kann mit dem Ziel einer guten Verzahnung zwischen Zement und Knochen.

Bei 60 Hüftgelenkpfannen-Revisionen wandte Slooff die Impaktation von Knochenchips mit Zement an. Die Nachbeobachtungszeit beträgt durchschnittlich 12 Jahre (10 bis 15 Jahre). Fünfmal mußte erneut revidiert werden, davon zweimal aufgrund einer Infektion und dreimal aufgrund aseptischer Lockerung. Nur auf das Ausbleiben einer aseptischen Lockerung bezogen, beträgt die Erfolgsrate also 94 % in durchschnittlich 12 Jahren. Wurden darüber hinaus röntgenologische Lockerungszeichen berücksichtigt, betrug die Erfolgsrate 85 %.

In Tierversuchen untersuchte Slooff diese Technik am Femurschaft. Die Reihenfolge der ablaufenden Prozesse war: Organisation von nekrotischem Empfängerknochen, Konsolidierung, Revaskularisation des Transplantats, Inkorporation, Remodelling des Transplantats. Zwischen Zement und neuem Knochen bestand ein direkter Kontakt. Biomechanisch führte die Impaktion von Knochenchips mit Zement zu einer direkten, stabilen Konstruktion. ◀

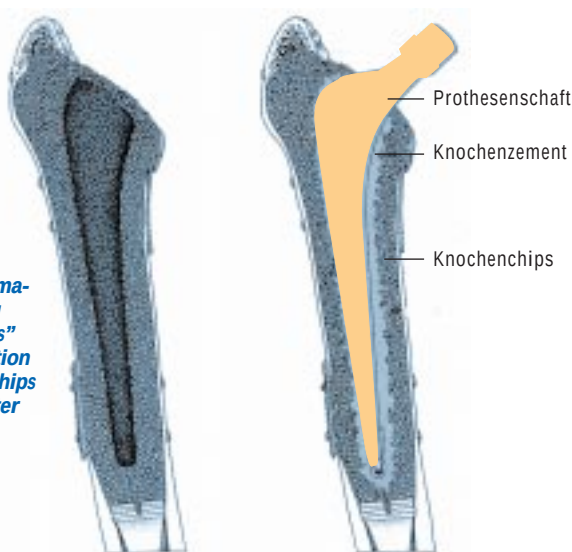


Abb. 19: Schematischer Aufbau der „Interfaces“ bei der Impaktion von Knochenchips bei zementierter Technik

Argumente für die zementfreie Revisions-Hüftendoprothese

Interview mit Dr. R. Volkmann, BG-Unfallklinik Tübingen



implant: Hüftgelenke werden bei jüngeren Patienten immer häufiger eingesetzt, damit werden die Patienten mit künstlichen Gelenken immer älter – und der Anteil an Revisionsoperationen nimmt entsprechend zu. Worin bestehen die speziellen Probleme des Revisionseingriffs?

Volkmann: Zum einen sind die Patienten älter und auch multimorbid. Ferner ist aufgrund der vorausgegangenen Eingriffe die Weichteilsituation durch Narbenbildung oftmals schwieriger; dadurch ist nicht zuletzt die Infektionsgefahr erhöht. Das Hauptproblem ist aber der zunehmende Knochenverlust; wenn es nicht gelingt, den Knochen wieder aufzubauen, wird die erforderliche Stabilität für das Implantat langfristig nicht zu erreichen sein.

implant: Wodurch entsteht der Knochenverlust?

Volkmann: Es gibt verschiedene Ursachen und Erklärungen: Gesichert ist, daß zelluläre Abwehrmechanismen im Spiel sind. Diese gehen vor allem auf den Materialabrieb (Polyethylen, Metall, Zement etc.) mit entsprechenden zellulären Abwehrmechanismen zurück. Außerdem gibt es eine Reihe weiterer Faktoren: die unzureichende Primärstabilität der Implantate (Osteoporose, Implantationsfehler, Infektionen etc.), die Knochenverlust fördern.

implant: Hängt der Knochenverlust auch davon ab, ob die Primärimplantation mit Zement oder zementfrei erfolgte?

