

Berliner Seminare

Ausgabe 1 | 2014



Knochenzemente + Moderne Zementiertechnik

Grundlagen: Physik, Chemie, Bestandteile	6
Moderne Zementiertechnik	12
Pro und kontra: Zementierte Hüftendoprothetik	20
Lokale Antibiose	27
Zemententfernung	40
Risiken und Nebenwirkungen	44
Wirbelsäule, Alterstraumatologie, Onkologie	50

BIOMET



Liebe Leserin, lieber Leser,

weltweit war in den letzten Jahren ein starker Trend hin zur zementfreien Endoprothetik zu verzeichnen. Erstmals gab es in Deutschland von 2012 auf 2013 allerdings eine gegenläufige Bewegung. Die Zahl der zementierten primären Hüftschäfte wuchs um vier Prozent, während die der unzementierten stagnierte. Ob dies eine zufällige Momentaufnahme ist, oder ob sich hier eine Trendwende andeutet, wird erst die Zukunft zeigen. Immerhin bestätigt auch diese Nachricht, dass Knochenzement ganz offensichtlich ein unverzichtbares Medizinprodukt bleibt.

Jenseits der Hüfte ist das in der Endoprothetik ohnehin unstrittig. Zementierte Implantate sind beim Ersatz von Knie, Schulter und kleinen Gelenken nicht wegzudenken. Noch eindeutiger wird das Bild, wenn man über den Gelenkersatz hinausblickt. Ob Kyphoplastie, Schraubenaugmentation oder onkologische Rekonstruktion – die Einsatzgebiete für Zement sind zahlreich und vielfältig. Nicht zu vergessen die Infektionsprophylaxe und die Revision nach periprothetischer Infektion: Als Verankerungselement und lokaler Antibiotikaträger übernimmt der Zement hier gleich zwei wichtige Funktionen zum Nutzen des Patienten.

Dieser Bedeutung entsprechend ist über die Jahrzehnte eine Vielzahl von Arbeiten entstanden, die den Knochenzement aus unterschiedlichsten Blickwinkeln unter die Lupe nehmen. Im klinischen Alltag wird er in der Regel aber eher nur am Rande, als ein dienendes Element, wahrgenommen. Deshalb soll der Zement in dieser Ausgabe der Berliner Seminare ganz im Mittelpunkt stehen. Neben den materialwissenschaftlichen Grundlagen beleuchtet das Heft vor allem die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten und den klinischen Nutzen dieses vielseitigen Medizinprodukts. Aber auch die „Risiken und Nebenwirkungen“ werden aus der Nähe betrachtet. Damit hoffen wir, Ihnen in verdichteter Form einen umfassenden Überblick über alle wichtigen Aspekte des Einsatzes von Knochenzement zu geben. Ich wünsche viel Spaß beim Lesen!

Ihr Dr. Norbert Klas

Direktor der Geschäftseinheit Knochenzemente
und Biomaterialien, Biomet Deutschland GmbH

Physik und Chemie der Knochenzemente Dr. Rainer Specht	6	Zement als Antibiotikaträger in der Revision infizierter Endoprothesen Prof. Dr. Bernd Fink	32
Entwicklung der geschlossenen Vakuummischsysteme Dr. Rainer Specht	9	Modulare Spacer erzielen bessere Ergebnisse	36
Optimales Zementieren beim Hüftgelenkersatz Dr. Stefan Kinkel	12	Consensus Meeting: Zement und Antibiotika Ein Gespräch mit Prof. Dr. Thorsten Gehrke	38
Optimales Zementieren beim Kniegelenkersatz Prof. Dr. Michael Clarius	16	Zemententfernung in der Revisionsendoprothetik Prof. Dr. Daniel Kendoff	40
Optimiertes Zementieren in der Schulterendoprothetik Prof. Dr. Philip Kasten	18	Knochenzement und Allergie Prof. Dr. Peter Thomas	44
Zementierte Hüftendoprothetik: Pro: Für ältere Patienten deutlich besser Prof. Dr. Thorsten Gehrke	20	Thrombembolische Komplikationen bei der Hüftendoprothetik Prof. Dr. Christian Heisel	46
Kontra: Zementfrei auch in Registern überlegen Prof. Dr. Peter Aldinger	22	Knochenzement bei Wirbeldefekten Dr. Markus Markart	50
Fortbildung in Theorie und Praxis des Zementierens Dr. Norbert Klas	24	Zement in der Osteosynthese und Schraubenaugmentation Dr. Alexander Rübberdt	54
Vancomycin im Knochenzement muss Mittel der letzten Wahl bleiben Dr. Norbert Klas	27	Defektauffüllung mit Knochenzement in der orthopädisch-onkologischen Therapie von Skelettmetastasen Prof. Dr. Andreas Kurth	58
Knochenzement und Antibiotika Dr. Lars Frommelt	28		

Physik und Chemie der Knochenzemente

von Dr.-Ing. Rainer Specht



Dr. Rainer Specht ist Senior Project Manager Bone Cements bei Biomet Deutschland

Im Jahr 1902 beschrieb der Chemiker Otto Röhm erstmals die Synthese von Methylmethacrylat, dem Methylester der Methacrylsäure, einer farblosen Flüssigkeit mit einem charakteristischen Geruch. Diese Substanz wird unter anderem als Grundsubstanz für Acrylglas, zum Beispiel unter dem Markennamen Plexiglas, verwendet. Aus ihr wurde in den 1950er-Jahren in England der Knochenzement entwickelt. Dabei wurde auch auf Erfahrungen aus der Zahnheilkunde zurückgegriffen. Seit John Charnley Ende der 1950er Jahre die Knochenzemente in größerem Maßstab zur Fixierung von Hüftendoprothesen verwendete, ist Knochenzement aus Orthopädie und Unfallchirurgie nicht mehr wegzudenken.

Bestandteile

Um dem Zement eine für die Anwendung geeignete Konsistenz zu geben, wird er aus einem Pulver und einer Flüssigkeit angemischt. Der größte Teil des Pulvers besteht aus bereits polymerisiertem Polymethylmethacrylat (PMMA) in Form von feinen Kügelchen. Um die Handhabung zu optimieren, bestehen diese Kügelchen nicht aus reinem PMMA, sondern aus sogenannten Copolymeren, welche neben MMA auch andere Moleküleinheiten enthalten. Unter anderem in diesen Copolymeren unterscheiden sich die Zemente verschiedener Hersteller. Biomet verwendet für seine Zemente Methylacrylat-Methylmethacrylat-Copolymere. Die Art und Menge der Monomereinheiten beeinflussen eine Reihe von Eigenschaften des Zements. Dazu gehört etwa das Anquellverhalten

des Pulvers, wenn es mit dem Monomer gemischt wird, und damit auch die Handhabung und die mechanische Stabilität des Zements. Außerdem wird das Elutionsverhalten von Antibiotika aus dem Zement durch die Chemie des Zementpulvers beeinflusst. Neben diesen chemischen Parametern spielen auch Faktoren wie die Partikelgrößenverteilung der verwendeten Pulverteilchen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Zusätzlich zu den Copolymeren enthält das Zementpulver ein Röntgenkontrastmittel, meist Zirkondioxid (ZrO_2) oder Bariumsulfat ($BaSO_4$), sowie einen sogenannten Starter, der die radikalische Polymerisation in Gang setzt und für die kontrollierte Aushärtung des Zements sorgt. Bei

allen verfügbaren Zementen auf Acrylatbasis wird dafür Dibenzoylperoxid (BPO) verwendet. Die Flüssigkeit besteht bei den meisten Zementen aus dem monomeren Methylmethacrylat (MMA). Als weiteren wichtigen Bestandteil enthält sie einen sogenannten Initiator, welcher zusammen mit dem Starter im Pulver die Aushärtung des Zements kontrolliert steuert. Bei allen kommerziell erhältlichen Zementen ist dieser Initiator Dimethyl-p-Toluidin (DmpT). Reines MMA ist ohne einen sogenannten Inhibitor nicht lagerfähig, weil es von selbst polymerisieren würde. Aus diesem Grund wird allen Kochenzementen eine geringe Menge Hydrochinon als Inhibitor zugesetzt. Ein kleiner Anteil Chlorophyll sorgt für die Einfärbung, dank derer sich der Zement gut vom Knochen unterscheiden lässt. Bei Zementen von Biomet enthält dieser Farbstoff kein Erdnussöl.



Abb. 1: Nach dem Mischen von Pulver und Flüssigkeit findet eine Reaktion zwischen dem Starter (BPO) und dem Initiator (DmpT) statt

Substanz	Erläuterung
Polymethylmethacrylat	Bereits polymerisiert, pulverförmig, Hauptbestandteil
Monomeres Methylmethacrylat (MMA)	Flüssigkeit
Copolymere	U. a. Methylacrylat/Methylmethacrylat, beeinflussen Eigenschaften wie Anquellverhalten, Antibiotikaelution etc.
Dibenzoylperoxid (BPO)	Starter, initiiert und steuert zusammen mit dem Initiator die Polymerisation
Dimethyl-p-Toluidin (DmpT)	Initiator, initiiert und steuert zusammen mit dem Starter die Polymerisation
Hydrochinon	Inhibitor, verhindert spontane Polymerisation des MMA während der Lagerung
Chlorophyll	Farbstoff
Zirkondioxid (ZrO_2) oder Bariumsulfat ($BaSO_4$)	Röntgenkontrastmittel

Polymerisation

Nach dem Mischen von Pulver und Flüssigkeit findet eine Reaktion zwischen dem Starter (BPO) und dem Initiator (DmpT) statt (Abb. 1). Bei dieser Reaktion werden chemische Radikale gebildet, welche ihrerseits die für die Aushärtung verantwortliche Polymerisationsreaktion in Gang setzen. Es handelt sich um eine radikalische Kettenpolymerisation. Die einzelnen Moleküle des Monomers werden an bereits vorhandene Polymerketten angelagert. Dabei entstehen lineare Polymerketten ohne Quervernetzung, damit der Zement auch nach der Aushärtung bis zu einem gewissen Grad die Fähigkeit zum Kaltfluss behält. Diese Eigenschaft macht es langfristig möglich, dass

Spannungsspitzen im Zement abgebaut werden. In die chemische Reaktion der Kettenbildung sind nur die Monomermoleküle einbezogen. Die bereits vopolymerisierten Copolymerkügelchen werden lediglich – je nach Größe der Kügelchen – oberflächlich vom Monomer angelöst und dadurch fest in die sich bildende Matrix eingebunden. Die weiteren Komponenten wie das Röntgenkontrastmittel oder die Antibiotika werden ebenfalls integriert, ohne eine chemische Reaktion mit dem Zement einzugehen. Technisch gesehen handelt es sich bei dem Zement damit um einen Verbundwerkstoff.

Viskosität und Aushärtung

Makroskopisch verwandelt sich der Zement bei der Polymerisation von einer zunächst flüssigen, dann teigartigen Masse zu einem Festkörper. Diese Aushärtung dauert mehrere Minuten. Für den Anwender ist es äußerst wichtig, den zeitlichen Ablauf der Veränderung zu kennen, damit der Zement in der jeweils am besten geeigneten Konsistenz verwendet werden kann. Die Polymerisationsreaktion ist temperaturabhängig. Eine höhere Temperatur beschleunigt, eine niedrigere Temperatur verzögert die Reaktion und verlängert die Verarbeitungszeit, die dem Operateur zur Verfügung steht. Sie ist aus den Verarbeitungskurven abzulesen. Die Polymerisation ist zudem eine exotherme Reaktion, bei der Energie frei wird und die Temperatur steigt. Der Zement wird gegen Ende der Aushärtungsreaktion warm. Nach dem heutigen Stand des Wissens hat diese Erwärmung des Zements keine negativen Folgen für das umgebende Gewebe.

Knochenzemente werden nach ihrer Viskosität unterschieden. Den Hauptanteil bei den verwendeten Zementen stellen die hoch- und mittelviskösen Zemente dar, während die niedrigviskösen Zemente einen deutlich geringeren Anteil haben. Die Viskosität beschreibt die Fähigkeit des Zements, zu fließen: Niedrigviskös bedeutet flüssige Konsistenz, während hochviskös einen eher teigartigen Charakter beschreibt. Die Unterschiede in der Viskosität entspringen der bereits beschriebenen Auswahl der Copolymere.

Mechanische Eigenschaften

Die Hauptaufgabe des Knochenzements besteht darin, Endoprothesen fest und sicher im Knochen zu verankern. An den künstlichen Gelenken können sehr große Kräfte auftreten. Zudem kann die Belastungssituation sehr komplex sein. Es gilt, Überlagerungen von Druck-, Scher-, Biege- und Torsionsbeanspruchung zu

beachten. Der Zement muss die auftretenden Kräfte bereits unmittelbar nach dem Einsetzen des Implantats und anschließend über möglichst viele Jahre bewältigen können. Die Hersteller zielen deshalb bei der Entwicklung auf hochfeste Zemente, die besonders ermüdungsfest sind. Dieses Streben hat auch zur Entstehung der modernen Zementiertechnik geführt, bei der der Zement unter Vakuum angemischt wird (vgl. S.9f).

Elution von Antibiotika

Neben der mechanischen Funktion müssen Zemente auch die Elution von Antibiotika ermöglichen. Aus einer Reihe von Studien und insbesondere aus den nationalen Registern etwa in Schweden und Norwegen ist belegt, dass durch die Zumischung eines geeigneten Antibiotikums zum Knochenzement das Risiko für das Auftreten einer periprothetischen Infektion vermindert werden kann. Das Antibiotikum wird bei Kontakt mit den Körperflüssigkeiten aus dem Zement herausgelöst, in der Umgebung des Implantats entsteht eine hohe Konzentration von Antibiotikum. Etwas vereinfacht gesagt diffundiert Körperflüssigkeit in den Zement ein, löst das im Zement befindliche Antibiotikum auf, und diffundiert mit dem gelösten Antibiotikum aus dem Zement wieder heraus. In dieser antibiotikareichen Umgebung können Keime abgetötet werden, bevor sie sich an der Oberfläche des Implantats ansiedeln.

Die Elution von Antibiotika hängt unter anderem von der chemischen Zusammensetzung des Zements, also von der Art und Menge der Copolymere, ab. Auch die chemische Zusammensetzung und Struktur sowie physikalische Parameter wie etwa die Korngröße des Antibiotikums spielen eine wichtige Rolle. Unterschiedliche Antibiotika zeigen unterschiedliche Freisetzungsraten aus verschiedenen Zementen.

Literatur:

- Bergmann G, Graichen F, Rohlmann A. Hip joint forces during walking and running, measured in two patients. *J Biomech.* 26: 969-990 (1993)
- Charnley J. Anchorage of the femoral head prosthesis of the shaft of the femur. *JBJS* 42; Br: 28-30, 1960
- Frommelt L. Antibiotic Choices in Bone Surgery – Local Therapy using Antibiotic Loaded Bone Cement. In: *Local Antibiotics in Arthroplasty* (Ed: Walenkamp GHIM) Thieme Verlag Stuttgart, 2007; 59-64
- Frommelt L, Kühn KD. Properties of Bone Cement: Antibiotic-Loaded Cement. In: *The Well-Cemented Total Hip Arthroplasty* (Eds: Breusch S, Malchau H). Springer Verlag, Heidelberg; 2005; 86-92
- Kühn KD. Knochenzemente für die Endoprothetik. Springer Verlag Berlin; 2001
- Lee C. Properties of Bone Cement: The Mechanical Properties of PMMA Bone Cement. In: *The Well-Cemented Total Hip Arthroplasty* (Eds: Breusch S, Malchau H). Springer Verlag, Heidelberg; 2005; 60-66

Entwicklung der geschlossenen Vakuummischsysteme

von Dr.-Ing. Rainer Specht

Vor rund 20 Jahren entstand in Schweden mit Optivac das erste Vakuummischsystem für Knochenzement. Seitdem hat sich das Anmischen unter Vakuum als Goldstandard durchgesetzt. Die Weiterentwicklung der Mischkartusche zu einem völlig geschlossenen System vereinfacht die Handhabung und die Abläufe im OP. Mit der technischen Standardisierung des Vorgangs werden Fehlerquellen und Verletzungsgefahr minimiert. Es kann so ein Zement in zuverlässig reproduzierbarer Qualität entstehen.

Knochenzement besteht aus Polymethylmethacrylat (PMMA), das auch als Plexiglas bekannt ist. Der Kunststoff wird für den klinischen Einsatz wie ein Zweikomponentenkleber aus Pulver und Flüssigkeit angemischt. In der Chirurgie wird PMMA-Knochenzement seit den 1950er-Jahren erfolgreich verwendet. Allerdings zeigten klinische Ergebnisse und Registerdaten in den folgenden Jahrzehnten, dass nicht alle Zementmäntel stabil blieben. Es kam zu Brüchen im Zementmantel und zu zementbedingten Lockerungen.

Porenbildung vermeiden

Als Hauptursache für solche Komplikationen wurden Poren im Zement identifiziert, die dessen mechanische Festigkeit stark beeinträchtigen. Sie entstehen beim Mischen von Pulver und Flüssigkeit in offenen Gefäßen. Beim offenen Anrühren der Masse sind Lufteinschlüsse unvermeidlich. Zunächst versuchte man, diese wieder aus dem Zement zu entfernen. Tests mit Vibrationsplatten und Zentrifugen zeigten aber, dass dieser Ansatz nicht für die Praxis taugt. Etwa zeitgleich kamen Prof. Dr. Lars Lidgren in Lund und Prof. Dr. Klaus Draenert in München schließlich auf die Idee, die Zementkomponenten unter Vakuum zu mischen und so Lufteinschlüsse von vornherein zu vermeiden. Ihre Forschungsarbeiten führten zur Entwicklung der ersten Vakuummischsysteme durch Hersteller in Deutschland und Schweden. Der schwedische Hersteller Scandimed, der später von Biomet übernommen wurde, entwickelte aus diesen Ansätzen das bis heute verwendete Vakuum-

mischsystem Optivac. Es machte neben dem Mischen auch das Sammeln des Zements unter Vakuum möglich.

Sammeln mitentscheidend

Mit Optivac wird im geschlossenen Gefäß und unter Vakuum ein porenfreier, homogener Knochenzement von reproduzierbarer Qualität hergestellt. Nach dem Mischen von Copolymer und Monomer bildet der Zement zunächst keine kompakte Masse, sondern ist ungleichmäßig in der Vakuum-Kartusche verteilt. Entscheidend für die Qualität ist, dass auch das Sammeln des Zements unter Vakuum stattfindet, damit bei diesem Vorgang ebenfalls keine Luft eingeschlossen wird.

Im Optivac-System wird der Kolben nach dem Mischen vom atmosphärischen Druck in das Vakuum der Kartusche gedrückt. Er führt dabei mit seiner Eigenbewegung den gesamten Zement in den Kopf der Kartusche. So kommt dieser auch beim Sammeln nicht mit der Luft in Berührung, und die Entstehung von Makroporen wird vermieden. Der fertig vorbereitete Zement wird aus der Kartusche direkt auf die Zielfläche aufgebracht. Dafür wird ein passender Schnorchel aufgeschraubt, den es in besonderen Versionen für unterschiedliche Applikationen gibt. Bei Beachtung des korrekten zeitlichen Ablaufs gelangt der Zement mit definierten, reproduzierbaren Eigenschaften in oder auf den Knochen beziehungsweise auf das Implantat.



Abb. 1:
Vorgepacktes, völlig geschlossenes
Applikationssystem

Völlig geschlossenes Applikationssystem Optipac®

Die Weiterentwicklung von Optivac führte 2008 zur Einführung des ersten völlig geschlossenen Applikationssystems Optipac®, bei dem unter Vakuum gemischt wird. Pulver und Flüssigkeit müssen darin nicht mehr eingefüllt werden, da sie bereits vorgepackt im System enthalten sind. Durch Zusammenpressen der Monomerkissen in das Pulver injiziert. Es kommt beim Mischen und Applizieren nicht mehr zum direkten Kontakt mit dem Knochenzement. Das Austreten von Monomerdämpfen wird weiter minimiert, antibiotikahaltige Zementstaubwolken können nicht entstehen. Auch das Hantieren mit einer Glasampulle entfällt.



Abb. 2:
Mischen von Knochenzement unter Vakuum

Der Anwender öffnet nur eine einzige Verpackung, legt das System auf dem Instrumentiertisch bereit und kann auf Zuruf sofort mit dem Mischen beginnen. Dieser Vorgang ist einfach, schnell und reproduzierbar durchzuführen. Der Zement ist hochviskös und besitzt exzellente mechanische Eigenschaften.

Literatur:

Dunne NJ, Orr JF. Influence of the mixing techniques on the physical properties of acrylic bone cement. *Biomaterials* 2001; 22: 1819-1826

Murphy PJ, Prendergast PJ. The relationship between stress, porosity and non linear damage accumulation in acrylic bone cement. *J Biomed Mater Res* 2002; 59: 646-654

Schlegel UJ, Sturm M, Eysel P, Breusch SJ. Pre-Packed Vacuum Bone Cement Mixing Systems. A Further Step in Reducing Methylmethacrylate Exposure in Surgery. *Ann Occup Hyg* 2010, 1-7



Das hat kein Zweiter: Optipac®

Bewährtes Vakuumzementiersystem mit antibiotikahaltigem Knochenzement



- Standardisiertes Anmischen und Sammeln des Zements unter Vakuum für einheitlich qualitativ hochwertiges, homogenes Knochenzement.
- Das Pre-Packed-System steht für ein sichereres Arbeitsumfeld im OP.

Optipac® ist in 10 verschiedenen Varianten erhältlich. Ein Highlight ist das Optipac® Knie Set: Befüllt mit 25 g Knochenzement eignet es sich besonders für die effiziente Zementapplikation in der Knieendoprothetik. Ein im Set mitgelieferter Applikator erleichtert das Auftragen des Zements.

biomet.de

©2014 Biomet.® Sofern nicht anders vermerkt, sind alle aufgeführten Handelsmarken Eigentum der Biomet, Inc. oder deren verbundenen Unternehmen.