Volkmann: Die modernen zementfreien Konzepte sind von vornherein darauf ausgerichtet, Knochenverluste zu vermeiden. Schon bei der Primärimplantation sollte man heute Implantate wählen, die knochensubstanzsparend eingebaut werden, um möglichst viel lebenden Knochen zu erhalten und ihm ein gutes biologisches Umfeld zu bieten. Wenn man ein zusätzliches Füll- bzw. Bindemittel wie Zement benutzt, muß man dafür einen zusätzlichen Raum schaffen, der wiederum Knochen kostet und so die Ausgangssituation verschlechtert – abgesehen davon, daß Zement selber altert, und es statt einer Grenzschicht zwei Grenzschichten gibt, man also die Problemzonen verdoppelt. Auch muß der alte Zement bei der Revisionsoperation entfernt werden, wodurch ein weiterer Substanzverlust entsteht.

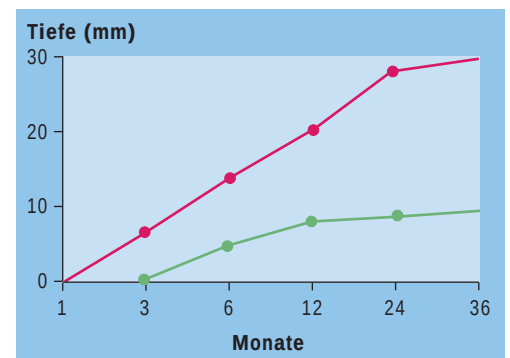
Überbrückungs-Strategie

implant: Wie lautet Ihre Strategie gegen den Knochenverlust?

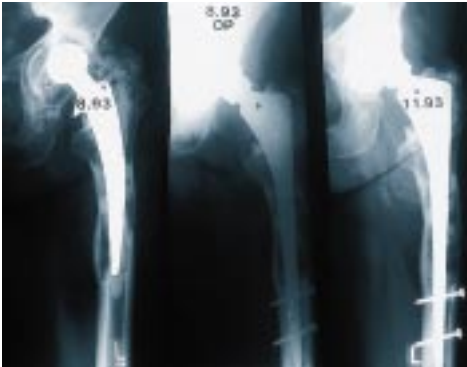
Volkmann: Es gibt unterschiedliche Strategien, um das Problem des Knochenverlusts zu bewältigen. Wir bevorzugen die Strategie der Überbrückung des Defektes mit einem entsprechenden Implantat – sowohl im Pfannen- als auch im Schaftbereich. Das überbrückende Implantat übernimmt die Kraftübertragung für den Zeitraum, den man dem sich neu bilden den Knochen lassen muß, damit er in tragfähigen, lamellären Knochen umgebaut werden kann.

implant: Was heißt Überbrückung?

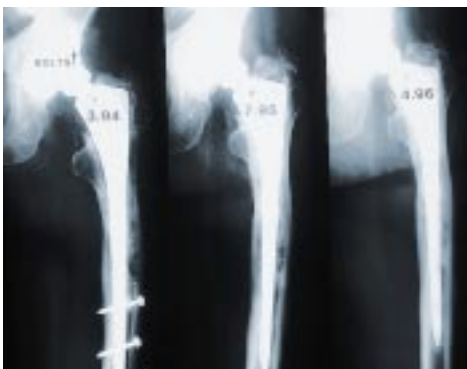
Volkmann: Im Schaftbereich bedeutet das, daß die Prothese entsprechend lang ist, für den Pfannenbereich, daß man den mit einem biologischen Transplantat aufgefüllten Defekt mit einem Abstützring überbrücken und sichern



▲ Abb. 20: Nachsintern des Revisionsschafts mit (grün) und ohne (rot) Verriegelung (GV-Defekt, n = 20)



▲ **Abb. 21a):** Patient E.D., w., 72 Jahre: **Komplette Hüftprothesenlockerung links nach Erstimplantation vor 12 Jahren mit ausgeprägtem Pfannen- und periprotetischem Schaftknochendefekt. Revision 8/93 mit Pfannenaufbauplastik und zementfreiem Schraubring (Modell München, AESCULAP) sowie verriegelter BiCONTACT-Revisionsprothese. Nach 3 Monaten Belastungssteigerung der anfänglichen Teilbelastung von 20 kg.**



▲ **Abb. 21b):** 7 Monate nach Revisionsoperation „Dynamisierung“ der Schaftprothese durch Entfernung der Verriegelungsbolzen. Im Verlauf minimales und kurzfristiges Nachsetzen des Schaftimplantats bis zur stabilen intertrochantären Verkeilung. Bis zum letzten Kontrolltermin (4/96) keine Implantatmigration feststellbar.