BIOMET
One Surgeon. One Patient.

Optimales Zementieren beim Hüftgelenkersatz

von Dr. med. Stefan Kinkel

Zementierte Hüftendoprothesen erreichen exzellente Langzeitergebnisse. So wird im Schwedischen Endoprothesenregister¹ ein Survival aller zementierten Hüftendoprothesen von 95 Prozent nach 10 Jahren berichtet, und nur 12 Prozent der implantierten Charnley-Endoprothesen mussten innerhalb von 25 Jahren revidiert werden.² Seit der Implementierung moderner Zementier-techniken konnte zudem eine sukzessive Verbesserung der Langzeitergebnisse beobachtet werden.^{1,2} Zu diesen zeitgemäßen Techniken werden die Anmischung des Zementes unter Vakuum, die Verwendung einer pulsierenden Jetlavage, die retrograde Zementapplikation unter Verwendung eines Markraumstoppers sowie die Druckzementierung (Pressurizing) gezählt.³



Dr. med. Stefan Kinkel ist Oberarzt im Bereich Endoprothetik am Universitätsklinikum Heidelberg

Grundlagen und Präparation

Die Kombination der oben genannten Maßnahmen führt zu einer guten Verzahnung des Knochenzementes mit dem spongiösen Bett. Zudem sollte der Zementmantel homogen, ausreichend dick und geschlossen sein, um gute Langzeitergebnisse zu ermöglichen. Die Voraussetzung für ein solches optimales Zementierergebnis ist eine differenzierte Operationstechnik.³

Dabei sollten zunächst anhand der Prothesenplanung die zu erwartende Größe und gewünschte Position der Implantate präoperativ bestimmt werden. Bei der Implantation erfolgt die Verankerung zementierter Hüftendoprothesen durch die Verzahnung des Zementes mit dem spongiösen Knochen. Durch die Aussteifung der Spongiosa wird eine erhöhte Scherbeanspruchbarkeit des Knochen-Zement-Interfaces erreicht.⁴ Dementsprechend sollte bei der Präparation der Pfanne die Sklerose eröffnet werden, um Kontakt zur Spongiosa zu ermöglichen. Zudem sollten im kranialen lasttragenden Azetabulum mehrere Bohrungen erfolgen, um eine zusätzliche Verzahnung zu erlauben. Dagegen ist bei der femoralen Markraumpräparation darauf zu achten, dass noch mehrere Millimeter spongiöser Knochen im gesamten Prothesenbett zur Verankerung erhalten bleiben.

Das spongiöse Knochenbett wird jeweils mit der pulsierenden Jetlavage von Blutbestandteilen, Fett und Debris gereinigt, um eine Penetration des Zementes in den Knochen zu ermöglichen. Die Verwendung der Jetlavage hat dabei entscheidenden Einfluss auf die Reduktion des Revisionsrisikos.⁵ Zudem kann mit ihr das Risiko einer Embolie gesenkt werden.⁶

Bei der Präparation der Pfanne ist die Sklerose zu eröffnen, um den Kontakt des Zementes zur Spongiosa zu ermöglichen.

Bei der femoralen Markraumpräparation ist darauf zu achten, dass noch mehrere Millimeter spongiöser Knochen im gesamten Prothesenbett erhalten bleiben.

Die Jetlavage verbessert die Zementpenetration und senkt das Risiko von Revision und Embolie.

Zementqualität

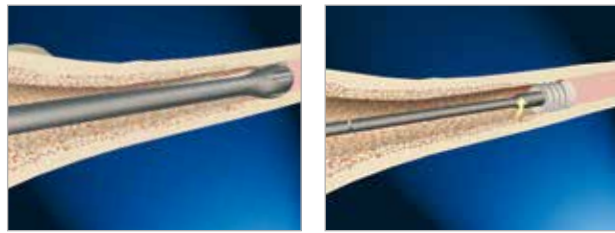
Das Anmischen des Zementes unter Vakuum führt zu weniger Lufteinschlüssen und erhöhter Stabilität. Wenn der Zement keine Fäden mehr zieht, ist er am besten zu verarbeiten. Die femorale Applikation des Zementes erfolgt retrograd, um Lufteinschlüsse auch in dieser Phase zu vermeiden. Nachdem ein Markraumstopper als distale Abdichtung eingebracht wurde, wird von diesem ausgehend das Femur nach proximal mit der Zementpistole aufgefüllt. Anschließend wird durch Druckzementierung die Penetration des Zementes in die Spongiosa gefördert. Dies erfolgt im Azetabulum durch Einpressen des Zementes in den Knochen, zum Beispiel mit speziellen Pressurizern oder einem mit Kompressen gefülltem Handschuh. Femoral wird der proximale Markraum mit einem Siegel abgedichtet, während mit der Zementpistole durch eine Öffnung in diesem weiter Zement eingebracht wird.

Implantate und Zementmantel

Der Durchmesser der verwendeten Pfanne sollte 4 Millimeter kleiner als jener der zuletzt verwendeten Fräse sein, um einen zirkumferenten Zementmantel von 2 Millimeter Dicke zu erreichen. Zunächst wird die Pfanne in horizontaler Stellung nach medial gedrückt und dann bei kontinuierlichem Druck in die gewünschte Inklination und Anteversion gebracht. Hierdurch wird der Zement zum lasttragenden kranialen Azetabulum gedrückt und ein gleichmäßiger Zementmantel ermöglicht.

Um einen ausreichend dicken Zementmantel zu erreichen, wird der zu implantierende Schaft gewöhnlich eine Größe kleiner dimensioniert als die zuletzt verwendete Raspel, die im

Die Druckzementierung (Pressurizing) ermöglicht eine verbesserte Verzahnung von Zement und Knochen und damit eine höhere Stabilität.



Das Setzen der Markraumperrre ist eine wesentliche Voraussetzung für die spätere Verdichtung des Zements unter Druck. Dafür muss zunächst die Größe bestimmt werden.



Mit Hilfe eines Jetlavage-Systems werden lose Knochen- und Gewebereste entfernt und die gute Verankerung des Zements in der Spongiosa vorbereitet

femoralem Markraum eine gute Position und ein subtotales Ausfüllen des Implantatbettes gezeigt hat. Speziell bei nicht anatomisch geformten Implantaten sollte der Schaft von einem dorsolateralen Eintrittspunkt aus eingebracht werden. Bei nicht optimalem Eintrittspunkt kann die Prothesenspitze im antevierten Femur dorsal oder lateral auflaufen. Das kann eine Unterbrechung des Zementmantels verursachen und sollte vermieden werden, um eine homogene Kraftübertragung zu gewährleisten. Ein Centralizer an der Prothesenspitze kann deren Führung im Markraum verbessern und somit Zementmanteldefekten entgegenwirken.

Nach dem Einbringen des Implantats werden überstehende Zementreste entfernt. Bis zum Aushärten des Zementes sollte ein kontinuierlicher Druck aufrechterhalten werden. Um ein optimales Implantat-Zement-Interface zu erlangen, sollten für den Zeitraum des Aushärtens Bewegungen und damit Änderungen der Implantatposition vermieden werden. Abschließend kann die entsprechende Kopflänge gewählt werden, um die biomechanischen Gelenkverhältnisse bestmöglich zu rekonstruieren.

Durch die Anwendung der modernen Zementiertechniken kann für den Patienten ein optimales Langzeitergebnis einer Hüfttotalendoprothese bei geringem perioperativen Risiko erreicht werden.^{1,2,3,6} Dementsprechend wird, sofern die Indikation zur zementierten Implantatverankerung gestellt wurde, die Anwendung dieser Prinzipien als Standard in der Patientenversorgung empfohlen.³

Während des Aushärtens sind Bewegungen und damit Änderungen der Implantatposition zu vermeiden.



Mischen und Sammeln unter Vakuum bringt einen äußerst homogenen Zement reproduzierbarer Qualität hervor. Er zeichnet sich durch verminderte Porosität und verbesserte Festigkeit aus.



Die Applikation des Zementes erfolgt direkt aus der Kartusche des geschlossenen Vakuummischsystems



Mit der Druckzementierung wird ein tieferes Eindringen des Knochenzementes in die Spongiosa und damit eine verbesserte Stabilität erreicht

Literatur:

1. Garellick G, Karrholm J, Rogmark C, Rolfson O, Herberts P: Swedish Hip Arthroplasty Register. Annual Report 2011. <http://www.shpr.se/en/default.aspx>.
2. Buckwalter AE, Callaghan JJ, Liu SS, Pedersen DR, Goetz DD, Sullivan PM, Leinen JA, Johnston JC: Results of Charnley Total Hip Arthroplasty with the use of improved femoral cementing techniques, J Bone Joint Surg Am 2006; 88-A: 1481-5
3. Breusch SJ, Malchau H: The Well-Cemented Total Hip Arthroplasty, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2005
4. Halawa M, Lee AJ, Ling RS, Vangala SS: The shear strength of trabecular bone from the femur, and some factors affecting the shear strength of the cement-bone interface, Arch Orthop Trauma Surg 1978; 92(1): 19-30
5. Herbert P, Malchau H: Long-term registration has improved the quality of hip replacement, Acta Orthop Scand 2000; 71(2): 111-21
6. Sierra RJ, Timperley JA, Gie GA: Contemporary cementing technique and mortality during and after Exeter Total Hip Arthroplasty, J Arthroplasty 2009; 24(3): 325-32

Optimales Zementieren beim Kniegelenkersatz

von Prof. Dr. med. Michael Clarius

Während sich in der zementierten Hüftendoprothetik über die letzten Jahrzehnte eine stetige Verbesserung der Zementiertechnik entwickelte und heute die Anwendung der dritten Generation der Zementiertechnik den Standard darstellt, fehlt ein entsprechender Standard in der zementierten Knieendoprothetik. Es existieren verschiedene Techniken, obwohl die Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Zementiertechnik des Hüftgelenkes in vielen Details auch in der Knieendoprothetik gelten sollten.

Eine Zementmanteldicke von 3–5 Millimeter ist anzustreben.

Geschlossene Anmischsysteme

Das Ziel der Zementierung ist ein homogener Zementmantel um die Komponenten mit einer innigen Verbindung des Knochenzementes im trabekulären Knochen. Diese Verbindung soll die auftretenden Druck-, Scher- und Zugkräfte optimal auf das Knochen-Interface übertragen. Nach Studium der Literatur scheint eine Zementmanteldicke von 3–5 Millimeter auch in der Knieendoprothetik optimal. Dabei ist der Werkstoff Knochenzement als homogene Masse ohne Luft- oder Flüssigkeits-einschlüsse zu fordern. Erreicht wird dies durch Anmischen unter Vakuum. Vorgepackte Sets sind einfach anzuwenden und reduzieren durch das geschlossene System den frei werdenden Monomeranteil, der beim Anmischen inhaliert werden kann. Überdies besteht keine Gefahr, sich beim Öffnen der Monomer-Glasampullen zu verletzen.

Präparation des Knochenlagers

Die Präparation des Knochenlagers ist für ein gutes Zementierergebnis von entscheidender Bedeutung. Um Bluteinschlüsse ins Interface zu verhindern, wird die Verwendung einer Blut-sperre empfohlen, sofern keine Kontraindikation dafür vorliegt. Die Osteotomieflächen von Femur und Tibia zeigen in der Regel spongiöse Strukturen. Bei der Varusgonarthrose finden sich allerdings häufig am medialen Tibiaplateau, aber auch an der medialen Femurkondyle Zonen von vermehrter subchondraler Sklerosierung. Bei der Valgusgonarthrose treten diese Zonen an der lateralen Femurkondyle und am lateralen Tibiaplateau auf. Die sklerosierten Areale verhindern das Eindringen des Knochenzementes in den dahinter liegenden spongiösen Knochen. Sie müssen mit kleinen Bohrungen eröffnet werden, damit dieses trotzdem ermöglicht werden kann.

Sklerosierte Areale müssen mit kleinen Bohrungen eröffnet werden.

Spülung, Trocknen, Pressurizing

Damit der Knochenzement gut in den Knochen eindringt, ist eine adäquate Knochen-spülung notwendig. Die pulsierende Jetlavage ist einer Spritzenspülung bei Weitem überlegen und sollte heute als obligat gefordert werden. Zum einen wird das Knochenlager von Blut, Fett und Knochenmark effektiv gereinigt und die Penetrationstiefe des Knochenzementes um

Die pulsierende Jetlavage ist einer Spritzenspülung bei Weitem überlegen und sollte heute als obligat gefordert werden.



Prof. Dr. med. Michael Clarius ist Ärztlicher Direktor und Chefarzt Orthopädie und Unfallchirurgie an der Vulpius Klinik in Bad Rappenau

30 Prozent erhöht, zum anderen wird durch die Reinigung verhindert, dass dieses Fett und Knochenmark durch den auftretenden Druck beim Zementieren über das venöse System embolisieren kann. Die von der Jetlavage gereinigten Knochenflächen müssen vor der eigentlichen Zementierung getrocknet werden. Am effektivsten gelingt dies durch Auflage von Kompressen oder eines Bauchtuches, auf die mit den Fingern geklopft wird.

Nach dem Anmischen des Knochenzementes im Vakuummischsystem wird er möglichst schnell mit der Zementspritze auf die Prothesenrückflächen verteilt, da in dieser Phase der Knochenzement eine hohe Affinität zur Implantatrückfläche hat. Anschließend sollte er in einer hochviskösen Phase in den Knochen gebracht werden. Wir empfehlen auch die Zementierung der Zapfenlöcher in Tibia und Femur. Die tiefste Penetration des Knochenzementes wird durch ein Pressurizing erzielt. Der Zement wird hierbei aktiv durch Fingerdruck oder einen Spatel eingearbeitet. Ist die Penetration des Knochenzementes in die spongiösen Flächen gesichert, erfolgt die Implantation der Komponente, die schon frühzeitig mit Knochenzement belegt wurde. Sollte es zu Auflagerungen von Blut oder Flüssigkeiten auf den Knochenzement gekommen sein, muss diese Flüssigkeit vor der Implantation unbedingt entfernt werden, um Einschlüsse zu verhindern.

Eindringen und Aushärten

Der hochvisköse Knochenzement braucht für das Eindringen in den Knochen Zeit und konstanten Druck. Die Implantatkomponente wird also zunächst durch kontinuierlichen Druck in Position gebracht. Der Knochenzement hat dann Zeit, in die spongiösen Flächen zu penetrieren. Ein frühzeitiger Hammerschlag würde dies verhindern, denn die Viskoelastizität des Zementes führt zu einem Rückfedern des Implantates.

Nach Einbringen der Implantate wird das Knie in Streckung gebracht und das Aushärten des Knochenzementes abgewartet. Unruhe während dieser Phase kann zu einer Zerstörung des Knochen-Zement-Implantat-Interface führen und sollte daher unbedingt vermieden werden.

Literatur:

- Cawley DT, Kelly N, McGarry JP, Shannon FJ. Cementing techniques for the tibial component in primary total knee replacement. Bone Joint J. 2013 Mar;95-B(3):295-300. doi: 10.1302/0301-620X.95B3.29586. Review
- Vanlommel J, Luyckx JP, Labey L, Innocenti B, De Corte R, Bellemans J. Cementing the tibial component in total knee arthroplasty: which technique is the best? J Arthroplasty. 2011 Apr;26(3):492-6. doi: 10.1016/j.arth.2010.01.107. Epub 2010 Apr 8
- Clarius M. Stabilität des Knochen-Implantat Interface beim unicondylären Gelenkersatz des Kniegelenkes; Habilitationsschrift an der Medizinischen Fakultät Heidelberg der Ruprecht-Karls-Universität 2010
- Clarius M, Hauck C, Seeger JB, James A, Murray DW, Aldinger PR. Pulsed lavage reduces the incidence of radiolucent lines under the tibial tray of Oxford unicompartmental knee arthroplasty: Pulsed lavage versus syringe lavage. Int Orthop 33(6) 1585-90; 2009



Abb. 1: Intraoperativer Situs nach Jetlavage und Trocknen des knöchernen Lagers

Verunreinigungen auf dem Knochenzement müssen vor der Implantation unbedingt entfernt werden.

Cave: Ein zu früh gesetzter Hammerschlag kann die Zementpenetration in die Spongiosa verhindern.

Optimiertes Zementieren in der Schulterendoprothetik

von Prof. Dr. med. Philip Kasten

Der Einsatz von Schulterendoprothesen bei Omarthrose hat auch im Langzeitverlauf exzellente Ergebnisse.^{1,2} Auf der Humerusseite beträgt die Revisionsrate auch über 15 bis 20 Jahre nur 2 Prozent.³ Auf der Pfannenseite können im Langzeitverlauf Probleme auftreten. Bei Nichtersetzen der Pfanne können in 5 bis 8 Prozent der Fälle Glenoiderosionen eintreten.⁴ Zementfreie Implantate haben nach 5 bis 8 Jahren hohe Revisionsraten und können bisher außerhalb von Studien nicht generell empfohlen werden.⁵ Der Goldstandard an der Pfanne ist das zementierte Glenoid.⁶

Aber auch beim zementierten Glenoid können über die Zeit zunehmend röntgenhelle Linien und schließlich auch Lockerungen auftreten.¹ Diese nehmen bei genauer Betrachtung im Laufe der Zeit kontinuierlich zu. Bei einer Lockerung, also dem radiologischen Nachweis einer Kippung oder eines Tiefertretens der Pfanne, treten auch vermehrt klinisch Schmerzen auf.¹

Es gibt Studien, die den Effekt einer modernen Zementiertechnik in Bezug auf das Auftreten von röntgenhellen Linien nachweisen.^{7,8} Um das Langzeitüberleben der zementierten PE-Pfanne zu optimieren, wird deshalb eine moderne und sorgfältige Zementiertechnik empfohlen.^{8,10} Die Prinzipien entsprechen der Zementiertechnik der Hüfte und des Knies, wobei auf gewisse Besonderheiten hinzuweisen ist.

Glenoidpräparation

Es empfiehlt sich, den subchondralen Knochen des Glenoids nicht vollständig abzufräsen, um möglichst viel Knochen zu erhalten. Die Ebene des Glenoids sollte nach dem Fräsen in etwa senkrecht zur Achse der Skapula sein. Parallel zur Achse der Skapula werden dann zur Verankerung des Glenoidimplantats Bohrungen für einen Kiel oder Zapfen in den spongiosen Knochen des Glenoids durchgeführt. Eine Entfernung der Spongiosa aus dem Glenoid verschlechtert die Standzeiten.

Jetlavage

Der spongiöse Knochen sollte von Zelldebris und Blut mittels einer Jetlavage befreit werden, damit der Zement besser in die Spongiosa eindringen kann.

Reduktion der Blutung

Einbringen von H₂O₂-Kompressen in den Knochen reduziert die Blutung am Knochen-Zement-Interface. Alternativ kann auch Fibrinkleber benutzt werden, wobei damit die Spongiosa-Struktur, in die der Zement eindringen soll, zum Teil versiegelt wird.

Vakuumgemischt und hochviskös

Die Applikation von hochviskösem Zement erlaubt es, den Zement in die Knochenbälkchen einzudrücken und dort zu halten. Dünneflüssiger Zement könnte durch das Blut wieder aus den Knochenbälkchen herausgedrückt werden. Unter Vakuum gemischter Zement hat in der Hüftendoprothetik längere Standzeiten.

Einbringen des Zementes

Einbringen des Zementes unter Druck, zum Beispiel mit einem Silikon-Verdichter auf einer Zementierpistole (Abb. 1) ermöglicht es, den Zement tief in die Knochenbälkchen einzupressen (Abb. 2). Eine kritische Erhöhung

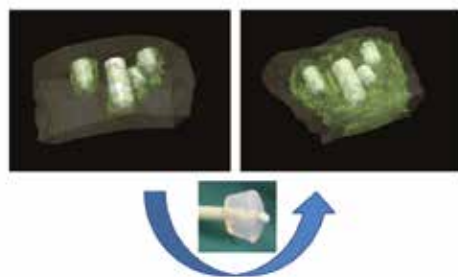


Abb. 1: Mit einer Zementierpistole kann vakuumgemischter Zement in Kombination mit einem speziellen Zementverdichter bei der Einbringung in das Glenoid verwendet werden



Prof. Dr. med. Philip Kasten ist Sektionsleiter Obere Extremität des Orthopädisch-unfallchirurgischen Zentrums der Carl-Gustav-Carus-Universität Dresden. Ab 1. Juni wird er als Schulterspezialist am Orthopädisch-Chirurgischen Centrum in Tübingen tätig sein.

der Temperatur durch den Zement konnte in simulierten In-vivo-Messungen nicht nachgewiesen werden. Die Durchschnittstemperatur betrug 26 °C.

Zement um Zapfen und Kiel

Aufbringen von etwas Zement auch um die Zapfen oder den Kiel kann geringe Unebenheiten bei der Glenoidpräparation ausgleichen. Finite-Elemente-Analysen haben gezeigt, dass ein homogener Zementmantel von 1–1,5 Millimeter auf der Glenoidimplantatrückfläche für die Stabilität am besten ist.⁹

Aushärten

Das Aushärten des Zementes sollte unter Druck und unter Vermeidung von Kippbewegungen erfolgen, um Zementierdefekte zu vermeiden.

Im Vergleich zum Glenoid sind Lockerungen am Humerus sehr selten. Deshalb wird der Goldstandard der zementierten Humerusprothese auch zunehmend durch den Einsatz von zementfreien Kurzschaft- oder schaftlosen metaphysär verankerten Prothesen verlassen. Mittelfristige oder Langzeitergebnisse dieser zementfreien Kurzschäfte und schaftlosen Endoprothesen stehen allerdings noch aus.