muß. Dabei kommt es darauf an, daß einerseits möglichst wenig Hohlräume zwischen dem Implantat und dem noch vorhandenen Knochen bestehen bleiben und andererseits das Implantat stabil am autochthonen Knochengerüst verankert wird. Hierzu muß der vorhandene Knochen im Schaftbereich nötigenfalls zugerichtet werden, damit er sich besser um die Prothese herumlegen läßt. Große Hohlräume müssen mit Knochen-Transplantaten aufgefüllt werden. Da die Möglichkeiten zur Entnahme von Knochen beim Patienten selber begrenzt sind, werden in der Regel Allografts – aus Hüftköpfen von den

Primäroperationen (Knochenbanken u. a.) – oder in Zukunft auch synthetische Knochenersatzmittel verwendet.

implant: *Wie gut ist die Primärstabilität des nach dieser Strategie eingesetzten Revisionsschafts?*

Volkman: Die Primärstabilität sollte so gut sein, daß der Patient innerhalb der ersten 1-2 Wochen aufstehen kann – im Bett mobilisiert wird er natürlich schon früher. Die betroffene Extremität wird bei uns im ersten Vierteljahr unter Zuhilfenahme von Gehstützen mit 20kg teilbelastet. Anhand regelmäßiger Röntgenkontrollen wird geprüft, ob sich der Knochen aufbaut. Ist das der Fall, werden Belastungssteigerungen erlaubt, pro Woche etwa 10kg mehr.

Schaft-Verriegelung

implant: *Nach sechs bis neun Monaten entriegeln sie den BiCONTACT-Revisionschaft – welche Philosophie steckt hinter dieser Strategie?*

Volkman: Wir wissen, daß sich der Knochen bei dieser Technik im ehemaligen – meist proximalen – Defektbereich durch Osteoneogenese wie nach einer Fraktur gut remodelliert. Aber: Der neugebildete Knochen kann nicht direkt an das Implantat heranwachsen, weil die Mikrobewegungen des 200 - 400 mm langen Revisionsschafts das verhindern. Es kann somit der angestrebte „bony ongrowth“ von Knochengewebe in die Oberfläche des Implantats nicht erfolgen, und es verbleibt eine dünne Granulationsgewebsschicht.

Wir befürchten, daß durch das unvermeidliche Schwingen des Implantats der Stiel distal langsam auslockert und nach unten sinkt. Diese Gefahr ist umso größer, je weniger der neugebildete Knochen „ausgehärtet“ ist (Abb. 20). Deshalb wird bei der Operation das untere Ende des Schaftes durch Bolzen im intakten Knochen stabilitätsverbessernd verriegelt (ähnlich wie bei der Verriegelungstechnik des

Marknagels). Dadurch wird der Knochen in der Zeit, in der er sich zu Lamellenknochen umbaut, nicht durch ständiges Nachsintern des Implantats weggedrückt.

Wenn der Umbau von Geflecht- in Lamellenknochen abgeschlossen und dieser voll belastungsfähig ist, nehmen wir die Bolzen heraus, so daß das Implantat um die wenigen Millimeter, die das Granulationsgewebe ausmacht, absinken kann: dann sitzt der Schaft in dem tragfähigen Knochen wieder fest (Abb. 21a,b).

implant: *Die Kraftübertragung erfolgt in der ersten Zeit in stärkerem Maß über die Bolzen, das heißt auf relativ kleinen Flächen – geht das ohne Probleme?*

Volkman: Natürlich erfolgt die Kraftübertragung nicht nur über die Bolzen. Doch tatsächlich sind die Bolzen in der Anfangszeit, als wir noch 3,5 mm-Bolzen verwendeten, des öfteren gebrochen. Seit wir 5 mm-Bolzen einsetzen, beobachten wir Brüche praktisch nicht mehr. Auch iatrogene Berstungsfrakturen des Femur sind selten geworden, seit wir die Prothese nicht mehr absolut fest in der Diaphyse impaktieren, sondern die notwendige Reststabilität (Rotation!) mit den Bolzen herstellen.

implant: *Dieses Problem würde man doch umgehen, wenn man die Prothese mit Zement verankert?*

Volkman: Man würde das Problem vor sich herschieben. Wir meinen, daß Zement eine leblose Bindschicht ist, die nur Probleme macht. Natürlich wird mitgeteilt, daß mit Zement eingebrachte Implantate mehr als 20 Jahre gut funktionieren können – das soll nicht in Abrede gestellt werden. Dennoch beobachten wir eine wachsende Zahl von Spätauslockerungen, die mitunter mit erheblichen Knochen-Substanz-Verlusten und -schäden einhergehen. Das Dilemma beim Vergleich mit Zementsystemen ist, daß die neuen zementfreien Systeme die langen Untersuchungszeiträume nicht vorweisen können, weil sie eben noch nicht so lange verwendet werden.