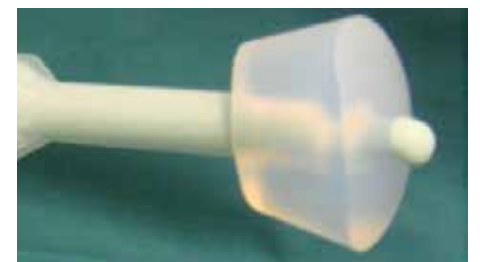


Abb. 2: Unter Einsatz eines Zementverdichters aus Silikon ergibt sich ein homogener Zementmantel mit signifikant weniger Zementdefekten als ohne Verdichter

Auch am Humerus gelten beim Zementieren die oben genannten Prinzipien. Ergänzt werden diese durch die Anwendung eines Markraumstoppers. Vor Einbringen des Markraumstoppers sollte der Markraum jetlavagiert werden, um Fettembolien zu vermeiden.

Zusammenfassung

Mit der Verwendung einer sorgfältigen Zementiertechnik soll das langfristige Überleben der zementierten Implantate analog zu den Hüft- und Knieimplantaten verbessert werden. Es lässt sich ein besseres Zementierergebnis zum Beispiel mit einem Zementverdichter nachweisen.

Literatur:

1. Kasten P, Pape G, Raiss P, Bruckner T, Rickert M, Zeifang F, Loew M. Mid-term survivorship analysis of a shoulder replacement with a keeled glenoid and a modern cementing technique. J Bone Joint Surg Br 92: 387-392, 2010
2. Denard PJ, Raiss P, Sowa B, Walch G. Mid-to long-term follow-up of total shoulder arthroplasty using a keeled glenoid in young adults with primary glenohumeral arthritis. J Shoulder Elbow Surg 22: 894-900, 2013
3. Cil, A, Veillette CJ, Sanchez-Sotelo J, Sperling JW, Schleck CD, Cofield RH. Survivorship of the humeral component in shoulder arthroplasty. J Shoulder Elbow Surg, 2009
4. Radnay CS, Setter KJ, Chambers L, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS. Total shoulder replacement compared with humeral head replacement for the treatment of primary glenohumeral osteoarthritis: a systematic review. J Shoulder Elbow Surg 16: 396-402, 2007
5. Martin SD, Zurakowski D, Thornhill TS. Uncemented glenoid component in total shoulder arthroplasty. Survivorship and outcomes. J Bone Joint Surg Am 87: 1284-1292, 2005
6. Sanchez-Sotelo J. Total shoulder arthroplasty. Open Orthop J 5: 106-114, 2011
7. Raiss P, Sowa B, Bruckner T, Eck S, Woerz S, Rohr K, Rickert M, Kasten P. Pressurisation leads to better cement penetration into the glenoid bone: a cadaveric study. J Bone Joint Surg Br 94: 671-677, 2012
8. Norris BL, Lachiewicz PF. Modern cement technique and the survivorship of total shoulder arthroplasty. Clin Orthop Relat Res 76-85, 1996
9. Terrier A, Buchler P, Farron A. Bone-cement interface of the glenoid component: stress analysis for varying cement thickness. Clin Biomech (Bristol, Avon) 20: 710-717, 2005
10. Pfahler M. Glenoidersatz bei Omarthrose. Orthopäde 42: 516-521, 2013

Für ältere Patienten deutlich besser

von Prof. Dr. med. Thorsten Gehrke

Die zementierte Hüftendoprothetik befindet sich gegenüber der zementfreien seit einigen Jahren weltweit auf dem Rückzug, selbst in ihren einstigen Hochburgen England und Schweden. Dass dies auch für Patienten gilt, die über 75 Jahre alt sind, ist jedoch kaum verständlich. Denn bei dieser Gruppe weisen die nationalen Register und große Studien die Überlegenheit der zementierten Versorgung aus. Auch die hybride Implantation mit zementiertem Schaft und unzementierter Pfanne schneidet bei älteren Patienten besser ab als die gänzlich zementfreie Option.

Troelsen et al. haben den starken weltweiten Trend zur zementfreien Hüftendoprothetik treffend als „the uncemented paradox“ beschrieben. Sie kommen in ihrer Arbeit zu folgender Schlussfolgerung: „Increasing use of uncemented fixation in THA is a worldwide phenomenon. This trend is paradoxical, given that registry data, which represent nationwide THA outcomes, suggest that cemented fixation in patients older than 75 years results in the lowest risk of revision.“ (Evidenzgrad II, Systematische Übersicht) Es gibt allerdings einen ersten Hinweis, dass dieser Trend sein Ende erreicht haben könnte: In Deutschland wuchs die Zahl der zementierten Hüftschäfte nach Angaben des BVMed im vergangenen Jahr um mehr als vier Prozent, während die der unzementierten annähernd gleich blieb.

Die unzementierte Versorgung weist für jüngere Patienten inzwischen auch in vielen Registern bessere Ergebnisse aus und ist damit gerechtfertigt. Für Patienten über 75 Jahren gilt aber das Gegenteil. Selbst in Australien, wo rund 95 Prozent aller Hüftendoprothesen zementfrei eingesetzt werden, erreichen die zementierte und die hybride HTEP mit zementiertem Schaft bessere Ergebnisse. Bei Patienten über 65 liegen dort zementiert und zementfrei gleichauf. In dieser Altersgruppe hat die hybride Versorgung die geringste Revisionsrate.² Eine Studie von Mäkelä et al. mit 3.668 Hüften, die auf dem finnischen Register beruht, zeigt sogar bei jüngeren Patienten Vorteile für die zementierte Versorgung, wobei die hier zum Vergleich herangezogenen unzementierten Implantate noch nicht die Qualität der heutigen Komponenten hatten.³ Ähnliche Ergeb-

nisse weist auch das englische Register aus dem Jahr 2010 aus.⁴

Die Überlegenheit der zementierten Versorgung entspringt einer ganzen Reihe von Vorteilen gegenüber der unzementierten:

- **Deutlich geringere Luxationsrate** – Bei der zementfreien Pfanne beträgt die Abweichung zur Planung in der Regel 3–5 Grad; auch der Schaft erreicht nicht immer die gewünschte Position. Die Position zementierter Komponenten hingegen lässt sich während des Aushärtens optimieren. Damit sinkt das Luxationsrisiko. Da die Luxation gerade bei älteren Patienten eine folgenreiche Komplikation sein kann, hat dieser Aspekt einen hohen Stellenwert.
- **Deutlich weniger periprothetische Frakturen** – Zementierte Implantate benötigen keinen kortikalen Kontakt. Bei ihrer Implantation werden, anders als bei der zementfreien Versorgung, keine Sprengkräfte in den Knochen geleitet. Das senkt nicht nur die intraoperative Frakturrate, auch späte Frakturen nach langfristiger Erosion der Knochenqualität kommen seltener vor.
- **Weniger Beinlängendifferenz** – Beim Zementieren lässt sich die endgültige Position der Komponenten viel genauer vorherbestimmen und bei Bedarf auch korrigieren als beim Einschlagen. Häufig dringt die letzte Raspel nicht so tief ein wie das Implantat. Es kann aber auch passieren, dass dieses sich bereits vor Erreichen der gewünschten Position verblockt. In beiden Fällen kann es bei der zementfreien Versorgung zu einer Beinlängendifferenz kommen.



Prof. Dr. med. Thorsten Gehrke
ist Ärztlicher Direktor der Helios
Endo-Klinik in Hamburg

- **Kein Oberschenkelerschmerz** – Oberschenkelerschmerz ist bei Patienten mit unzementierten Schäften recht häufig. Da sich der Schaft im Knochen verkeilt, kommt es zu Stress-Shielding und Scherkräften an der Grenzfläche zwischen Knochen und Implantat. Das passiert bei heutigen Modellen zwar seltener als früher, trotzdem können bis zu zehn Prozent der Patienten einen Oberschenkelerschmerz entwickeln. Bei zementierten Schäften ist dieses Symptom unbekannt.
- **Kein Schmerz an der Schaftspitze** – Schaftspitzenschmerz ist ein zwar seltenes Phänomen bei unzementierten Schäften, doch für den Patienten belastend. Wenn die Schaftspitze an der Kortikalis anliegt, kommt es dort zur Erosion des Knochens. Auch dies kann mit einem zementierten Schaft nicht passieren.
- **Rückseitenverschleiß in der Pfanne** – Mikrobewegungen zwischen Titanschale und PE-Einsatz können dazu führen, dass Kunststoffpartikel abgerieben werden. Bei Schalen mit Schraubenlöchern können diese Partikel in den Knochen eindringen und zur Osteolyse am Azetabulum führen.

Aus der Datenlage und den eigenen Erfahrungen leiten wir in der Endo-Klinik deshalb die folgende Vorgehensweise ab: Wir ziehen die Altersgrenze in der Regel zwischen 72 und 75 Jahren und versorgen die meisten älteren Patienten mit zementierten Hüftendoprothesen. Jüngere Patienten erhalten eine zementfreie Endoprothese oder eine hybride Verankerung mit zementiertem Schaft und unzementierter Pfanne. Die endgültige Entscheidung fällt aber immer intraoperativ. Bei schlechter Knochenqualität zementieren wir die Implantate auch bei jüngeren Patienten. Auf der anderen Seite ist eine kräftig ausgeprägte Struktur der Spongiosa unabdingbare Voraussetzung für die zementierte Versorgung. Gibt es sie nicht, muss auch für den älteren Patienten ein unzementiertes Implantat gewählt werden. Nur wenn der Zement sich in der Spongiosa gut verzahnt, kann das Implantat eine stabile Verankerung erreichen. Eine weitere, ebenfalls unabdingbare Voraussetzung dafür ist natürlich die Anwendung der Modernen Zementiertechnik.

Literatur:

1. Troelsen A, Malchau E, Sillesen N, Malchau H. A review of current fixation use and registry outcomes in total hip arthroplasty: the uncemented paradox. Clin Orthop Relat Res. 2013 Jul;471(7):2052-9
2. Australian Orthopaedic Association. National Joint Replacement Registry. 2013 Annual Report, S. 66
3. Mäkelä KT, Eskelinen A, Pulkkinen P, Paavolainen P, Remes V. Results of 3,668 primary total hip replacements for primary osteoarthritis in patients under 55 years. Acta Orthop 2011;82:521-529
4. National Joint Registry for England and Wales. 7th Annual Report, 2010, S. 103

Zementfrei auch in Registern überlegen

von Prof. Dr. med. Peter Aldinger

Selbst das vielzitierte Schwedische Endoprothesenregister zeigt mittlerweile ganz klar, dass die Überlebensrate der zementfreien Hüftimplantate denen der zementierten im Langzeitverlauf überlegen ist. Die zementfreie Implantation ist zudem wesentlich einfacher und schneller. Mit Zement entsteht eine zusätzliche Grenzschicht, an der es zu Abrieb und Verschleiß kommen kann. Der Zementmantel kann sogar brechen. Von wenigen Indikationen abgesehen, gibt es für uns keinen Grund mehr, zementierte Hüftimplantate zu verwenden.

Femur

Bis 2010 sprachen die Ergebnisse in den Registern für die zementierten Schäfte, inzwischen stützt die Evidenzlage aber die zementfreie Implantation. Diese Überlegenheit zeigt sich erst jetzt, weil in Schweden häufig zementfreie Systeme eingesetzt wurden, die später in klinischen Studien schlechte Ergebnisse gezeigt haben.¹ Außerdem wird in Schweden über 90 Prozent der Hüftendoprothetik zementiert durchgeführt. Mit Zement gibt es also viel Routine, während die Operateure bei der zementfreien Implantation oft gar nicht die Lernkurve überwinden konnten. Angesichts der großen Bedeutung des Schwedenregisters haben sich diese Faktoren unverhältnismäßig negativ auf die Beurteilung der zementfreien Hüftendoprothetik ausgewirkt.

Lediglich bei der leicht erhöhten Frakturrate von ein bis zwei Prozent in der frühen postoperativen Phase weisen zementfreie Schäfte einen kleinen Nachteil gegenüber den zementierten auf.² Damit können sie in Registern während der ersten fünf postoperativen Jahre unterlegen erscheinen. Dieser Nachteil wird im Langzeitverlauf jedoch mehr als wettgemacht, da zementierte Schäfte – auf einem relativ niedrigen Niveau – eine kontinuierliche Revisionsrate zeigen.¹ Zementfreie Schäfte bleiben dagegen fest verankert, wenn sie einmal stabil eingewachsen sind, sofern weder eine Fraktur noch eine große Osteolyse auftritt.

Es gibt einen kleinen Anteil von zementfreien Schäften, die zu klein gewählt wurden, und die sich nach zwei, drei Jahren des Nachsinkens nicht knöchern integrieren.² Sie beeinträchtigen die Ergebnisse der zementfreien Implantation, doch liegt dies nicht an den Implantaten, sondern an der Operationstechnik, meist

wegen fehlender Routine. In unserer Klinik werden bei Koxarthrose 99 Prozent der Schäfte zementfrei implantiert. Lediglich bei hochbetagten Patienten mit sehr weitem Markkanal, bei massiver Osteoporose – also beim deutlich erhöhten Risiko einer frühen periprothetischen Fraktur – sowie bei vorbestrahltem Knochen mit geringer Vitalität ist die zementierte Implantation indiziert.

Azetabulum

Die Standzeiten der modernen Pressfit-Pfanne sind besser als die der zementierten Pfanne, insbesondere bei jungen Patienten.¹ Aber auch bei alten Patienten ist die zementfreie Pfanne sicher und technisch einfacher zu implantieren. Die Register bilden die Evolution der zementfreien Pfannen ab und zeigen die Unterschiede zwischen den verschiedenen Designs. Bis etwa 2003 sehen wir Komponenten von sehr unterschiedlicher Qualität und Standzeit. Inzwischen hat sich herauskristallisiert, welche Implantatkonzepte am besten funktionieren. Die Gleitpaarungen wurden massiv verbessert, die Inzidenz großer Osteolysen damit drastisch reduziert. Wir revidieren heute nach 20 Jahren gut verankerte Pressfit-Pfannen, bei denen wir lediglich den PE-Einsatz austauschen. Das kommt mit zementierten Pfannen nicht vor.

Bei zementierten HTEP kann es passieren, dass der Knochen bereits durch große Osteolysen geschädigt ist, der Patient aber noch keine Beschwerden hat und deshalb noch nicht revidiert wurde. Dieses Kollektiv wird in den Registern der „erfolgreichen“ Seite zugerechnet, was natürlich den Tatsachen widerspricht: Zwar wird die Revision erst später fällig, doch sie findet unter drastisch verschlechterten



Prof. Dr. med. Peter Aldinger ist Ärztlicher Direktor der Orthopädischen Klinik Paulinenhilfe am Diakonie-Klinikum Stuttgart

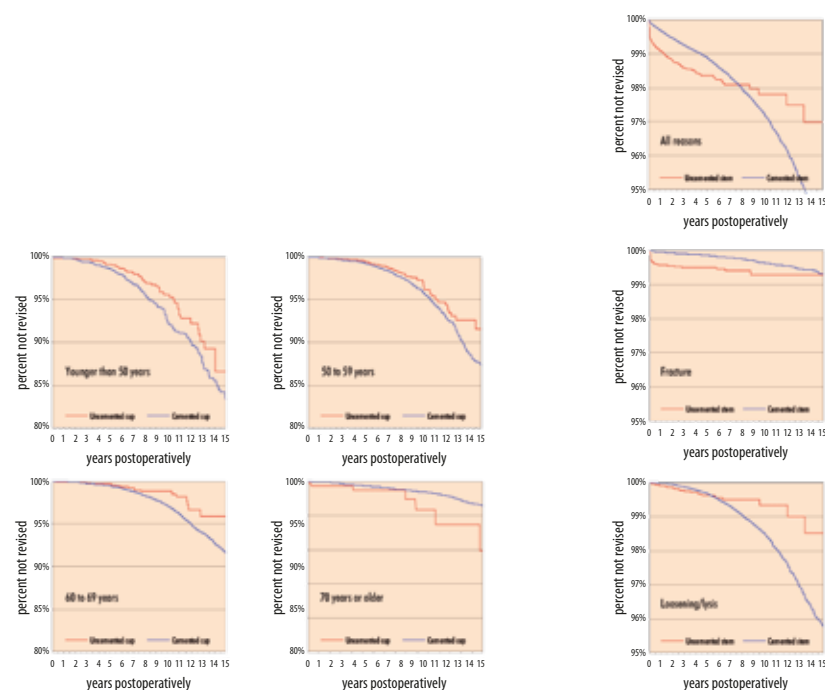


Abb. 1: Überlebensraten von zementierten und zementfreien Pfannen

Quelle: Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2010

Bedingungen statt. Die meist früheren Beschwerden, die eine gelockerte zementfreie Komponente in der Regel verursacht, sind hier oft das kleinere Übel.

Implantationstechnik

Einen zementierten Schaft korrekt zentral zu positionieren und mit einem guten Zementmantel zu verankern ist aufwendig und erfordert meines Erachtens deutlich mehr Erfahrung, als einen zementfreien Schaft korrekt einzubringen. Die zementfreie Implantation nimmt sowohl im Femur als auch im Azetabulum deutlich weniger Zeit in Anspruch, der Unterschied beträgt insgesamt mindestens 20 Minuten. Dieser Aspekt spielt für Zentren mit hohen Fallzahlen durchaus eine Rolle. Entscheidend sind aber die besseren Langzeitergebnisse.

Die Frakturrate der zementfreien Hüftendoprothetik lässt sich minimieren, wenn ein Implantat, das in die Knochenform passt, in der richtigen Größe gewählt wird.⁴ Bei guten

Abb. 2: Überlebensraten von zementierten und zementfreien Schäften

Quelle: Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2010

Implantatsystemen kann man dank fein abgestimmter Formraspeln in Millimeterschritten exakt präparieren. Die korrekte Position des Implantats kann so einfach und sicher erreicht werden. Beim Zementieren muss – abgesehen von dem Aufwand für die Zementiertechnik – das Einbringen des Schaftes im ersten Anlauf gelingen. Jede Korrektur würde den Zementmantel kompromittieren.

Das Risiko der Fettembolie lässt sich bei guter Zementiertechnik, die technisch aufwendig ist und Zeit in Anspruch nimmt, deutlich reduzieren. Ein Restrisiko bleibt jedoch, und dieses ist höher als bei der zementfreien Endoprothese.¹

Literatur:

1. Swedish Hip Arthroplasty Register, Annual Report 2010
2. Mäkelä KT et al. Failure rate of cemented and uncemented total hip replacements: register study of combined Nordic database of four nations. *BMJ* 2014 Jan 13;348 ff
3. Streit MR, Merle C, Clarius M, Aldinger PR. Late peri-prosthetic femoral fracture as a major mode of failure in uncemented primary hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2011 Feb;93(2):178-83
4. McLaughlin JR, Lee KR. Uncemented total hip arthroplasty with a tapered femoral component: a 22- to 26-year follow-up study. *Orthopedics.* 2010 Sep 7;33(9):639

Fortbildung in Theorie und Praxis des Zementierens

von Dr. rer. nat. Norbert Klas

Mit der **Cementing University** bietet Biomet ein umfassendes Aus- und Fortbildungsprogramm zum Thema Zementieren in Orthopädie und Unfallchirurgie an. Es gibt spezifische Kurse für Ärzte, OP-Personal sowie für Krankenhausapotheker, die auf die Anforderungen aus den verschiedenen Arbeitsgebieten zugeschnitten sind. So stehen für die Operateure neben den Grundlagen die klinischen Ergebnisse zementierter Implantate, die Moderne Zementiertechnik sowie die Behandlung von Implantatinfektionen im Vordergrund. In den Kursen für OP-Personal liegt der Schwerpunkt auf der korrekten Handhabung unterschiedlicher Zemente und Mischsysteme. Die Apotheker-Kurse fokussieren dagegen vor allem auf die sinnvolle Kombination aus lokaler und systemischer Antibiose.

Cementing University für Ärzte

Die Cementing University bietet in Kooperation mit der Helios Endo-Klinik in Hamburg jährlich je einen internationalen Kurs auf Englisch (Frühjahr) und einen nationalen auf Deutsch (Herbst) an. Die Kursreferenten sind Ärzte, die wissenschaftliche Arbeiten zum Thema Knochenzement und zementierte Implantation vorgelegt haben. Am internationalen Kurs sind die in diesem Bereich weltweit führenden Experten beteiligt.

In den Kursen werden unter anderem die theoretischen Grundlagen des Zementierens und die klinischen Ergebnisse mit zementierten Implantaten ausführlich vorgestellt. Zu den ständigen Themen gehört die Infektion bei liegender Endoprothese, die sowohl aus der Sicht der Mikrobiologie als auch der septischen Chirurgie behandelt wird. Daneben wird die Moderne Zementiertechnik für Hüfte und Knie in allen Schritten – von der Jetlavage bis zum Setzen des Implantates – ausführlich dargestellt.

Themenspektrum

- Theoretische Grundlagen
- Moderne Zementiertechnik
- Protheseninfektion
- Klinische Ergebnisse und Registerdaten

Cementing University für OP-Personal

Die Kurse der Cementing University für OP-Personal sind in zwei Stufen unterteilt. Die Grundlagenkurse vermitteln alle wichtigen Kenntnisse für den täglichen Umgang mit dem Knochenzement im Operationssaal. Die Absolventen der Masterkurse vertiefen ihr Wissen, um später selbst Mitarbeiter und Kollegen ausbilden zu können.

Die **Grundlagenkurse** finden in der Regel in Kooperation mit bedeutenden Kliniken über ganz Deutschland verteilt statt. Die Teilnehmer eignen sich zunächst das nötige theoretische Wissen über Zusammensetzung und Funktion des Knochenzements an, bevor sie im praktischen Teil die richtige Handhabung der Materialien und Instrumente üben. Ärzte und erfahrene OP-Schwester aus der jeweiligen Klinik tragen dazu ihre Kenntnisse und praktischen Erfahrungen bei.

Themenspektrum

- Theoretische Grundlagen
- Korrekte Handhabung von Zement und Mischsystem



Dr. rer. nat. Norbert Klas ist Direktor der Geschäftseinheit Knochenzemente und Biomaterialien, Biomet Deutschland



In den **Masterkursen** können erfahrene Schwestern und Pfleger ihre Kenntnisse zur Modernen Zementiertechnik noch weiter vertiefen und ihre Technik optimieren. Außerdem lernen sie, wie sie selbst ihre Kollegen erfolgreich in die Zementiertechnik einweisen können. Ein Schwerpunkt des Kurses liegt auf der korrekten Handhabung von Vakuumzementmischsystemen. Ein weiterer wichtiger Programmpunkt ist die richtige Befüllung von Formen für die Herstellung von Spacern.

Themenspektrum

- Theoretische Grundlagen
- Korrekte Handhabung von Zement und Mischsystem
- Befüllung von Spacer-Formen



Abb. 1 und 2: Die Befüllung von Spacer-Formen gehört zu den Themen der Masterkurse für OP-Personal

Cementing University für Krankenhausapotheker

In diesen Kursen werden unter anderem die theoretischen Grundlagen, die Zusammensetzung der verschiedenen Zemente sowie ihre korrekte Handhabung in unterschiedlichen Zementiersystemen erläutert. Daneben steht der Zement als lokaler Träger von Wirkstoffen und deren Wechselspiel mit einer systemischen Antibiotikagabe im Vordergrund. In Zusammenarbeit mit erfahrenen Mikrobiologen wird über sinnvolle Kombinationen lokaler und systemischer Antibiotikagabe bei periprothetischen Infektionen diskutiert.

Themenspektrum

- Theoretische Grundlagen
- Grundlagen der lokalen Antibiotikaphylaxe und -therapie
- Kombination lokal und systemisch verabreichter Antibiotika



Fortbildungspunkte

Für die Teilnahme am nationalen Kurs im Herbst vergibt die Ärztekammer Hamburg Fortbildungspunkte.

Die Biomet-Kurse im Rahmen der Cementing University für OP-Personal sind bei der „Registrierung beruflich Pflegender (RbP)“ als Fortbildungskurse registriert. Dort können Pflegekräfte – soweit sie ebenfalls registriert sind – für diese Veranstaltungen Fortbildungspunkte erwerben.

Apotheker erhalten für die Teilnahme an dem Kurs entsprechend den ADKA-Vorgaben Punkte.

Cementing University in Ihrer Klinik

Auf Anfrage bietet Biomet individuell organisierte Veranstaltungen zum Thema Knochenzement an. Sie werden im Rahmen der üblichen Weiterbildung für Krankenhauspersonal in der jeweiligen Klinik durchgeführt.



Weitere Information:
Dr. Norbert Klas,
norbert.klas@biomet.com

Die nächsten Termine

- **2. September**
Cementing University – Kurs für OP-Personal (Bochum)
- **4. September**
AE-Kompaktkurs Zemente und Zementiertechnik – Kurs für Ärzte (Berlin)
- **13./14. Oktober**
Cementing University – Kurs für OP-Personal (Rostock)
- **13./14. November**
Cementing University – Kurs für Ärzte, national (Hamburg)
- **21. November**
AE-Kompaktkurs Zemente und Zementiertechnik – Kurs für Ärzte (Chemnitz)
- **3./4. Dezember**
Cementing University – Kurs für OP-Personal (München)

Vancomycin im Knochenzement muss Mittel der letzten Wahl bleiben

von Dr. rer. nat. Norbert Klas

Vancomycin ist derzeit die letzte Rückzugsmöglichkeit, um multiresistenten Keimen zu begegnen. Deshalb sollte mit Vancomycin versetzter Knochenzement nur im begründeten Einzelfall und auf Grundlage eines Antibiogramms verwendet werden.

Wenn Vancomycin-Zement als Standardprodukt verfügbar ist, wird der breite Einsatz dieser Kombination möglich und nahegelegt – auch in Fällen, in denen er lediglich auf Verdacht oder zur forensischen Absicherung erfolgt. In Nordamerika lassen sich die Folgen beobachten: Kurze Zeit nach Beginn des breiten Einsatzes stieg die Rate der Vancomycin-Resistenzen dort steil an. Wenngleich nicht immer eine strenge Korrelation zwischen dem steigenden Verbrauch eines Antibiotikums und der Resistenzhäufigkeit besteht, so muss diese Entwicklung dennoch sehr ernst genommen werden. Nach dem Vancomycin bleibt derzeit kein wirksames Antibiotikum als Rückzugsmöglichkeit übrig. Andere Antibiotika, auf welche die vancomycinresistenten Keime sensibel reagieren, sind entweder nicht ausreichend hitzestabil, um der Wärmeentwicklung bei der Polymerisation standzuhalten, oder sie bergen ein zu großes Risiko allergischer Reaktionen. Es ist deshalb eine Aufgabe der Medizin und aller am Prozess der Gesundheitsversorgung Beteiligten, jedes Risiko einer Resistenzbildung zu minimieren.

Insbesondere mit Blick auf den Einsatz von Vancomycin bieten industriell vorgefertigte Mischungen von Knochenzement und Antibiotika deutliche Vorteile gegenüber intraoperativ

und eigenhändig angemischten Kombinationen. Nur sie erreichen eine reproduzierbare Qualität bezüglich ihrer mechanischen Eigenschaften und der gewünschten Antibiotikafreisetzung. Der behandelnde Arzt wird vor Einsatz von vancomycinhaltigem Knochenzement grundsätzlich ein Antibiogramm erstellen wollen, um festzustellen, dass tatsächlich kein anderes Antibiotikum als Therapeutikum infrage kommt. Nur dann ist die Verwendung vancomycinhaltiger Knochenzemente gerechtfertigt und langfristig sinnvoll.

Neben der Beschränkung auf den individualisierten Einsatz sollten für den vorgefertigten Vancomycin-Zement zwei weitere Maßgaben gelten: Erstens sollte er sich schon äußerlich deutlich von anderen Zementen unterscheiden, um eine versehentliche Verwendung auszuschließen. Zweitens sollte er optimalerweise im zweizeitigen Vorgehen zur Behandlung einer akuten Infektion mit einem Spacer eingesetzt werden. Ziel eines solchen Einsatzes – hochdosiert und idealerweise in Kombination mit Gentamicin, das auch die Freisetzung des Vancomycins befördert – muss die Abtötung aller Keime sein, um eine Resistenzbildung so weit wie möglich auszuschließen. Ein prophylaktischer Einsatz ist nicht begründet.¹

Literatur:

1. Parvizi J, Gehrke T, Chen AF. Proceedings of the International Consensus on Periprosthetic Joint Infection. <https://www.efort.org/proceedings-of-the-international-consensus-meeting-on-periprosthetic-joint-infection/>

Knochenzement und Antibiotika

von Dr. med. Lars Frommelt

Mit Antibiotika versetzter Knochenzement wird prophylaktisch und therapeutisch gegen Implantatinfektionen eingesetzt. Bei zementierten Endoprothesen ist die prophylaktische Anwendung zusammen mit der systemischen Prophylaxe empfohlen, ihre Wirksamkeit ist unter anderem durch die Daten des norwegischen Endoprothesenregisters belegt.¹ Für die Behandlung von Knocheninfektionen in der Revisionsendoprothetik werden meist gentamicin- oder clindamycin-/gentamicinhaltige Knochenzemente verwendet. Angesichts der verstärkt auftretenden antibiotikaresistenten Mikroorganismen wird immer häufiger auch Vancomycin eingesetzt.

Prophylaxe

Über die Prophylaxe mit Knochenzement, der mit Antibiotika versetzt wurde, gibt es nur wenige Arbeiten. Neben dem norwegischen Register ist hier vor allem eine Arbeit von Ueng et al. zu nennen. Die Autoren haben in einer kontrollierten Studie nachgewiesen, dass mit Oxacillin versetzter Knochenzement die antibakterielle Aktivität der Gelenkflüssigkeit – bei gleichzeitiger systemischer Gabe von Cefalozin – deutlich verlängert.² Allerdings wurde in dieser Studie die Wirkung des Oxacillin nur beim gegen Methicillin empfindlichen Staphylococcus aureus (MSSA) nachgewiesen. Gegen methicillinresistente Bakterien (MRSA) wies dagegen nur die Gelenkflüssigkeit der Gruppe, deren Zement mit Vancomycin versetzt war, eine verlängerte antimikrobielle Aktivität auf. Der zunehmend breite, zum Teil auch prophylaktische Einsatz von Vancomycin wirft jedoch die Frage auf, welche Antibiotika darüber hinaus zur Anwendung im PMMA-Knochenzement zur Verfügung stehen. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind vancomycinresistente Erreger selten und müssen bei Prophylaxen ohne Nachweis einer Besiedelung des Patienten nicht berücksichtigt werden.

Die prophylaktische Wirksamkeit antibiotikabeladener Knochenzemente wird auch von einer Metaanalyse bestätigt. Wang et al. werteten acht Studien mit insgesamt 6.381 Gelenkersatzoperationen aus.³ Bei Patienten, die mit antibiotikabeladenem Zement versorgt wurden, lag die Rate der tiefen Infektionen um rund 40 Prozent niedriger als bei der zementierten Versorgung ohne Antibiotika. Zudem erwies sich in dieser Analyse Gentamicin gegenüber Cefuroxim als überlegen. Eine weitere Metaanalyse kommt zu dem Schluss, dass antibiotikabeladener Zement das Risiko der periprothetischen Gelenkinfektion bei der Endoprothetik senkt.⁴

Therapie

Bei periprothetischen Infektionen spielen vor allem vier Arten von Bakterien eine Rolle: Staphylokokken (vor allem koagulase-negative Staphylokokken wie *S. epidermidis*), Enterokokken



Dr. med. Lars Frommelt ist Facharzt für Laboratoriumsmedizin, Mikrobiologie und Infektions-epidemiologie in Hamburg

und Propionibakterien (grampositiv) sowie gramnegative Enterobacteriaceae (zum Beispiel *Escherichia coli*). Vor allem Staphylokokken erweisen sich immer häufiger als resistent gegen Gentamicin und Clindamycin; Enterokokken sind konstitutionell gegen Gentamicin und Clindamycin resistent.

Bei der periprothetischen Gelenkinfektion, aber auch bei der Therapie von anderen Knocheninfektionen ergänzt die lokale wie systemische Antibiotikatherapie die chirurgische Behandlung mit radikalem Débridement. Durch Einsatz von lokalen, zum Beispiel an PMMA-Knochenzement gebundenen Antibiotika können im entzündeten Knochen Antibiotikakonzentrationen am Ort der Infektion erzielt werden, die durch eine systemische Therapie nicht erreichbar sind.

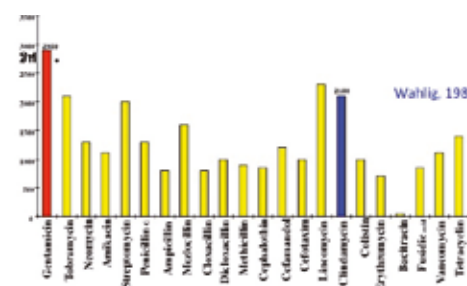
Knochenzemente, die Gentamicin oder eine Kombination von Clindamycin und Gentamicin enthalten, stehen als industriell gefertigte Biomaterialien zur Verfügung. Einige Hersteller bieten auch vancomycinhaltigen Zement an.

Diese Zemente sind keine Arzneimittel, sondern Biomaterialien, denen Antibiotika zum Schutz des Biomaterials in situ zugegeben wurden. Eine Therapie mit kommerziellen, antibiotikahaltigen

Industriell vorgefertigte Zementmischungen erreichen reproduzierbar gute mechanische Eigenschaften.

Mit Antibiotika versetzter Knochenzement trägt zur Senkung der Infektionsrate in der Primärendoprothetik bei.

Freisetzung von Antibiotika aus Knochenzementzylindern (0,5g Antibiotikum/40g PMMA)



Quelle: Wahlig, H.: Über die Freisetzungskinetik von Antibiotika aus Knochenzementen – Ergebnisse vergleichender Untersuchungen in vitro und in vivo.

In: Willert, H.-G., Buchhorn, G (Hrsg.), Aktuelle Probleme in der Chirurgie und Orthopädie, Band 31, Knochenzement, 221-226 (1987)

Knochenzementen ist damit eine Anwendung außerhalb des Indikationsbereichs. Arzneirechtlich gesehen handelt es sich um eine Off-Label-Therapie. Industriell vorgefertigte Zementmischungen haben gegenüber individuell hergestellten Mischungen einen entscheidenden Vorteil: Ihre mechanischen Eigenschaften sind bekannt. Wenn sie in Vakuummischsystemen hergestellt werden, erreichen sie eine reproduzierbar hohe Qualität. Von allen Antibiotika erreicht Gentamicin die höchste Freisetzungsrates aus Knochenzement.⁶

Intraoperative Beimischung von Antibiotika

Werden Substanzen benötigt, die nicht in vorgefertigten Mischungen verfügbar sind, müssen diese auf den einzelnen Patienten abgestimmt dem Knochenzement zugemischt werden. Dies geschieht meist intraoperativ von Hand. Spezifische Mischungen werden insbesondere bei Infektionen mit Erregern benötigt, die gegen Gentamicin, Clindamycin oder auch gegen Vancomycin resistent sind.

Die individuelle Beimischung von Antibiotika verändert die Rechtsnatur des Knochenzementes. Aus dem Medizinprodukt wird ein neues, vom Arzt hergestelltes Arzneimittel.⁵ Nach § 4 Nr. 14 Arzneimittelgesetz (AMG) ist dies ohne Arzneimittelzulassung oder Herstellererlaubnis möglich. Es besteht aber eine Anzeigepflicht gegenüber der zuständigen Landesbehörde, die an die Person des Arztes gebunden ist. Ferner ist die dokumentierte Aufklärung und Einwilligung des Patienten zu dieser individuellen Therapie erforderlich.

Die Auswahl der Antibiotika erfolgt anhand der ausgetesteten Resistenz der Erreger präoperativ. Dieses Vorgehen ist bei dauerhafter Versorgung, etwa bei der Reimplantation einer Endoprothese, zwingend erforderlich. Bei temporären Implantaten wie Spacern ist bei fehlendem Resistogramm eine kalkulierte Auswahl der Antibiotika möglich, sollte aber die Ausnahme sein.

Aufgrund der Resistenzlage sind unter Umständen individuelle Zumischungen von Antibiotika erforderlich. Es dürfen jedoch nur Antibiotika verwendet werden,

- deren Wirksamkeit unter der Polymerisationswärme nicht leidet,
- die chemisch nicht mit dem Knochenzement interagieren,
- die in ausreichendem Maß aus dem Knochenzement freigesetzt werden.

Tabelle 1 zeigt eine Auswahl von geeigneten Substanzen. Jede Zumischung von Substanzen zum PMMA-Knochenzement führt zu einer Veränderung der mechanischen Eigenschaften. Die zugemischte Substanz darf nicht mehr als zehn Prozent der Zementmenge ausmachen. Die Zumischung muss mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Das Gemisch von PMMA-Pulver und Antibiotika in kristalliner Form sollte so homogen wie möglich sein, um die mechanischen Eigenschaften möglichst wenig zu beeinträchtigen und eine gleichmäßige Freisetzung zu erlauben. Das Vorgehen ist in **Tabelle 2** beschrieben. Um möglichst gute mechanische Eigenschaften des Zementes zu erreichen, sollte unbedingt ein Vakuummischsystem verwendet werden.

Bei resistenten Erregern ist zunächst der möglichst genaue Nachweis der beteiligten Erregertypen erforderlich.

Auch für individuell hergestellte Mischungen von Knochenzement und Antibiotika sollte ein Vakuummischsystem verwendet werden.

Tabelle 1: Geeignete Antibiotika für die Zumischung in Knochenzement (Auswahl)

	Antibiotikum	Bemerkung
Antibiotika mit lange bekannter Wirksamkeit	Gentamicin	
	Tobramycin	Anwendung überwiegend in den USA
	Clindamycin	
	Vancomycin	Gute Auslösung zusammen mit Gentamicin
	Erythromycin	Historisch
	Colistin	Kritisch aufgrund Toxizität*, nur spezielle Indikationen
	Cefazedon	Nicht mehr verfügbar
	Cefoperazon	Nicht mehr verfügbar
	Thiamphenicol	In Deutschland nicht mehr verfügbar
	Streptomycin	Nur TBC
Antibiotika mit moderater Auslösung	Ofloxacin	Nur in Kombination
	Cefazolin	
	Cefuroxim	
	Ampicillin	
Antibiotika ohne ausreichende Studienlage	Meropenem	ESBL-Bildner, Pseudomonas aeruginosa
	Teicoplanin	
	Daptomycin	Vancomycin-resistente Enterokokken

*Crane DP, Gromov K, Li D, Søballe K, Wahnes C, Büchner H, Hilton MJ, O’Keefe RJ, Murray CK, Schwarz EM. Efficacy of Colistin Impregnated Beads to Prevent Multi-drug Resistant A. baumannii Implant-Associated Osteomyelitis. J Orthop Res. 2009 August ; 27(8): 1008–1015. doi:10.1002/jor.20847

Tabelle 2: Zumischung von Antibiotika zu Gentamicin-PMMA-Knochenzement

Aus: Frommelt L. Lokale Antibiotikatherapie – Weshalb lokale Antibiotika bei der Behandlung von Infektionen am Bewegungsapparat? In: R. Schnettler, H.-U. Steinau (Hrsg.), Septische Knochenchirurgie, 2004 Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 89

Gerätschaften	Arbeitsschritte
Geeignetes steriles Gefäß	1. Antibiotikapulver steril in das Anrührgefäß überführen (Gesamtmenge) 2. Gleiche Menge PMMA-Polymer-Pulver hinzufügen
Steriler Spatel (Kunststoff oder Metall)	3. Mit Spatel gut mischen 4. Zu der im Gefäß vorhandenen Menge die gleiche Menge PMMA-Polymer-Pulver zugeben 5. Mit Spatel gut mischen 6. Vorgang so lange wiederholen, bis das PMMA-Polymerpulver aufgebraucht ist 7. PMMA-Monomer-Flüssigkeit hinzugeben und nach Herstellervorschrift weiterverarbeiten

Literatur:

1. Espehaug B, Engesaeter LB, Vollset SE, Havelin LI, Langeland N. Antibiotic prophylaxis in total hip arthroplasty. J Bone Joint Surg (Br) 1997;79 B: 590-5
2. Ueng SWN, Hsieh PH, Shih HN, Chan YS, Lee MS, Chang Y. Antibacterial Activity of Joint Fluid in Cemented Total-Knee Arthroplasty: an In Vivo Comparative Study of Polymethylmethacrylate with and without Antibiotic Loading. Antimicrob. Agents Chemother. 2012, 56(11):5541
3. Wang J, Zhu C, Cheng T, Peng X, Zhang W, et al. (2013) A Systematic Review and Meta-Analysis of Antibiotic-Impregnated Bone Cement Use in Primary Total Hip or Knee Arthroplasty. PLoS ONE 8(12): e82745. doi:10.1371/journal.pone.0082745
4. Block JE, Stubbs HA. Reducing the Risk of Deep Wound Infection in Primary Joint Arthroplasty with Antibiotic Bone Cement. Orthopedics, November 2005, 28(11)
5. Frommelt L. Lokale Anwendung von Antibiotika in Knochenzement und in Kollagenvliesen. Berliner Seminare 2/2011
6. Wahlig H. Über die Freisetzungskinetik von Antibiotika aus Knochenzementen – Ergebnisse vergleichender Untersuchungen in vitro und in vivo. In: Willert HG, Buchhorn G (Hrsg.). Aktuelle Probleme in der Chirurgie und Orthopädie, Band 31, Knochenzement, 221-226 (1987)

Zement als Antibiotikaträger in der Revision infizierter Endoprothesen

von Prof. Dr. med. Bernd Fink

Periprothetische Infektionen sind mit einer Inzidenz von etwa einem Prozent eine seltene, aber ernsthafte Komplikation bei der Hüft- und Knieendoprothetik.^{1,2} Während bei Frühinfekten, die innerhalb von vier Wochen nach Implantation auftreten, das Implantat mit großer Erfolgsaussicht belassen werden kann, bedürfen Spätinfekte eines Implantatwechsels.^{3,4}

Hierbei wird von den meisten Operateuren nach der Implantatentfernung und dem Débridement im Rahmen eines sogenannten zweizeitigen Wechsels ein antibiotikabeladener Spacer für meist 6 bis 12 Wochen implantiert.^{5,6,7,8,9} Die Aufgabe dieses Spacers soll zum einen die Infekttherapie durch lokale Abgabe von Antibiotika im infektassoziierten Prothesenlager und zum anderen die Aufrechterhaltung der Weichteilspannung und damit einer möglichst guten Funktion bis zur Implantation einer Revisionsendoprothese sein.⁶

Lokale Freisetzung

Für die antibiotische Therapie mit Spacern ist es wichtig, dass die lokalen Antibiotikaspiegel für die Dauer der Spacereinlage über der minimalen Hemmkonzentration der für periprothetische Infektionen in Frage kommenden Keime liegen, da sonst die Gefahr eines Infektrezidivs besteht. In der Literatur existieren nur wenige Daten über die lokale Freisetzung von Antibiotika aus dem Spacerzement in vivo über eine längere Zeit von mehreren Wochen. Masri et al.¹¹ fanden bei 49 Patienten bei der Spacerexplantation nach durchschnittlich 118 Tagen ausreichend hohe Konzentrationen für Tobramycin und Vancomycin, Hsieh et al.¹² bei 46 Patienten nach durchschnittlich 107 Tagen für die Antibiotika Vancomycin und Aztreonam. Bertazzoni, Minelli et al.¹³ zeigten bei 20 Patienten nach einer anfänglich hohen Antibiotikafreisetzung auch nach 3 bis 6 Monaten eine konstante Freisetzung von Gentamicin und Vancomycin.