▲ **Abb. 22a): Patient C.H., w., 80 Jahre:** Hüftpfannenlockerung rechts nach 2maligem Prothesenwechsel, zuletzt mit Abstützring ohne Spongiosaplastik in auswärtiger Klinik.

schnittlichen Beobachtungszeit von sieben Jahren nachuntersucht. Wir haben in dieser Serie keine Lockerung und keine erkennbare Migration festgestellt. In allen Fällen fanden wir einen hervorragenden Knochenaufbau. Nachuntersuchungen mit der Positronen-Emissions-Tomographie (PET), welche die Vitalität des Knochens visualisiert, haben gezeigt, daß der eingebrachte Fremdknochen nach einer gewissen Zeit vaskularisiert und re-vitalisiert wird. Histologische Bilder von Biop-

von bis zu sechs Jahren hinweg, meist mit ausgeprägten Knochendefekten Grad IV - VI. Auch hier funktionierte das Remodelling in den meisten Fällen, wobei verständlicherweise das Lebensalter der Patienten eine Rolle spielte. Die sieben Fälle, in denen sich das Revisions-implantat frühzeitig lockerte und ausgetauscht werden mußte, betraf sehr alte Patienten mit hoher Rate postmitotischer Zellen, das heißt mit beschränkter Osteoneogenese. Es hat sich ferner bestätigt, daß die temporäre Verriegelung das ausgeprägte Tiefertreten des Implantats tatsächlich verhindern kann.

implant: Die Erfahrung zeigt, daß viele Patienten erst in die Fachklinik geschickt werden, wenn die Knochendefekte nach der Primäroperation bereits sehr groß sind. Wann sollte ein Patient mit Hüftgelenkendoprothese zur Überprüfung der Revisionsindikation in die Fachklinik kommen?

Volkmann: Sobald Schmerzen beklagt werden und radiologisch Migrationsverhalten oder Lysezonen um die Implantate erkennbar sind. Die Schmerzsituation ist auch heute noch das Leitsymptom, das zum Wechsel führt. In solchen Fällen darf nicht geruht und es muß alles unternommen werden, um aseptische Lockerung und Infektionen nachzuweisen oder sicher auszuschließen.

implant: Herr Dr. Volkmann, wir danken für die Beantwortung unserer Fragen.

implant: Wie realisieren Sie Ihre Revisionsstrategie im Pfannenbereich?

Volkmann: Dort ist das Prinzip identisch, d.h., ausgeprägte Knochendefekte werden aufgefüllt. Für die Stabilisierung der Pfanne benutzen wir einen Abstützring, der sich distal und proximal am noch lebenden autochthonen Knochen sicher abstützen können muß; der darunter befindliche Hohlraum wird mit Knochen aufgefüllt und impaktiert. In den Abstützring wird die PE-Pfanne mit Zement „eingeklebt“. Den Zement brauchen wir hier also nur, um eine Verbindung zwischen PE-Pfanne und Abstützring zu schaffen, nicht zur Verankerung im Knochen – de facto ein zementfreies Vorgehen (Abb. 22 a-d).

Bislang sehr gute Ergebnisse

implant: Welche Ergebnisse haben Sie bisher mit der Revisionsstrategie erzielt?

Volkmann: Wir haben in einer retrospektiven Studie 100 Revisionspfannen nach einer durch-

sien ließen keinen Unterschied zwischen Fremdknochen und autochthonem Knochen erkennen. Es erfolgt also ein komplettes Remodelling des Knochens.

implant: Waren die Ergebnisse am Schaft ebenso gut?

Volkmann: Wir begleiten mittlerweile mehr als 150 Revisionschäfte über einen Zeitraum



▲ **Abb. 22c):** Die postoperative Beckenübersichtsaufnahme läßt die große Pfannenbodenplastik eindrucksvoll erkennen. Zu diesem Zeitpunkt war die Patientin an Unterarmgehstützen mit Teilbelastung von 20 kg mobilisiert. Vollbelastung wurde 3 Monate postoperativ erreicht.



▲ **Abb. 22d):** Im Laufe des ersten Jahres gute Strukturierung des Pfannenbodens, stabiler Sitz der Revisionsprothese, Patientin belastet voll mit noch geringen (wirbelsäulenbedingten?) Restbeschwerden. Zur Sicherheit wird ein Handstock getragen.