In einer eigenen In-vivo-Studie konnten wir zeigen, dass nach einer sechswöchigen Spacereinlage lokal im Gewebe noch Antibiotikaspiegel oberhalb der minimalen Hemmkonzentration der periprothetische Infektionen auslösenden Bakterien freigesetzt werden. Dies konnte bei 14 zweizeitig gewechselten infizierten Hüftendoprothesen bei Spacern mit Gentamicin und Clindamycin im Zement für diese beiden Antibiotika und bei zusätzlicher Beimischung von Vancomycin für alle drei Antibiotika nachgewiesen werden.¹⁴ Hierbei stellt unsere Studie die erste dar, in der die Konzentration in dem die Spacer umgebenden Gewebe und somit am Ort des späteren Implantatalters der neuen Endoprothese gemessen wurde.

Die lokalen Antibiotikaspiegel müssen für die Dauer der Spacereinlage über der minimalen Hemmkonzentration der in Frage kommenden Keime liegen.



Prof. Dr. med. Bernd Fink ist Chefarzt der Klinik für Endoprothetik, Allgemeine und Rheumaorthopädie an der Orthopädischen Klinik Markgröningen

Verschiedene Antibiotika

Nicht alle Antibiotika können dem Zement zugemischt werden. Sie müssen als Pulver verfügbar, wasserlöslich und hitzestabil sein. Die am häufigsten verwendeten Antibiotika sind Gentamicin, Clindamycin, Vancomycin, Tobramycin, Aztreonam, Ampicillin und Ofloxacin.^{15,16,17,18} In den meisten Arbeiten werden immer dieselben, vorgegebenen Antibiotika in den Zement gemischt. Einige Autoren verwenden regelhaft Vancomycin und Tobramycin aufgrund ihres breiten Wirkungsspektrums als Antibiotikabeimischung in den Zement.^{19,20} Jedoch können nicht alle Bakterien mit diesen Antibiotika erfolgreich therapiert werden (zum Beispiel einige gram negative Organismen). Dies ist ein Argument für die präoperative Identifikation der Bakterien und deren Empfindlichkeit sowie für die bakterienspezifische Antibiotikaauswahl für die lokale und systemische The-

Für die Zumischung zum Zement kommen nur Antibiotika in Frage, die als Pulver verfügbar, wasserlöslich und hitzestabil sind.

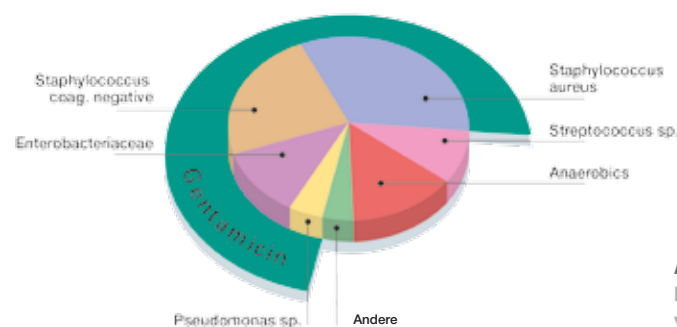


Abb. 1: Bakterizides Spektrum von Gentamicin

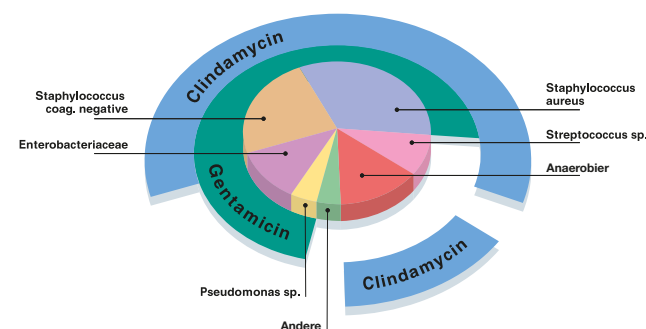


Abb. 2: Bakterizides Spektrum von Gentamicin und Clindamycin

rapie. Masri et al.²¹ berichteten in einer retrospektiven Studie über eine Erfolgsrate von 89,7 Prozent bei einer bakterienspezifischen Antibiotikabeimischung in den Zement von Spacern. In einer eigenen prospektiven Studie von 36 Fällen sahen wir bei einem Mindestnachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren keine Reinfektion bei bakterienspezifischer Antibiotikabeimischung in individuell angefertigten Spacern.¹⁰

Antibiotika beeinflussen einander in ihrer Freisetzung aus dem Zement gegenseitig. Die Beimischung zweier Antibiotika führt zu einem synergistischen Effekt in der Freisetzung, sodass die Freisetzung jedes einzelnen Antibiotikums aus dem Zement bei einer Kombination höher ist als bei einer singulären Beimischung.^{15,22,23,24,25} Die zusätzliche Beimischung von Vancomycin führte jedoch in unserer Studie nicht zu einer höheren Freisetzung der beiden im Zement vorhandenen Antibiotika Gentamicin und Clindamycin.¹⁴

Unterschiedliche Antibiotika werden unterschiedlich aus Spacern freigesetzt und beeinflussen einander hierbei auch in Kombination mit anderen Antibiotika.³ Daher kann nicht von einem auf ein anderes Antibiotikum geschlossen werden. In vielen Kliniken werden aufgrund der höheren Freisetzung von Antibiotika aus Zementen mit Gentamycin und Clindamycin im Vergleich zu Zementen mit nur Gentamycin erstgenannte Zemente verwendet und gegebenenfalls je nach Antibiotogramm spezifisch mit weiteren Antibiotika (meistens Vancomycin) versetzt.^{9,10,24} Mit diesem Konzept konnten wir, wie andere, sehr hohe Eradikationsraten von 100 Prozent erzielen, so dass eine ausreichende Antibiotikakonzentration lokal anzunehmen ist.^{9,10,26}

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass per Hand angerührter Zement eine höhere Antibiotikafreisetzung erreicht als unter Vakuum angemischter Zement. Dies liegt daran, dass im handangemischten Zement Luftblasen vorhanden sind, die zu einer Vergrößerung der Oberfläche führen, aus welcher die Antibiotika freigesetzt werden. Allerdings sind die mechanischen Eigenschaften (wie Bruchfestigkeit) des handangerührten Zementes schlechter als die des unter Vakuum angerührten Zementes.²⁷ Die mechanischen Eigenschaften des Zementes beim Spacer müssen jedoch nicht die gleichen strengen Kriterien erfüllen wie bei der Primärimplantation von Endoprothesen. Daher bevorzugen wir die bakterienspezifische Zumischung von mehreren Antibiotika im Zementspacer und konnten mit diesem Konzept zeigen, dass die erreichten lokalen Antibiotikaspiegel auch nach 6 Wochen noch über der minimalen Hemmkonzentration liegen und geringe Rezidivquoten von bis zu 0 Prozent in der klinischen Anwendung erzielt werden können.^{10,14}

Somit hat der antibiotikabeladene Spacer neben der mechanischen Platzhalterfunktion auch eine wichtige Rolle in der Behandlung von periprothetischen Infektionen.

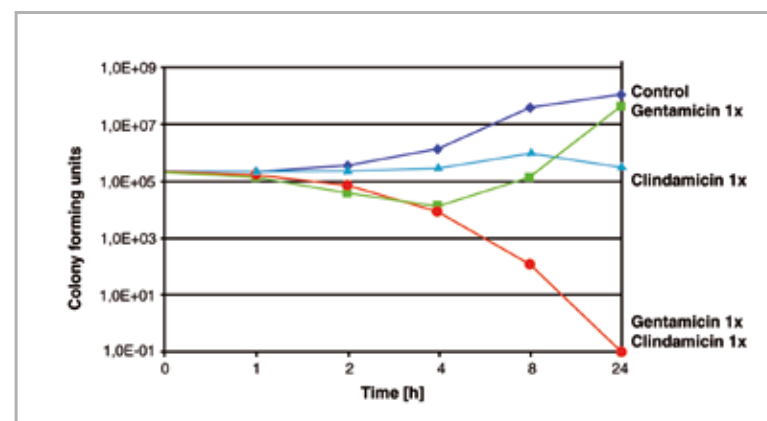


Abb. 3: Der synergistische bakterizidale Effekt von Gentamicin und Clindamycin bei *Staphylococcus aureus*²⁸

Literatur:

1. Fitzgerald Jr RH. Infected total hip arthroplasty: Diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 1995;3:249-262
2. Garvin KL, Hanssen AD. Current concepts review: Infection after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 1995;77-A:1576-1588
3. Cui Q, Mihalko WM, Shields JS, Ries M, Saleh KJ. Antibiotic-impregnated cement spacers for the treatment of infection associated with total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am).* 2007;89-A:871-882
4. Hanssen AD, Osmon DR. Evaluation of a staging system for infected hip arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 2002;403:16-22
5. Evans RP. Successful treatment of total hip and knee infection with articulating antibiotic components: a modified treatment method. *Clin Orthop Relat Res* 2004;427:37-46
6. Burnett RSJ, Kelly MA, Hanssen AD, Barrack RL. Technique and timing of two-stage exchange for infection in TKA. *Clin Orthop Relat Res* 2007;464:164-178
7. Hofmann AA, Kane KR, Tkach TK, Plaster RL, Camargo MP. Treatment of infected total knee arthroplasty using an articulating spacer. *Clin Orthop Relat Res* 1995;321:45-51
8. Goldman RT, Scuderi GR, Insall JN. 2-stage reimplantation for infected total knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1996;331:118-124
9. Fink B. Revision of late periprosthetic infections of total hip endoprostheses: pros and cons of different concepts. *Int J Med Science* 2009;6:287-295
10. Fink B, Grossmann A, Fuerst M, Schäfer P, Frommelt L. Two-stage cementless revision of infected hip endoprostheses. *Clin Orthop Relat Res* 2009;467:1848-1858
11. Masri BA, Duncan CP, Beauchamp CP. Long-term elution of antibiotics from bone-cement. An in vivo study using the prosthesis of antibiotic-loaded acrylic cement (PROSTALAC) system. *J Arthroplasty* 1998;13:331-338
12. Hsieh PH, Chang YH, Chen SH, Ueng SW, Shih CH. High concentration and bioactivity of vancomycin and aztreonam eluted from Simplex cement spacers in two-stage revision of infected hip implants: a study of 46 patients at an average follow-up of 107 days. *J Orthop Res.* 2006;24:1615-1621
13. Bertozzoni Minelli E, Benini A, Magnan B, Bartolozzi P. Release of gentamicin and vancomycin from temporary human hip spacers in two-stage revision of infected arthroplasty. *J Antimicrob Chemother* 2004;53:329-334
14. Fink B, Vogt S, Reinsch M, Büchner H. Sufficient release of antibiotic by a spacer 6 weeks after implantation in two-stage revision of infected hip prostheses. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:3141-3147
15. Anagnostakos K, Kelm J, Regitz T, Schmitt E, Jung W. In vitro evaluation of antibiotic release from and bacteria growth inhibition by antibiotic-loaded acrylic bone cement spacers. *J Biomed Mater Res* 2005;72-B:373-378
16. D.N. Heller, J.O. Peggins, C.B. Nochetto, M.L. Smith, O.A. Chiesa, K. Moulton, J. Chromatogr. B. 2005;821:22-30
17. Hoff SF, Fitzgerald RH, Kelly PJ. The depot administration of penicillin and gentamicin in acrylic bone cement. *J Bone Joint Surg (Am)* 1981;63-A:798-804
18. Hofmann AA, Goldberg TD, Tanner AM, Cook TM. Ten-year experience using an articulating antibiotic cement hip spacer for the treatment of chronically infected total hip. *J Arthroplasty.* 2005;20:874-879
19. Fehring TK, Calton TF, Griffin WL. Cementless fixation in 2-stage reimplantation for periprosthetic sepsis. *J Arthroplasty.* 1999;14:175-181
20. Kraay MJ, Goldberg VM, Fitzgerald SJ, Salata MJ. Cementless two-staged total hip arthroplasty for deep periprosthetic infection. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;441:243-249
21. Masri BA, Panagiotopoulos KP, Greidanus NV, Garbuz DS, Duncan CP. Cementless two-stage exchange arthroplasty for infection after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2007;22:72-78
22. Simpson PMS, Dall GF, Breusch SJ, Heisel C. In vitro elution and mechanical properties of antibiotic-loaded SmartSet HV and Palacor R acrylic bone cements. *Orthopäde* 2005;34:1255-1262
23. Baleani M, Persson C, Zolezzi C, Andollina A, Borelli AM, Tiganì D. Biological and biomechanical effects of Vancomycin and Meropenem in acrylic bone cement. *J Arthroplasty.* 2008;23:1232-1238
24. Ensing GT, van Horn JR, van der Mei HC, Busscher HJ, Neut D. Copal bone cement is more effective in preventing biofilm formation than Palacos R-G. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466:1492-1498
25. Penner MJ, Duncan CP, Masri BA. The in vitro elution characteristics of antibiotic-loaded CMW and Palacos-R bone cement. *J Arthroplasty* 1999;14:209-214
26. Hsieh PH, Shih CH, Chang YH, Lee MS, Yang WE, Shih HN. Treatment of deep infection of the hip associated with massive bone loss. Two-stage revision with an antibiotic-loaded interim cement prosthesis followed by reconstruction with allograft. *J Bone Joint Surg Br* 2005;87-B:770-775
27. Hanssen AD, Spanghel MJ. Practical applications of antibiotic-loaded bone cement for treatment of infected joint replacements. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;427:79-85
28. Pfefferle HJ, Kock H-J, Specht R. A gentamicin / clindamycin containing bone cement (Copal R). Poster presentation at 6th World Biomaterials Congress, Hawaii, USA, 15-20 May 2000

Unterschiedliche Antibiotika werden unterschiedlich freigesetzt. In der Kombination beeinflussen sie sich im Freisetzungverhalten gegenseitig.

Modulare Spacer erzielen bessere Ergebnisse

Prof. Romanò stellt in Prag Studienergebnisse vor

Im Rahmen der 32. Jahresversammlung der European Bone and Joint Infection Society (EBJIS, 12.–14. September 2013, Prag) sprach Prof. Dr. Carlo Romanò (Mailand) über die technische Evolution, die Ergebnisse und die Zukunft der zweizeitigen Revision in der Hüfttotalendoprothetik. Anlässlich des von Biomet organisierten Symposiums zum Thema „Modernes Infektionsmanagement in der Gelenkendoprothetik“ stellte Prof. Romanò unter anderem Ergebnisse verschiedener Studien vor, die den Einsatz von Zementspacern in der Infektchirurgie untersuchten.

Prof. Romanò fasste in seinem Vortrag den aktuellen Wissensstand zum Thema zusammen und versuchte, ein evidenzbasiertes Vorgehen für die Versorgung infizierter Hüftendoprothesen zu definieren. Zu diesem Zweck hat er zahlreiche Studien ausgewertet, die allerdings bei kleinen Patientenzahlen in ihrer wissenschaftlichen Aussagekraft begrenzt sind. Kriterien für die bestmögliche Strategie lassen sich seines Erachtens aus drei Fragestellungen ableiten.

Einzeitig oder zweizeitig?

„Die zweizeitige Revision hat nach wie vor einen wichtigen Stellenwert“, konstatierte Prof. Romanò in Prag. Bei Revisionen in nur einem Schritt wurde die Infektion in 86,9 Prozent der Fälle beseitigt, während dies bei Revisionen in zwei Schritten in 93,8 Prozent gelang. Auch das Wiederauftreten von Infektionen sei bei zweizeitiger Revision seltener zu beobachten als bei einzeitiger. Nach einzeitigem Vorgehen kam es bei jedem siebten Patienten zu einem Rezidiv, während es bei zweizeitigen Revisionen nur in jedem sechzehnten Fall auftrat.

Antibiotikakonzentration am Infektionsherd

Aus den bisher vorliegenden Daten lässt sich nicht herauslesen, ob eine hohe lokale Antibiotikakonzentration am Infektionsherd tat-

sächlich notwendig ist. Allerdings stehen randomisierte Studien, welche Spacer mit unterschiedlichen Antibiotikakonzentrationen miteinander vergleichen, noch aus. Erst nach solchen Untersuchungen könnten belastbare Aussagen über die Sicherheit und die Effektivität gemacht werden, so Prof. Romanò.

Modulare Spacer überlegen

Die Wahl des richtigen Spacers spielt für den Erfolg der Behandlung ebenfalls eine Rolle. Prof. Romanò untersuchte vier Typen von Hüft-Zementspacern anhand folgender Kriterien:

- tribologische Eigenschaften
- mechanischer Widerstand
- Variabilität der Antibiotika
- Operationszeit
- standardisierte Technik
- Metallbelastung
- Dislokationsrisiko
- Kosten

Vorgeformte und modulare Spacer erzielten anhand dieser Kriterien die besten Ergebnisse. Allerdings wiesen vorgeformte Spacer in Prof. Romanòs Untersuchungen mit sechzehn Prozent eine hohe Dislokationsrate auf. Modulare Spacer erfordern zwar etwas mehr Zeit für die Implantation, sind den vorgeformten aber beim Dislokationsrisiko überlegen.

- Affatato S, Mattarozzi A, Taddei P, Robotti P, Soffiatti R, Sudanese A, Toni A. Investigations on the wear behaviour of the temporary PMMA-based hip Spacer-G®. *Proc Inst Mech Eng* 2003, 217(1):1
- Baleani M, Traina F, Toni A. The mechanical behaviour of a pre-formed hip spacer. *Hip Int* 2003, 13(3):159.
- Barrett MO, Bal BS. Septic arthritis of the hip in an immune competent adult: the significance of the differential diagnosis. *J Am Board Fam Med* 2007, 20:307-9
- Bauer T, Lacoste S, Lhotellier L, Mamoudy P, Lortat-Jacob A, Hardy P. Arthroplasty following a septic arthritis history: A 53 cases series. *Orthop & Traumatol Surg Res* 2010, 96:840-843
- Bertazzoni Minelli E, Benini A, Magnan B, Bartolozzi P. Release of gentamicin and vancomycin from temporary human hip spacers in twostage revision of infected arthroplasty. *J Antimicrob Chemother* 2004, 53(2):329
- Calhoun JH, Cierny G, Holtom P, Mader J, Nelson CL. Symposium: current concepts in the management of osteomyelitis. *Contemp Orthop* 1994, 28:157
- Charlton WPH, Hozack WJ, Teloken MA, Rao R, Bissett GA. Complication associated with reimplantation after Girdlestone arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2003, 407:119
- Chen CE, Wang JW, Juhn RJ. Total hip arthroplasty for primary septic arthritis of the hip in adults. *Int Orthop* 2008, 32:573-80
- Cui Q, Mihalko WM, Ries SM, Saleh KJ. Antibiotic-impregnated cement spacers for the treatment of infection associated with total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2007, 89:871-82
- Diwanji SR, Kong IK, Park YH, Cho SG, Song EK, Yoon TR. Two-stage reconstruction of infected hip joints. *J Arthroplasty* 2008, 23(5):656-61
- Falagas ME, Siempos II, Papagelopoulos PJ, Vardakas KZ. Linezolid for the treatment of adults with bone and joint infections. *Int J Antimicrob Agents* 2007, 29(3):233-9
- Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 1969, 51:737-55
- Hsieh PH, Chen LH, Chen CH, Lee MS, Yang WE, Shih CH. Two-stage revision hip arthroplasty for infection with custom made, antibioticloaded, cement prosthesis as an interim spacer. *J Trauma* 2004, 56-6:1247
- Huang TW, Huang KC, Lee PC, Tai CL, Hsieh PH. Encouraging outcomes of staged, uncemented arthroplasty with short-term antibiotic therapy for treatment of recalcitrant septic arthritis of the native hip. *J Trauma* 2010, 68(4):965-9
- Kelm J, Bohrer P, Schmitt E, Anagnostakos K. Treatment of proximal femur infections with antibiotic-loaded cement spacers. *Int J Med Sci* 2009, 6(5):258-64
- Magnan B, Regis D, Biscaglia R, Bartolozzi P. Preformed acrylic bone cement spacer loaded with antibiotics. Use of two-stage procedure in 10 patients because of infected hips after total replacement. *Acta Orthop Scand* 2001, 72(6):591
- Manjón-Cabeza Subirat JM, Moreno Palacios JA, Mozo Muriel AP, Cátedra Vallés E, Sancho Loras R, Ubeda Tikkanen A. Functional outcomes after resection of hip arthroplasty (Girdlestone technique). *Rev Esp Geriatr Gerontol* 2008, 43(1):13-8
- Masri BA, Panagiotopoulos KP, Greidanus NV, Garbuz DS, Duncan CP. Cementless two-stage exchange arthroplasty for infection after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2007, 22:72-8
- Meani E, Romanò CL, Crosby L, Hofmann G. *Infection and local treatment in orthopaedic infections*. Heidelberg: Springer-Verlag Ed; 2007
- Morshed S, Huffman GR, Ries MD. Septic arthritis of the hip and intrapelvic abscess following intra-articular injection of hylan G-F 20. A case report. *J Bone Joint Surg Am* 2004, 86:823-6
- Regis D, Sandri A, Rizzo A, Bartolozzi P. A preformed temporary antibioticloaded cement spacer for the treatment of destructive septic hip arthritis: a case report. *Int J Infect Dis* 2010, 14(3):259-61
- Rice DA, Mendez-Vigo L. Daptomycin in bone and joint infections: a review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009, 129(11):1495-504
- Romanò CL, Duci D, Romanò D, Mazza M, Meani E. Celecoxib versus indomethacin in the prevention of heterotopic ossification after total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 2004, 19(1):14
- Romanò CL, Romanò D, Logoluso N, Meani E. Long-stem versus shortstem preformed antibiotic-loaded cement spacers for two-stage revision of infected total hip arthroplasty. *Hip Int* 2010, 20(1):26-33
- Romanò CL, Romanò D, Meani E, Logoluso N, Drago L. Two-stage revision surgery with preformed spacers and cementless implants for septic hip arthritis: a prospective, non-randomized cohort study. *BMC Infectious Diseases* 2011, 11:129 <http://www.biomedcentral.com/1471-2334/11/129>
- Schoellner C, Fuerderer S, Rompe JD, Eckardt A. Individual bone cement spacers (IBCS) for septic hip revision-preliminary report. *Arch Orthop Trauma Surg* 2003, 123:254-9
- Spangehl MJ, Masri BA, O'Connell JX, Duncan CP. Prospective analysis of preoperative and intraoperative investigations for the diagnosis of infection at the sites of two hundred and two revision total hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg* 1999, 81-A:672-83
- Stutz G, Kuster MS, Kleinstück F, Gächter A. Arthroscopic management of septic arthritis: stages of infection and results. *Knee Surg Traumatol Arthrosc* 2000, 8:270-4

Consensus Meeting: Zement und Antibiotika

Ein Gespräch mit Prof. Dr. Thorsten Gehrke

Zement und Antibiotika gehörten zu den Themen des International Consensus Meeting on Periprosthetic Joint Infection, das am 1. August 2013 in Philadelphia (USA) abgehalten wurde. Unter der Leitung von Prof. Dr. Thorsten Gehrke (Hamburg) und Prof. Dr. Javad Parvizi (Philadelphia) hatten sich mehr als 400 Delegierte aus der ganzen Welt versammelt, um einen internationalen Konsens im Umgang mit periprosthetischen Infektionen zu definieren. Wir fragten Prof. Gehrke nach seinen wichtigsten Eindrücken.

Was waren die zentralen Ergebnisse im Bereich Knochenzement? Es gab klaren Konsens über die prophylaktische Wirkung von antibiotikahaltigem Zement. Er senkt das Infektionsrisiko signifikant, bei der Primärimplantation wie bei der Revision. Wenn am Knie zweizeitig revidiert wird, bieten artikulierende Spacer eine überlegene Funktion.

Gab es unerwartete Ergebnisse? Nicht viele. In den meisten Fällen wurde bestätigt, was wir geahnt oder in der Praxis schon so gemacht haben, so etwa dass die Tranexamsäure einen großen Stellenwert für die Prophylaxe hat, oder dass die gängige Antibiotika-Prophylaxe ausreicht und Vancomycin dafür nicht gebraucht wird.

Was war neu? Wir haben mit großer Zustimmung die periprosthetische Infektion neu definiert und einen neuen Algorithmus für die Diagnostik definiert. Er beinhaltet zusätzlich zum bisher üblichen die positive Histopathologie und die Leukozyten-Esterase. Sie können wichtige Hinweise über das Vorliegen einer Infektion geben und sollten bei entsprechendem Verdacht immer genutzt werden.

Gab es Punkte, in denen der erreichte Konsens von den in Deutschland üblichen Verfahren abweicht? Im Gegenteil, es stellte sich heraus, dass wir in Deutschland auf einem sehr hohen Niveau arbeiten. Es waren eher andere Länder, deren Praxis bisher in manchen Punkten nicht dem erreichten Konsens entsprach. So hatte man zum Beispiel den Stellenwert des Alkohols für die Handdesinfektion noch nicht überall erkannt. In Amerika wurden CRP-Wert und Blutsenkungsgeschwindigkeit in der Diagnostik sehr absolut gesehen – in Philadelphia konnten wir aber klar herausstellen, dass bei etwa 20 Prozent der Infektionen ein normaler CRP-Wert erscheint und deshalb auch weitere Parameter beachtet werden müssen.

Gab es Überraschungen? Von den 400 Experten haben 78 Prozent bestätigt, dass ein einzeitiger Wechsel nicht nur machbar, sondern – unter genau definierten Bedingungen – auch sinnvoll ist. Das war für mich persönlich das wichtigste Ergebnis und auch eine Überraschung. Der Goldstandard ist ja der zweizeitige Wechsel. Ich hätte nicht erwartet, dass das von der Endo-Klinik entwickelte einzeitige Verfahren so viel Zustimmung bekommen würde.

Fragestellung	Konsens-Aussage	Zustimmung	Ablehnung	Enthaltung
Endoprothesenauswahl				
Beeinflusst die Art des Implantats – zementiert, unzementiert oder mit Hydroxylapatit beschichtet – das Auftreten von Wund- und Endoprotheseninfektionen?	Nein	92 %	4 %	4 %
Verringert antibiotikahaltiger Zement die Gefahr von Infektionen nach Primärimplantation?	Ja, antibiotikahaltiger PMMA-Zement sollte deshalb bei Hochrisikopatienten verwendet werden.	90 %	9 %	1 %
Verringert antibiotikahaltiger Zement die Gefahr von Infektionen nach Revision?	Ja	88 %	9 %	3 %
Gibt es einen Unterschied zwischen verschiedenen Zementarten in Bezug auf die Antibiotikafreisetzung?	Es gibt deutliche Unterschiede im Freisetzungsprofil, je nach verwendeter Zementart, Antibiotikamenge und Typ des PMMA-Zements.	96 %	0 %	4 %
Spacer				
Funktionale Unterschiede zwischen artikulierenden und nicht artikulierenden Spacern bei der Knierevision	Artikulierende Spacer bieten eine bessere Funktion. Vor allem für Zeiträume von mehr als drei Monaten sind sie zu bevorzugen.	89 %	6 %	5 %
Einzeitige vs. zweizeitige Revision				
Indikationen und Kontraindikationen für einzeitige Revision	Wenn effektive Antibiotika verfügbar sind, ist die einzeitige Revision eine angemessene Option. Ausnahmen: Patienten mit einer Sepsis, bei denen eine Resektionsarthroplastik und Keimreduzierung nötig sind. Relative Kontraindikationen: Fistel, Lappenplastik, nicht-identifizierte Keime	78 %	17 %	5 %
Indikationen für zweizeitige Revision	1. Sepsis 2. Wenn eine Infektion offensichtlich ist, aber kein Organismus identifiziert werden kann 3. schwer zu behandelnde und antibiotikaresistente Keime 4. Fistel 5. unzulängliche Weichteilabdeckung	93 %	7 %	0 %
Optimaler Zeitraum zwischen Implantatentfernung und Reimplantation	In der Literatur findet sich keine Evidenz für den optimalen Zeitraum. Die Angaben variieren zwischen zwei Wochen und mehreren Monaten.	87 %	9 %	4 %

Literatur:

Parvizi J, Gehrke T, Chen AF. Proceedings of the International Consensus on Periprosthetic Joint Infection. Bone Joint J November 2013 95-B:1450-1452
<https://www.efort.org/proceedings-of-the-international-consensus-meeting-on-periprosthetic-joint-infection/>
www.msjs-na.org/international-consensus/

Zemententfernung in der Revisionsendoprothetik

von Prof. Dr. med. Daniel Kendoff

Die sorgfältige Entfernung des alten Zements ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg eines endoprothetischen Revisionseingriffs. Vor allem in den Röhrenknochen ist sie eine durchaus anspruchsvolle Aufgabe. Wissenschaftliche Studien, die sich auf die Zemententfernung konzentrieren, gibt es allerdings so gut wie gar nicht. Die klinische Erfahrung in Zentren mit einer hohen Zahl von Revisionseingriffen bietet den höchsten verfügbaren Evidenzgrad.

Grundlagen

Sowohl bei den septischen als auch den aseptischen Fällen ist es entscheidend, den Zement vollständig zu entfernen. Ein unzementiertes Revisionsimplantat kann nicht einheilen, wo noch alter Zement das Einwachsen des Knochens behindert. Ähnliches gilt für die zementierte Revision, für die in der Regel Allografts im Sinne eines Knochenaufbaus benötigt werden, die ebenfalls nur im vitalen Knochen einwachsen können.

In der Vergangenheit verfügbare Geräte für die Zemententfernung mit Ultraschalltechnologie haben sich als nicht sehr zuverlässig erwiesen. Sie behindern die Sicht und erlauben keine saubere Abgrenzung zwischen Knochen und Zement. Geräte der neuesten Generation scheinen deutlich verbessert zu sein, mangels Erfahrung lässt sich über ihren Einsatz unsererseits noch nicht berichten.



Abb. 1:
Zur Zemententfernung sollten verschiedenste Meißelvarianten zur Verfügung stehen



Prof. Dr. med. Daniel Kendoff,
Facharzt für Orthopädie und
Unfallchirurgie, ist Oberarzt und
wissenschaftlicher Leiter der
Helios Endo-Klinik in Hamburg

Femur und andere Röhrenknochen

Die Zemententfernung am Hüftschaff ist eine große Herausforderung. Der Zementköchel im Femur ist nur in seltenen Fällen gelockert. Normalerweise lässt sich das Implantat leicht entfernen, während der Zement, gut im Knochen verzahnt, fest bleibt. Die Sicht ist durch nachfließendes Blut und die enge Röhre des Oberschenkelknochens behindert. Je tiefer man vordringt, desto schlechter wird die Sicht. In Amerika wird deshalb vor allem bei langschäftigen Implantaten das Femur per se fenestriert oder osteotomiert. Auf diese Technik greifen wir in der Endo-Klinik nur im Ausnahmefall zurück, weil für uns ein intaktes Femur als Fundament einer guten Verankerung des Revisionsimplantats Priorität hat.

Der Zement kann also nur stückchenweise gelockert und entfernt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Knochen

Bei septischen wie aseptischen Fällen ist es entscheidend, den Zement vollständig zu entfernen.

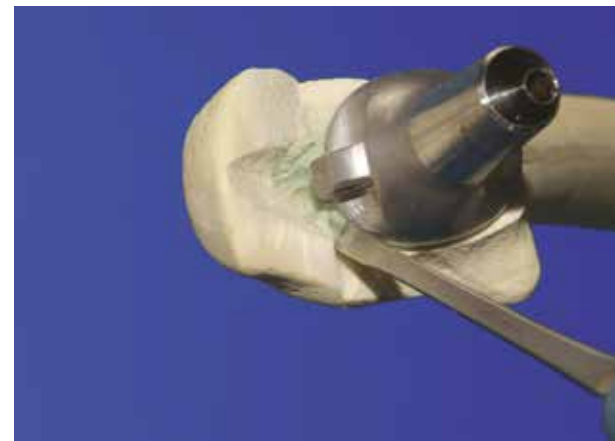


Abb. 2:
Vor der Entfernung des Implantates aus dem Zementmantel sollte die Implantat-Schulter immer freigelegt werden

Der Zementmantel in Röhrenknochen sollte immer längs, niemals quer gespalten werden.

nicht frakturiert oder durchstoßen wird. Das Standardwerkzeug sind lange, dünne Meißel, darunter auch gebogene und retrograde, sowie ein korkenzieherartiger Zemententferner. Man kann den Zementmantel auch mit flexiblen Bohrwellen von innen überbohren. Die biegsame Welle passt sich der gebogenen Form des Femur an, spezielle „weiche“ Bohrköpfe signalisieren durch eine Veränderung bei Geräusch und Abstützung, wenn sie auf die Knochengrenze stoßen.

Der Zementmantel sollte immer längs, niemals quer gespalten werden. Zu vermeiden sind Hebelbewegungen zwischen Knochen und Zementinterface. Mit einer Kopflampe lässt sich die Sicht – wenn auch nicht in allen Fällen – verbessern. Manche Operateure verwenden auch eine Kaltlichtquelle oder führen ein Arthroskop ein.

Für die Zement-in-Zement-Verankerung einer Revisionsendoprothese müssen mindestens zwei Drittel des Zementmantels intakt sein. Für gelockerte Anteile des überwiegend intakten Zementmantels gilt ebenfalls die Regel der gründlichen Entfernung. Die Zement-in-Zement-Verankerung stellt allerdings besondere Anforderungen an die anschließende Zementieretechnik. Als Revisionsimplantat kommen nur gerade, polierte Schäfte in Frage, die nach Möglichkeit eine Nummer kleiner als das Primärimplantat sein sollten. Bei der Revision an kleinen Gelenken ist die Zemententfernung in Röhrenknochen grundsätzlich schwierig und ohne Osteotomie manchmal unmöglich.

Offen zugängliche Knochenflächen

Auch hier kommt es natürlich darauf an, ein gutes Knochenlager für die Einheilung des Revisionsimplantats zu schaffen. Zement am Azetabulum oder dem Glenoid zu entfernen ist in der Regel nicht schwierig. Bei guter Sicht wird der Zement hier radiär mit kurzen Meißeln wiederum stückweise abgetragen. Am Pfannengrund ist besondere Vorsicht geboten, um keine Löcher zu erzeugen.

Schaftfreie Primärendoprothesen am Knie sind ebenfalls unproblematisch. Das Implantat muss zunächst mit kleinen Meißeln oder feinen Sägeblättern unterminiert werden. Damit vermeidet man, dass beim Austreiben noch Zement an der Komponente oder am spongiösen Knochen anhaftet und den eigentlich intakten Knochen zerstört. Bei Zweitrevisionen kann man es mit Revisionsimplantaten zu tun bekommen, deren Stiele bis zu 15 Zentimeter lang sein können. In solchen Fällen entspricht das Vorgehen der Zemententfernung auf der Hüftseite des Femur.

Knieimplantate werden mit kleinen Meißeln oder feinen Sägeblättern unterminiert.

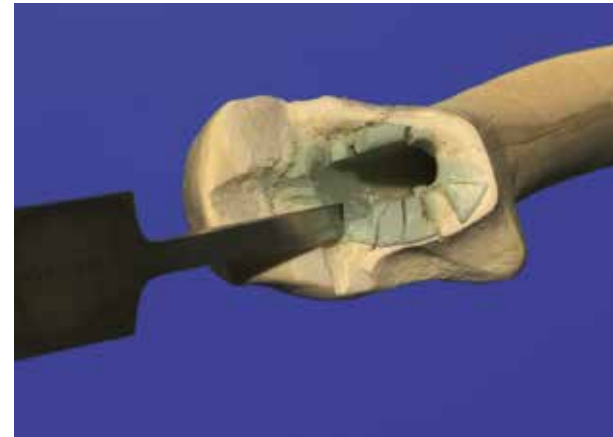


Abb. 3: Spaltung des Zementes in longitudinaler Richtung



Abb. 4: Spaltung des Zementes in longitudinaler Richtung: Die klare Abgrenzung zwischen Zement und Knochen kann durch Schaftblutungen erschwert sein

Literatur:

- Tóth K, Sisák K, Wellinger K, Manó S, Horváth G, Szendrői M, Csernátory Z. Biomechanical comparison of three cemented stem removal techniques in revision hip surgery. Arch Orthop Trauma Surg. 2011 Jul;131(7):1007-12
- Gehrke T, Gebauer M, Kendoff D. Femoral stem impaction grafting: extending the role of cement. Bone Joint J. 2013 Nov;95-B(11 Suppl A):92-4
- Duncan WW, Hubble MJ, Howell JR, Whitehouse SL, Timperley AJ, Gie GA. Revision of the cemented femoral stem using a cement-in-cement technique: a five- to 15-year review. J Bone Joint Surg Br. 2009 May;91(5):577-82
- Honl M, Schwieger K, Carrero V, Rentsch R, Dierk O, Dries S, Pude F, Bluhm A, Hille E, Louis H, Morlock M. The pulsed water jet for selective removal of bone cement during revision arthroplasty. Biomed Tech (Berl). 2003 Oct;48(10):275-80
- Paprosky WG, Weeden SH, Bowling JW Jr. Component removal in revision total hip arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 2001 Dec;(393):181-93

Knochenzement und Allergie

von Prof. Dr. med. Peter Thomas

Nickel, Kobalt und Chrom sind als klassische Auslöser von kontaktallergischen Reaktionen bekannt und spielen auch im Rahmen der endoprothetischen Versorgung eine Rolle. Neben den Metallallergien können aber auch acrylatbasierte Materialien und darin enthaltene Additiva zu komplikationsbehafteter Endoprothetik führen.¹

Allergische Reaktionen auf solche Materialien können im privaten wie auch beruflichen Umfeld auftreten. Betroffen sind zum Beispiel Zahn-techniker, Zahnärzte, Patienten mit acrylatbasierten Zahnmaterialien, aber auch Personen, die mit acrylathaltigen Klebern umgehen. Klinische Beispiele sind Handekzem, „Airborne Dermatitis“ (durch aerogen übertragene Schleifpartikel) oder Asthma bei beruflichem Kontakt wie auch Kontaktstomatitis oder oraler Lichen ruber bei Patienten mit acrylathaltigen Zahnmaterialien. Bei Zahn Technikern mit dentalmaterialassozierten Beschwerden finden sich am häufigsten allergische Reaktionen gegen Benzoylperoxid und Methylmethacrylat.² Interessanterweise sind klinische Bilder und Auslösemechanismen (wie Allergien) an Haut und Schleimhaut leichter zu verknüpfen als am endoprothetisch versorgten Gelenk. Demensprechend lassen sich Komplikationen wie Schmerzen, Überwärmung, Ergüsse oder Implantatlockerung nicht immer eindeutig einer Ursache zuordnen. Prinzipiell ist bei Auftreten derartiger Symptome neben (oft ohnehin schwer abzugrenzenden) periprothetischen Infektionen auch allergisches Geschehen als Ursache in Betracht zu ziehen. Allergien im Zusammenhang mit der Verwendung von Knochenzement sind immer noch ungenügend verstanden und damit Gegenstand aktueller Forschung.

Knochenzementbestandteile und implantatassozierte Allergien

Haddad et al. hatten schon in den 1990er-Jahren Patienten mit aseptischer Endoprothesenlockerung auch bezüglich etwaiger Allergien untersucht und bei mehreren Patienten eine Kontaktallergie gegen das Additivum N,N-Dimethyl-p-Toluidin* gefunden.³ In der Folgezeit

sind immer wieder kasuistische Mitteilungen über Patienten mit vermuteter Knochenzement-Allergie veröffentlicht worden: so bei komplikationsbehafteter Schulterendoprothetik⁴ oder bei Personen mit bereits vorliegender Kontaktdermatitis auf acrylatbasierte künstliche Fingernägel.⁵ Da dank der Zahnmaterial- und Zahntechniker-Epikutan-Testreihen standardisierte Testmöglichkeiten zu Acrylaten und Additiva bestehen, haben wir eine Knochenzement-Testreihe etabliert. Schon 2008 hatten wir bei den in unserer Sprechstunde vorgestellten Patienten vermehrt Hauttestreaktionen auf Knochenzementkomponenten gesehen. 2013 konnten wir im Vergleich mit beschwerdefreien Knochenzement-Trägern zeigen, dass speziell gegen das dem Knochenzement üblicherweise beigemischte Antibiotikum Gentamicin häufiger Hauttestreaktionen bei Patienten mit entsprechenden Beschwerden auftauchen. Bei unserem Kollektiv waren dies 7,4 Prozent der Patienten.⁶ Dies beweist den kausalen Zusammenhang zwar nicht, und eine nur für Knochenzementallergie spezifische Symptomatik lässt sich nicht definieren. Auffällig war bei unserer Testreihe aber, dass bei keinem der beschwerdefreien Patienten mit gentamicinhaltigem Knochenzement im Hauttest eine Gentamicinallergie auftrat. Deshalb gilt weiterhin, dass das klinische Bild, die Frage nach potenziell fortgesetzter Allergen-Exposition am Gelenk und der Ausschluss anderer Ursachen für die Beschwerden in Kombination beurteilt werden müssen. Es lohnt sich aber, im Einzelfall entsprechenden Spuren nachzugehen.

Kontrovers wird die Rolle von Benzoylperoxid* als potenzielles Allergen diskutiert, da a) eine mögliche protrahierte Freisetzung aus Knochenzement unklar ist, b) man oft auch



Prof. Dr. med. Peter Thomas ist Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie der Ludwig-Maximilians-Universität München

unspezifisch-irritative Reaktionen im Hauttest findet und c) eine Evaluierung der Testergebnisse bezüglich klinischer Relevanz oft schwierig ist. Es scheint aber durchaus einzelne Fälle mit relevanter Benzoylperoxid-Sensibilisierung zu geben, wie Bircher und Kooperationspartner aus Basel berichten.⁷

Bei der Frage nach dem Allergiestatus sind Patienten vor der geplanten Implantation einer Endoprothese von jenen mit Verdacht auf Implantatunverträglichkeit bei komplikationsbehafteter Endoprothetik zu unterscheiden. Eine präoperative Testung kann erfolgen, sofern vom Patienten eine Dermatitis-Vorgeschichte auf Acrylatmaterialien wie Acrylat-Kleber, Zahnkunststoffe oder acrylatbasierte Fingernägel berichtet wird. Eine generelle „prophetische“

Verträglichkeitstestung vor Implantation ist allerdings nicht möglich und darf nicht als Grundlage für therapeutische Entscheidungen dienen.

Insgesamt sollte bei Patienten mit endoprothesenassozierten Beschwerden nach Ausschluss von Ursachen wie Infekt oder mechanischem Versagen auch an eine implantatassozierte Allergie gedacht und die Testung mit Knochenzementbestandteilen in die Allergieabklärung eingeschlossen werden.

Wir planen derzeit eine Nachuntersuchung unserer Sprechstundenpatienten, um Daten zur klinischen Relevanz der gefundenen Kontaktallergien gegen Knochenzementkomponenten zu erhalten.

AllergoMat

Die Arbeitsgruppe AllergoMat beschäftigt sich unter der Leitung von Prof. Dr. Peter Thomas mit allergologisch-immunologischen Aspekten der Implantatmaterialverträglichkeit von Implantaten wie Knie- und Hüft-Endoprothesen, Osteosynthesematerialien, Stents, Schrittmachern oder Zahnimplantaten. Die Arbeitsgruppe ist der Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie der Ludwig-Maximilians-Universität München angegliedert und Organisationsmitglied des Arbeitskreises Implantatallergie der DGOOC. Zu ihren Aufgaben gehört neben dem Aufbau eines Registers zu Implantatallergien auch die Diagnostik bei Patienten mit bekannten und vermuteten (implantatassozierten) Allergien und die Beratung von Ärzten, die mit diesem Problem konfrontiert sind. Auf der AllergoMat-Website findet sich neben umfassender Information zum Thema auch ein Meldebogen für Implantatallergien.

<http://allergomat.klinikum.uni-muenchen.de/>

*Dibenzoylperoxid (BPO) dient beim Anmischen des Zements als Starter. Außerdem wird dem Flüssigmonomer Dimethyl-p-Toluidin (DMPT) als Initiator zugesetzt (vgl. Seite 4 ff)

Literatur:

1. Thomas P, Schuh A, Eben R, Thomsen M. Allergie auf Knochenzementbestandteile. Orthopäde. 2008;37(2):117-20
2. Gebhart M, Geier J. Evaluation of patch test results with denture material series. Contact Dermatitis. 1996;34(3):191-5
3. Haddad FS, Levell NJ, Dowd PM, Cobb AG, Bentley G. Cement hypersensitivity: a cause of aseptic loosening? The Journal of bone and joint surgery British volume. 1995;77(2):329-30
4. Erpenbach J, Hofmeister E. Hypersensitivity to polymethylmethacrylate following shoulder hemiarthroplasty. Orthopedics. 2008;31(7):708
5. Haughton AM, Belsito DV. Acrylate allergy induced by acrylic nails resulting in prosthesis failure. J Am Acad Dermatol. 2008;59(5 Suppl):S123-4
6. Thomas P, Stauner K, Schraml A, Mahler V, Banke IJ, Gollwitzer H, Burgkart R, Prodinger PM, Schneider S, Pritschet M, Mazoochian F, Schopf C, Steinmann A, Summer B. Charakteristika von 200 Patienten mit Verdacht auf Implantatallergie im Vergleich zu 100 beschwerdefreien Endoprothesenträgern. Orthopäde. 2013;42(8):607-13
7. Bircher A, Friederich NF, Seelig W, Scherer K. Allergic complications from orthopaedic joint implants: the role of delayed hypersensitivity to benzoyl peroxide in bone cement. Contact Dermatitis. 2012;66(1):20-6

Thrombembolische Komplikationen bei der Hüftendoprothetik

von Prof. Dr. med. Christian Heisel

Schon John Charnley hat erkannt, dass die Verzahnung des Zements mit der Spongiosa eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Implantation einer Endoprothese ist. Bei der Weiterentwicklung der Zementiertechnik wurde mit Markraumstoppfern und Druckapplikation der intramedulläre Druck beim Einbringen des Zements in das Femur gezielt erhöht, um die Penetration in die Spongiosa weiter zu verbessern. Der höhere Druck kann allerdings auch zu einer höheren Inzidenz von Fett- und Knochenmarksembolien führen. Dieses Risiko lässt sich durch gezielte Maßnahmen minimieren.

Epidemiologie

Mit der deutlichen Verbesserung der Langzeitresultate ist eindeutig belegt, dass die Vorteile der Modernen Zementiertechnik die Nachteile überwiegen. Aseptische Lockerung, Infektion und Luxation sind immer noch die häufigsten Komplikationen nach der Implantation einer Hüfttotalendoprothese. Thrombembolische Komplikationen, die das Fettemboliesyndrom mit einschließen, spielen jedoch eine nicht zu unterschätzende Rolle.^{4,8} Sie sind der häufigste Grund für eine Rehospitalisierung im ersten postoperativen Monat.

Die Diagnose der tiefen Venenthrombose anhand klinischer Parameter ist wegen der hohen Variabilität der Symptomatik unzuverlässig. Wenn man nur Studien betrachtet, die entweder die Phlebographie und/oder den Radiofibrinogen-Test heranziehen, variiert die Inzidenz in einem extrem breiten Spektrum zwischen 4 und 77 Prozent.^{1,9} Die Gabe von niedermolekularem Heparin als Thromboseprophylaxe senkt die Inzidenz deutlich.

Die Lungenembolie kann als Folge einer Venenthrombose oder einer Fettembolie auftreten und ist immer noch die häufigste Todesursache während und nach Implantation einer HTEP.⁶ Die Literatur weist hinsichtlich der Inzidenz der Lungenembolie ebenfalls sehr unterschiedliche Zahlen aus, da auch hier ganz verschiedene Diagnosemethoden zum Einsatz kommen. Eine Metaanalyse mit 130.000 Patienten zeigte eine Gesamtrate fulminanter Embolien in den 1980er- und 1990er-Jahren von 0,11 Prozent (0,07-0,16).⁶ Die Gesamttodesrate in dieser Metaanalyse betrug 0,38 Prozent (0,29-0,47). Thrombembolische Komplikationen können auch bei der zementfreien Verankerung auftreten, wenn auch mit einer geringeren Inzidenz.^{3,5,7}



Prof. Dr. med. Christian Heisel ist Sektionsleiter Gelenkchirurgie und Orthopädie am Diakonissen-Stiftungs-Krankenhaus Speyer

Entstehung der Komplikation

Klinische und experimentelle Studien haben gezeigt, dass in der Hüftendoprothetik die intramedulläre Druckerhöhung die Hauptursache für das Einschwemmen von Fett- und Knochenmarksdebris darstellt. Die angewendeten Methoden lassen jedoch keine exakte Quantifizierung der Ergebnisse zu. Ihre Ergebnisse beruhen auf Resultaten mit transösophagealer oder intraabdomineller Echokardiographie, peripherer Duplexsonographie, autoptisch-histologischen Präparaten oder klinischen Parametern.

Bei während oder kurz nach Implantation verstorbenen Patienten konnten Autopsien die Embolisation durch Fett- und Knochenmarksbestandteile nachweisen. Ob die Ausschwemmung thrombogenen Materials während der Hüftprothesenimplantation zu Thrombosen und Embolien mit verzögertem Auftreten führt, ist schwer zu ermitteln. Fest steht jedoch, dass die Einführung risikovermindernder Implantationstechniken und die Verbesserung der medikamentösen Thromboseprophylaxe insgesamt zu einer Reduktion der thrombembolischen Komplikationen geführt haben.^{1,4,8}

Schon Christie et al.³ konnten im Modell echokardiographisch nachweisen, dass die zementfreie gegenüber der zementierten Implantation weniger und kleinere Emboli in die Blutbahn freisetzt. Diese Ergebnisse wurden von eigenen Studien bestätigt. Es zeigte sich, dass die zementierte Verankerung insgesamt eine etwa doppelt so große Menge an Fett ins Blut freisetzt wie die zementfreie Implantation.⁵

Vorbeugende Maßnahmen

Durch die Applikation eines Markraumstoppers wird das Totraumvolumen des Femurs – und damit die Gefahrenzone für die Freisetzung von Emboli – auf die proximale Hälfte reduziert. Um das Risiko weiter zu senken, sollte die Spülung des Markkanals nicht erst vor Implantation des Knochenzementes, sondern bereits vor Implantation des Zementrestriktors durchgeführt werden. Auf diese Weise kann die intramedulläre Fettmenge reduziert und das Risiko der Fetteinschwemmung durch den Zementrestriktor vermindert werden.³ Vor Applikation des Zementes sollte eine weitere intensive Spülung zur Reinigung des Knochens vorgenommen werden, da die Verzahnung des Zementes im Knochen und damit die primäre Stabilität gefördert werden soll. Die Analyse der entstehenden Fettmaxima verdeutlicht, wie wichtig eine sorgfältige Markraumpräparation, Zementapplikation und Schaftimplantation bei der Verwendung von Knochenzement ist. In diesem Zusammenhang hat sich auch die Wichtigkeit der Jetlavage bestätigt. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung eines expandierbaren Zementrestriktors, der theoretisch eine verminderte Menge an Fett und Debris beim Einbringen vor sich herschiebt. Bei suffizienter Markraumdrainage im Rahmen der Zementapplikation unter Vakuum – die sogenannte Vakuumzementiertechnik – kann das FetteMBOLIERISIKO noch weiter reduziert werden.⁸

Die Jetlavage ist zweimal durchzuführen: vor dem Einbringen des Markraumstoppers und vor der Zementapplikation.

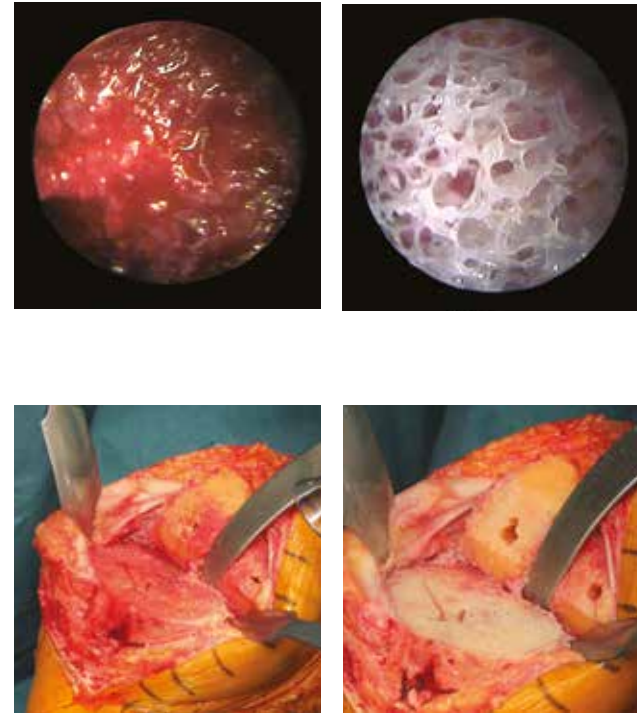


Abb. 1 – 4:
Knochenbett vor und nach der Jetlavage

Literatur:

1. Bergqvist D, Benoni G, Bjorgell O, Fredin H, Hedlundh U, Nicolas S, Nilsson P, Nylander G: Low-molecular-weight heparin (enoxaparin) as prophylaxis against venous thromboembolism after total hip replacement. *N Engl J Med* 335:696-700, 1996
2. Breusch SJ, Reitzel T, Schneider U, Volkmann M, Ewerbeck V, Lukoschek M: [Cemented hip prosthesis implantation – decreasing the rate of fat embolism with pulsed pressure lavage]. *Orthopäde* 29:578-86, 2000
3. Christie J, Burnett R, Potts HR, Pell AC: Echocardiography of transatrial embolism during cemented and uncemented hemiarthroplasty of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 76:409-12, 1994
4. Heisel C, Clarius M, Schneider U, Breusch SJ: [Thromboembolic complications with bone cement in hip prosthesis implantation-pathogenesis and prevention]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 139:221-8, 2001
5. Heisel C, Mau H, Borchers T, Müller J, Breusch SJ: Zementfrei gegen zementiert – ein quantitativer in vivo Vergleich der Fetteinschwemmung bei der Hüftendoprothesenimplantation im Tiernmodell. *Orthopäde* 32: 247-252, 2003
6. Murray DW, Britton AR, Bulstrode CJ: Thromboprophylaxis and death after total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br* 78:863-70, 1996
7. Orsini EC, Byrick RJ, Mullen JB, Kay JC, Waddell JP: Cardiopulmonary function and pulmonary microemboli during arthroplasty using cemented or non-cemented components. The role of intramedullary pressure. *J Bone Joint Surg Am* 69:822-32, 1987
8. Pitto RP, Koessler M, Draenert K: The John Charnley Award. Prophylaxis of fat and bone marrow embolism in cemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 355:23-34, 1998
9. Planes A, Vochelle N, Darmon JY, Fagola M, Bellaud M, Huet Y: Risk of deep-venous thrombosis after hospital discharge in patients having undergone total hip replacement: double-blind randomised comparison of enoxaparin versus placebo. *Lancet* 348:224-228, 1996

Knochenzement bei Wirbeldefekten

von Dr. med. Markus Markart

Wirbelkörperkompressionsfrakturen stellen den häufigsten osteoporotisch bedingten Frakturtyp am menschlichen Skelett dar. Schätzungen gehen allein in Deutschland von etwa zwei Millionen osteoporosebedingten Wirbelkörperfrakturen bei Frauen und etwa 800.000 bei Männern aus.¹ Die weltweite Inzidenz neuer Wirbelkörperfrakturen pro Jahr beträgt etwa 1,4 Millionen.² Empfiehlt der Dachverband Osteologie (DVO) bei neu aufgetretenen osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen eine mindestens dreimonatige konservative Therapie mit Analgetikagabe, stationärer oder ambulanter Rehabilitation und gegebenenfalls Anpassung einer Orthese, sehen Unfallchirurgen und Orthopäden den großen Vorteil einer Kyphoplastie oder dorsalen Instrumentation in einer schnelleren, klinisch relevanten Schmerzlinderung und damit verbunden einer rascheren Mobilisation gerade älterer Patienten.³ Das Risiko etwa von Pneumonien oder Lungenembolien kann damit minimiert werden.

Einsatzgebiete und Komplikationen

Mit steigendem Durchschnittsalter unserer Patienten nehmen auch die osteoporotisch bedingten Frakturen der Wirbelkörper zu. Diese können durch ein adäquates Trauma, aber auch durch Bagateltraumen ausgelöst werden. Erstmals beschrieben wurde die Vertebroplastie im Jahre 1984 in Frankreich, bei der Zement zur Stabilisierung frakturgefährdeter Wirbelkörperhämangiome eingesetzt wurde. Mittlerweile wurde die Vertebroplastie weitestgehend durch die Kyphoplastie abgelöst, da es durch den mit einem Ballon komprimierten spongiösen Knochen im Rahmen der Kyphoplastie zu einer relevanten Verringerung der Zementaustritte aus dem Wirbelkörper kommt. Die Verwendung von Zement an der Wirbelsäule wurde durch die Augmentation des Schraubenlagers erweitert, um damit der Pedikelschraube im osteoporotisch weichen Knochen einen festeren Halt zu bieten. Musste man vor einigen Jahren den Zement direkt in den Schraubenkanal einspritzen, um danach die Schraube wieder einzudrehen, finden heute kanülierte Schrauben Verwendung, durch welche der Zement nach Beendigung der Instrumentation eingespritzt werden kann. Dabei tritt der Zement aus einer Öffnung am Ende der Pedikelschraube aus und umschließt im Idealfall als Zementwolke das Implantat.

Zu den Indikationen zählen neben neu aufgetretenen schmerzhaften osteoporotischen Sinterungsfrakturen auch Hämangiome, das multiple Myelom, ossäre Wirbelkörpermetastasen, die Histiozytose oder die Osteogenesis imperfecta.⁴⁵

Zementkomplikationen werden in der Literatur bei den Vertebro- und Kyphoplastien in bis zu 70 Prozent der Fälle, bei den augmentierten Schrauben in bis zu 39 Prozent der Fälle angegeben.⁶⁷ Zu den allgemeinen, meist nicht klinisch relevanten Komplikationen zählen ein temporärer Blutdruckabfall, eine



Dr. med. Markus Markart ist Oberarzt und stellvertretender Leiter der Sektion Wirbelsäulen Chirurgie an der Charité - Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin, Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

klinisch stumme Lungenembolie oder eine kurzzeitige allergische Reaktion ohne systemische Auswirkung. In bis zu 3,8 Prozent der Fälle können jedoch auch schwere Komplikationen mit Infektionen oder neurologischen Defiziten, ein akutes Querschnittssyndrom oder eine fulminante Lungenembolie auftreten.⁸ Im Zusammenhang mit dem paravertebralen Zementaustritt ist vor allem der perivertebrale Venenplexus zu nennen, der aus einem klappenlosen Venensystem besteht, das sowohl den Spinalkanal als auch den paravertebralen Bereich entsorgt. Die lumenstärkste Verbindung bilden hier die Vv. basivertebralis zwischen dem Wirbelkörper und dem periduralen Venengeflecht. Doch auch durch Frakturspalten und Fissuren kann der Zement auf direktem Weg in den Epiduralraum, den Intra-, Para- und Prävertebralraum oder in das Neuroforamen einfließen.

Materialien

Die Anforderungen an die Füllmaterialien sind aus orthopädisch-unfallchirurgischer Sicht klar definiert:

- ausreichende mechanische Stabilität
- möglichst knochenahne biomechanische Eigenschaften
- hohe Biokompatibilität
- adäquate Resorptionszeit
- osteokonduktive und gegebenenfalls osteoinduktive Eigenschaften
- hohe Röntgenkontrastierung
- ausreichend lange Bearbeitungszeit
- isothermischer Aushärtungsprozess
- gute rheologische Eigenschaften zur Platzierung im Wirbelkörper

Es stehen sowohl acrylische als auch keramische Knochenzemente und sogenannte Kompositmaterialien zur Verfügung. Der acrylische Knochenzement besteht aus Polymethylmethacrylat (PMMA) und stellt derzeit den Goldstandard zur operativen Versorgung dar. PMMA für die Wirbelsäule ist niedrigviskös, zeigt eine gute Gewebeerträglichkeit und besitzt eine Bearbeitungszeit von etwa 10 Minuten. Von einigen Autoren wird die hohe Aushärtungstemperatur von über 100 °C und die deutlich höhere Festigkeit und Steifigkeit gegenüber natürlichem Knochen als Nachteil genannt. Neuere Studien zeigen jedoch, dass die Temperatur im Knochen nicht über 43 °C ansteigt.

Keramische Zemente hingegen kristallisieren isotherm, haben eine sehr gute Biokompatibilität, sind osteoinduktiv, können resorbiert werden und zeigen eine gute Kompressionsfestigkeit. Nachteilig kann sich die Mischung des Zements mit Blut und Knochenmark während der Aushärtung mit einer Desintegration des Zementkörpers auswirken, so dass es zu Zementbrüchen und dem Auswaschen aus dem Knochen kommen kann.

Fazit

Durch die Verwendung von Knochenzement konnten die Indikationen zur operativen Stabilisierung osteoporotischer Wirbelkörperfrakturen suffizient erweitert werden. Mit einer ausreichenden operativen Erfahrung sowohl im Umgang mit den Implantaten als auch dem verwendeten Zementmaterial können Komplikationen weitgehend vermieden werden, so dass bei umsichtigem operativen Vorgehen und der richtigen Indikationsstellung optimale Ergebnisse erzielt werden können.



Abb. 1:
67-jährige Patientin mit osteoporotischer LWK-1-Fraktur und Kyphosierung am thorakolumbalen Übergang



Abb. 2:
Postoperatives Ergebnis der thorakolumbalen Kyphosekorrektur (Kombination aus zementaugmentierten Pedikelschrauben und Kyphoplastie von LWK 1)

Literatur:

1. Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M et al (2002): Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res* 17:716-724
2. Johnell O, Kanis JA (2006): An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 17:1726-1733
3. Krüger A, Hierholzer J, Bergmann M, Oberkircher L, Ruchholtz S (2013): Aktueller Stand der Vertebroplastie und Kyphoplastie in Deutschland – Eine Untersuchung in den operativen Fachdisziplinen. *Unfallchirurg* 116:813-824
4. Schmidt-Rohlfing B, Reilmann H, Pfeifer R, Kobbe P, Pape HC (2011): Kyphoplastie und Vertebroplastie – Indikationen, Technik, Komplikationen und Ergebnisse. *Unfallchirurg* 114:431-444
5. Hide IG, Gangi A (2004): Percutaneous vertebroplasty: history, technique and current perspectives. *Clin Radiol* 59:461-467
6. Taylor RJ, Fritzell P (2006): Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures. A comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine* 31:2747-2755
7. Frankel BM, Jones T, Wang C (2007): Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: a clinical evaluation. *Neurosurgery* 61:531-538
8. Lee MJ, Dumonski M, Cahill P et al (2009): Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of complications. *Spine* 34:1228-1232

Zement in der Osteosynthese und Schraubenaugmentation

Von Dr. med. Alexander Rübberdt

In den letzten zehn Jahren ist ein kontinuierlicher Anstieg der operativ versorgungspflichtigen Frakturen von Patienten über 75 Lebensjahren zu verzeichnen. Hüftgelenksnahe Frakturen, Becken- und Wirbelkörperfrakturen und Frakturen des Humerus sowie des distalen Radius treten zahlenmäßig am häufigsten auf. Der verletzte, häufig komorbide Patient benötigt eine rasche und optimalerweise bewegungs- und belastungsstabile Versorgung.

Grundlagen

Biomechanisch besonders beansprucht ist das proximale Femur. Die Knochenqualität des alten Menschen zeigt große Schwankungen bis hin zu einer frakturierenden Osteoporose. Die Beschaffenheit der umgebenden Weichteile älterer und alter Patienten variiert von einer ausgeprägten Adipositas bis zu kachektischen Erscheinungsformen und schwer durchblutungsgestörten, dystrophen Haut-/Muskelverhältnissen. Die Implantatwahl, die Fixationsqualität und die Operationstechnik müssen diesen komplexen Anforderungen Rechnung tragen. Mit zunehmender Tendenz werden implantatassoziierte Komplikationen bei der Versorgung von osteoporotischen Frakturen beobachtet. Das Cutting-out von Schenkelhalsschrauben und -klingen, Schraubenausrisse auch von winkelstabilen Platten-systemen oder sekundäre Dislokationen von Pedikelschrauben sind zahlenmäßig am häufigsten zu beobachten.

Valide, statistisch belastbare Zahlen über die Häufigkeit dieser Komplikationen finden sich in der Literatur nicht. Fest steht, dass Schrauben gerade im gelenknahen, metaphysären, aber auch im vertebrealen Bereich in der rarifizierten Trabekelstruktur nur eine reduzierte Verankerung finden. Die Entwicklung der Winkelstabilität und polyaxiale winkelstabile Schraubenfixationstechniken bedeuteten einen erheblichen Fortschritt für die Osteosynthesequalität mit einer signifikanten Erhöhung der Ausrissfestigkeit. Problematisch ist hier die trügerische Sicherheit mit einer vermeintlich festen Fixierung der Schrauben im Knochen durch die winkelstabile Schraubenkopfverankerung mit der Platte. Die standardmäßige Zementaugmentation einer Osteosynthese eines über 75-Jährigen ist per se sicherlich nicht zu rechtfertigen. Die präoperative DEXA-Messung zur Bestimmung des Osteoporose-Index ist nach eigener Erfahrung wenig hilfreich, um sich für oder gegen eine Zementaugmentation zu entscheiden. Die subjektive, intraoperative Beurteilung liefert hier zusammen mit der sorgfältigen bildmorphologischen Analyse die wesentlichen Entscheidungskriterien.



Dr. med. Alexander Rübberdt
ist Chefarzt der Unfall-
chirurgischen Klinik am
Klinikum Bielefeld

Pro und kontra Zementaugmentation

Auf der anderen Seite haben Kadaverstudien gezeigt, dass die Zementaugmentation mit einem viskösen PMMA-Zement zu einer signifikant höheren Ausrissfestigkeit der Schenkelhalsklinge bei der Versorgung von pertrochantären Frakturen führt.¹ Den biomechanischen Vorteilen einer höheren Fixationsfestigkeit stehen möglicherweise aber auch Nachteile für die Knochenbiologie gegenüber. Exotherme Polymerisierungsreaktionen mit einem möglichen negativen Einfluss auf die Knochendurchblutung bis hin zur Knochennekrose werden diskutiert. Deshalb sucht man für diesen Bereich auch Calciumphosphatzemente zu entwickeln, um den genannten Nachteilen zu entgehen. Namdari et al. verglichen in einem systematischen Review die Komplikationsraten von augmentierten DHS-Osteosynthesen im Bereich des proximalen Femur mit resorbierbaren Calciumphosphatzementen und mit nicht resorbierbaren PMMA-Zementen gegenüber nicht zementaugmentierten Osteosynthesen.² Die Komplikationsraten der zementierten Osteosynthesen lagen mit 5,8 % versus 22,3 % signifikant niedriger. Nachteile einer Zementaugmentation mit PMMA können sein, dass dieser im Vergleich zu Calciumphosphatzementen nicht abbau- und osteointegrierbar ist. Die voll resorbierbaren Zemente spielen in der Alterstraumatologie bisher jedoch keine Rolle. Resultierend aus einem subjektiven Sicherheitsbedürfnis von Seiten des Operateurs wird einer hohen Fixationsstabilität ein größerer Stellenwert eingeräumt als einer postulierten biologischen Komponente.

Pedikelschrauben

Die Zementaugmentation von Schrauben scheint eine zunehmende Bedeutung bei der Versorgung von osteoporoseinduzierten Frakturen zu haben. Zu nennen ist hier die Augmentation von Pedikelschrauben mit mittelviskösen Zementen, die in der Regel aus einem Gemisch von PMMA und keramischen Anteilen bestehen. Mittlerweile stehen hier spezielle Zementapplikationssysteme zur Verfügung, die entweder eine

Aufzementierung der Schraubenkanäle vor Einbringen der Pedikelschraube ermöglichen oder kanülierte und am Schraubenende perforierte zementierbare Schrauben. Die initial niedrigviskösen Zemente gehören der Geschichte an. Sie waren wesentlich mitverantwortlich für die zum Teil dramatischen zementassoziierten Komplikationsraten.³ Neue, weniger visköse und sofort verarbeitbare Zemente, aber auch eine Sensibilisierung der Operateure für die spezifischen Eigenschaften der verwendeten Zemente halfen, die Verfahren sicherer zu machen.

Gerade in der sich wachsender Beliebtheit erfreuenden perkutanen Wirbelsäulenchirurgie zur minimal-invasiven Instrumentierung von komplexen osteoporotisch induzierten Wirbelkörperfrakturen gewinnt die Zementaugmentation zunehmend an Bedeutung: Pedikelschrauben werden je nach Knochenfestigkeit initial zementaugmentiert. Primäre Schraubenausrisse bei der Stabfixierung oder sekundäre Schraubendislokation bei tendenziell zu kurzen Instrumentierungsstrecken verlangen nach einfachen und effektiven Revisionskonzepten. Neben der Verwendung von kaliberstarken Pedikelschrauben kann dies durch eine primäre oder sekundäre Schraubenaugmentation erfolgen (Abb. 1).

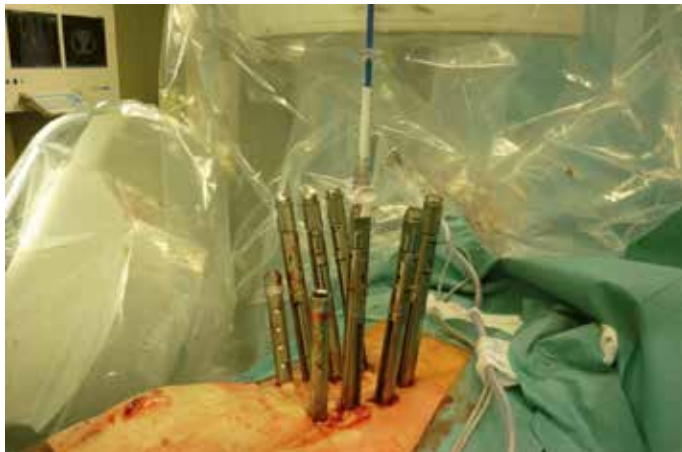


Abb. 1:
Zementaugmentation der Pedikelschrauben im Rahmen einer perkutanen dorsalen Instrumentierung einer osteoporotischen Wirbelkörperfraktur

Auf das bereits seit längerer Zeit etablierte Verfahren der Ballonkyphoplastie zur operativen Behandlung von osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Effektivität dieser Technik konnte bereits in mehreren Studien unter Beweis gestellt werden.

Insuffizienzfrakturen des Os sacrum

Für die operative Behandlung von Insuffizienzfrakturen des Os sacrum zur voll belastbaren Wiederherstellung der hinteren Beckenringintegrität haben sich verschiedene Verfahren als praktikabel erwiesen. Neben perforierten Sakrumschrauben stehen Spezialverfahren wie die fluoroskopisch 3D-navigierte

Platzierung von expandierbaren Cages im Os sacrum zur Verfügung.^{4,5} In beiden Fällen wird neben einer sofort belastbaren Osteosynthese die besser zu kontrollierende Zementverteilung in einem spöngjösen bis zystisch destruierten, osteoporotischen Knochen geschätzt (Abb.2).



Abb. 2:
Aufzementierter expandierbarer Cage mit navigiert platzierter S1-Schraube (8 mm) zur Versorgung einer Insuffizienzfraktur des Os sacrum

Metaphysäre Frakturen

Metaphysäre Frakturen (zum Beispiel am distalen Radius, Tibiakopf) hinterlassen nach Wiederherstellung der anatomischen Form nach der Osteosynthese nicht selten größere Defekte. Die Auffüllung mit autologem Material ist mit einer längeren Operationszeit und Entnahmemorbidität verbunden. Praktikabel bei gleichzeitiger DRG-relevanter Kodierbarkeit ist die Defektauffüllung mit knetbaren oder injizierbaren Hydroxylapatit- oder Calciumphosphatzementen. Letztere haben bessere biomechanische Eigenschaften im Sinne einer höheren Belastungsstabilität.

Ausblick

Welche Zemente benötigen wir in der Alterstraumatologie in Zukunft? Sicher ist, dass die Zementaugmentation künftig eine größere Rolle spielen wird. Die kontrollierbare Applikation und gute Steuerbarkeit der Zementverteilung sind wesentliche Forderungen der Operateure. Interessant sind Zemente, die sofort zu verarbeiten und belastungsstabil sind, ohne gewebekompromittierende exotherme Reaktionen. Zu guter Letzt müssen Mehrkosten für die Zementaugmentation weiterhin im DRG erlösrelevant refinanzierbar sein.

Literatur:

1. Fensky F, Nüchtern JV, Kolb JP et al. Cement augmentation of the proximal femoral nail antirotation for the treatment of osteoporotic pertrochanteric fractures – a biomechanical cadaver study. *Injury Int J Care Injured*. 2013 (44):802-7
2. Namdari S, Rabinovich R, Scolaro J et al. Absorbable and non-absorbable cement augmentation in fixation of intertrochanteric femur fractures: systematic review of the literature. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013 (133):487-94
3. Krueger A, Bliemel C, Zettl R, Rucholtz S. Management of pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty: a systematic review of the literature. *Eur Spine J*. 2009 (9):1257-64
4. Fuchs T, Rottbeck U, Hofbauer V, Raschke M et al. Pelvic ring fractures in the elderly. Underestimated osteoporotic fracture. *Unfallchirurg*. 2011 (8):663-70
5. Rübberdt A, Begemann W. Three-dimensional fluoroscopy-based navigation with the VBS-Cage for defect augmentation of the pelvis due to metastatic tumor treated *Unfallchirurg*. 2013 (5):471-4

Defektauffüllung mit Knochenzement in der orthopädisch-onkologischen Therapie von Skelettmastasen

von Prof. Dr. med. Andreas Kurth

Knochenmetastasen sind seit jeher die häufigste Form von malignen Knochentumoren, und das Skelett repräsentiert nach Lunge und Leber die dritthäufigste Lokalisation für die Metastasierung. Metastatische Knochenläsionen werden hauptsächlich im axialen Skelett (Wirbelsäule, Becken, Rippen, Schädel) und an den langen Röhrenknochen gefunden. Die Behandlung von Knochenmetastasen folgt bisher palliativen Gesichtspunkten und muss eine adäquate Schmerzkontrolle, die Prävention und die Heilung von pathologischen Frakturen sowie die Wiederherstellung der funktionellen Integrität des Patienten zum Ziel haben. Knochenzement spielt dabei eine wichtige Rolle.

Epidemiologie

Die Prognose bei Patienten mit Knochenmetastasen ist individuell abhängig vom zugrundeliegenden Primarius. In den letzten Jahren ist die Lebenserwartung durch die Fortschritte in der systemischen Therapie (Chemotherapie, Immuntherapie, antihormonelle Therapie) und der radio-onkologischen Intervention deutlich verbessert worden. Eine längere Überlebenszeit mit einem nicht ossären Primarius führt zu einer steigenden Anzahl von Patienten mit dem Risiko einer Entwicklung von Knochenmetastasen und der Entstehung von pathologischen Frakturen. Als ein Ergebnis aus dieser Situation werden orthopädische Onkologen und Unfallchirurgen in Zukunft zunehmend mit dieser Art der Knochentumoren konfrontiert werden. Rekonstruktive Verfahren müssen eine Langzeitzuverlässigkeit aufweisen, um mechanisches Versagen bei verlängertem Überleben der Patienten zu vermeiden.

In der orthopädischen Chirurgie sind immer mehr rekonstruktive Verfahren für die Versorgung von pathologischen Frakturen und das Management von Rückenmarkskompressionen im Rahmen von Knochenmetastasen entwickelt worden. Orthopädische Chirurgen sind heutzutage auf die Rekonstruktion von knöchernen Defekten und das Wiederherstellen der Funktion bei Tumorpatienten mit skelettalen Komplikationen gut vorbereitet. Sie können auf die routinierte Anwendung chirurgischer Techniken und die Erfahrung aus nichtonkologischen Operationen wie der Endoprothetik,

osteosynthetischen Verfahren, der Behandlung degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen oder extremitätenerhaltenden Operationen zurückgreifen.

Chirurgische Therapie

Patienten mit Knochenmetastasen eines Karzinoms oder eines Multiplen Myeloms werden meistens mit pathologischen Frakturen oder bevorstehenden pathologischen Frakturen vorgestellt. Pathologische Frakturen von langen Knochen werden am besten mit Osteosynthesen versorgt, wenn die medizinischen Voraussetzungen dafür gegeben sind.

Es gibt vereinzelt Situationen, in denen eine weite Resektion einer skelettalen Metastase mit anschließender Defektrekonstruktion sinnvoll ist. Gute Langzeitergebnisse können bei solchen Patienten nach einer weiten Resektion einer Knochenmetastase zum Beispiel des Nierenzellkarzinoms und isoliertem Knochenbefall erreicht werden. Eine primäre Resektion des proximalen Femurs und die Versorgung mit einer Tumorendoprothese erlauben eine frühe funktionelle Vollbelastung und können gegebenenfalls das progressionsfreie Intervall des Patienten verlängern. Metastatische Knocheneffekte im Bereich von Gelenken sollten weit reseziert und mit Tumorendoprothesen rekonstruiert werden.



Prof. Dr. med. Andreas Kurth ist Ärztlicher Direktor des Fachkrankenhauses Ratingen, Zentrum für Orthopädie und Rheumatologie

Intraläsionale Tumorexzision und Rekonstruktion

Dieser Begriff beschreibt die direkte aggressive Behandlung der Tumormassen mit der Kürettage einer Läsion oder der teilweisen Exzision des Tumors. Diese scheint aus onkologischer Sicht die am meisten angebrachte und verwendete Vorgehensweise bei Knochenmetastasen zu sein.

Versorgung des Beckens und des peripheren Skeletts

Periazetabuläre Knochenläsionen sind häufig gerade bei Belastung sehr schmerzhaft. Das Risiko eines mechanischen Versagens mit einer progressiven Protrusio acetabuli ist hoch. Eine chirurgische Intervention ist aus diesem Grund indiziert, um eine Schmerzreduktion und die Wiederherstellung der Funktion des Gelenkes und eine frühe Belastung zu erreichen. Das Verfahren der Wahl ist die Implantation einer zementierten Hüfttotalendoprothese und die Rekonstruktion des Azetabulums mit einer speziellen Stützschaale. Eine postoperative Radiatio ist immer indiziert. Das proximale Femur ist die Lokalisation mit den meisten pathologischen Frakturen bei Patienten mit Knochenmetastasen. Bei metastatischen Läsionen im Kopf-Hals-Bereich des Femur ist eine herkömmliche zementierte Schaftendoprothese zu empfehlen. Prothesen mit einem verlängerten Schaft stabilisieren den Knochen und geben einen zusätzlichen Schutz bei einer weiteren lokalen Progression der Knochenmetastasierung. Für Läsionen im intertrochantären

oder metaphysealen Bereich können einfache Osteosynthesen die Langzeitstabilität gefährden, insbesondere wenn die mediale Kortikalis nicht rekonstruiert wurde. Aus diesem Grund werden Rekonstruktionen mit Auffüllung durch Knochenzement oder mit intramedullären Platten empfohlen, die eine verbesserte Stabilität erbringen. Dazu sind eine intraläsionale Kürettage und das Auffüllen des Defektes mit Zement notwendig. Diese Verbundosteosynthesen stellen ein adäquates Vorgehen zur schnellen Mobilisation der Patienten und zum Erreichen von Langzeitstabilität dar.

Auch bei der Destruktion des diaphysären Knochens empfiehlt sich die intraläsionale Ausräumung und Versorgung mit einer Verbundosteosynthese (Knochenzement und Osteosyntheseplatten).

Am proximalen Humerus besteht ein hohes Risiko für eine pathologische Fraktur, vor allem bedingt durch die Biege- und Rotationskräfte der inserierenden Muskulatur. Die Metaphyse des proximalen Humerus besteht hauptsächlich aus trabekulärem Knochen, welcher eine stabile Fixation erschwert. Hier ist die Versorgung mit einer Schulterendoprothese angezeigt. Eine reine Läsion in der Epiphyse des Humerus macht eine Versorgung mit einem konventionellen zementierten Implantat möglich, das die Insertion der Rotatorenmanschette am Tuberculum majus erlaubt. Wenn die Läsion die Metaphyse erreicht, sind modulare

Tumorendoprothesen empfohlen. Hierbei ist darauf zu achten, dass eine akkurate Rekonstruktion der Rotatorenmanschette und der an der Endoprothese ansetzenden Muskulatur notwendig ist, um eine residuale Funktion und eine gute Stabilität im Schultergelenk zu erreichen.

Osteolysen im Bereich der Diaphyse können mit flexiblen intramedullären Nägeln, Rekonstruktionsplatten oder Verriegelungsnägeln versorgt werden. Wenn man den Tumor im Markkanal nicht streuen möchte, ist die Versorgung mit einer Verbundosteosynthese mit Rekonstruktionsplatten und Knochenzement nach einer lokalen Ausräumung des Tumors ein adäquates Vorgehen, das eine stabile Rekonstruktion erbringt. Zu bedenken ist aber, dass für diese Versorgung eine relativ weite Darstellung des Knochens notwendig ist, die zu einer Läsion des Nervus radialis führen kann.

Wirbelsäule

Die Wirbelsäule stellt die häufigste Lokalisation von Skelettmastasen dar. Trotz häufigem Auftreten sind vertebrale Metastasen oftmals asymptomatisch und werden erst im Rahmen von Knochenszintigraphien erkannt. Symptome sind häufig die Konsequenzen von pathologischen Frakturen infolge der Zerstörung von Wirbelkörpern.

Die perkutane vertebrale Zementaugmentation des Wirbelkörpers wurde erstmals von Galibert et al. durchgeführt. Dieses Verfahren diente ursprünglich der Augmentation von Schrauben in instabilen Wirbelkörpern. In der Publikation wurde der Einsatz der perkutanen Vertebroplastie vor allem bei osteolytischen Metastasen, beim Multiplen Myelom und bei einem Hämangiom beschrieben. Schon in dieser Erstbeschreibung wurde auf die frühzeitige Schmerzreduktion und auf die niedrige Komplikationsrate hingewiesen. Bei den wenig invasiven Verfahren der Zementaugmentation der Wirbelkörper (Vertebroplastie, Ballon-Kyphoplastie, Radio-Frequenz-Kyphoplastie) wird Zement in den betroffenen Wirbelkörper eingebracht und härtet dort aus.

Diese Verfahren sollen den Herausforderungen des Managements von Patienten mit Wirbelsäulenmetastasen begegnen, bei denen keine weitere klare Behandlungsoption zur Verfügung steht. Sie vermindern die Schmerzen und erlauben dem Patienten, Analgetika zu reduzieren und den stationären Aufenthalt zu verkürzen. Die Hauptindikation für den Einsatz der perkutanen Zementaugmentation stellt heute die osteoporotische Fraktur mit Schmerz dar.

Bereits in den 1980er-Jahren wurde dieses Verfahren bei schmerzhaften tumorinduzierten Osteolysen erprobt. In vielen Arbeiten wurde ein schnell einsetzender und lang anhaltender Effekt auf die Schmerzsymptomatik durch die Zementaugmentation berichtet, instabile Wirbelkörper konnten stabilisiert werden. Besonders bei Metastasen von soliden Tumoren, Lymphomen und dem Multiplen Myelom konnten mit der Vertebroplastie gute Ergebnisse erzielt werden.

Der analgetische Effekt der Zementaugmentation ist auf die Stabilisierung der erhaltenen Knochenstrukturen und damit auf die Vermeidung weiterer Sinterung zurückzuführen. Eine Ablation der terminalen Nervenenden durch zytotoxische oder hyperthermische Effekte des Methylmetacrylates wird in der Literatur zwar immer wieder erwähnt, ist aber durch neueste Arbeiten widerlegt.

Nach der gegenwärtigen Erfahrung bei osteoporotischen Frakturen kann durch die Zementaugmentation bei über 90 Prozent der Patienten eine Schmerzreduktion erreicht werden. Die Erfolgsquote dieser Verfahren bei der Behandlung von vertebrale Knochenmetastasen liegt zwischen 60 und 80 Prozent.

Zusammenfassung

Osteolytische Zerstörungen des Knochens aufgrund von Metastasen verursachen bei den Patienten signifikante Morbidität und Mortalität. Angesichts verbesserter Überlebensraten dank der gegenwärtigen onkologischen Behandlungen wird eine frühzeitige Intervention zur effektiven Rekonstruktion von skelettalen Defekten immer wichtiger.

Neben der Versorgung mit Tumorendoprothesen spielt die Rekonstruktion des Knochens mit Knochenzement eine wichtige Rolle. In Verbindung mit Osteosyntheseverfahren können am Becken und an peripheren Knochen stabile Situationen erreicht werden, die durchaus langfristig die Funktion ermöglichen. Die Augmentation mit Zement an der Wirbelsäule hat als ein wenig invasives Verfahren zunehmend an Akzeptanz bei der Behandlung von osteoporotischen und tumorbedingten Frakturen gewonnen.

Die perkutane vertebrale Augmentation mit Zement, wie auch die Verbundosteosynthese von Knochendefekten erbringen gute Erfolge in der palliativen Situation dieser schwerkranken Patienten. Der Einsatz von Knochenzement zur Rekonstruktion entspricht den Zielen, die von einer palliativen Therapie gefordert werden müssen: Unkomplizierte Durchführung, schneller Wirkungseintritt, lang anhaltende Wirkung, geringe Morbidität.

Literatur:

- Kurth AA. Orthopaedic treatment for skeletal metastases. Handbook of Cancer-related Bone Disease. 2nd Edition, Editors: Coleman/Hadjji, BioScientifica, 203-220, 2012
- Hochmuth K, Proschek D, Schwarz W, Mack M, Kurth AA, Vogl TJ. Percutaneous vertebroplasty in the therapy of osteoporotic vertebral compression fractures: a critical review. Eur Radiol 2006;16:98-1004.
- Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. Neurochirurgie 1987;33:166-168.
- Gangi A, Buy X. Percutaneous bone tumor management. Semin Intervent Radiol. 2010 Jun;27(2):124-36.
- Georgy BA. Metastatic Spinal Lesions: State-of-the-Art Treatment Options and Future Trends. Am J Neuroradiol 2008, 29:1605-11
- Kurth AA. Orthopädisch-onkologische Therapie von Knochenmetastasen. Supportive Therapie von Knochenmetastasen 3. Auflage, Uni-Med Verlag, 80-89, 2010
- Schöffel D, Bastian L, Diel I, Holzapfel BM, Kurth AA, Markmiller M, Obertacke U, Wenz F. Metastasen der Wirbelsäule – eine interdisziplinäre Herausforderung. Journal Onkologie, 10:369 ? 373, 2010
- Kurth AA, Bayer-Helms H, Böwe C, Hartwig E, Höhn W, Jerosch J, Jöllenbeck B, Maestretti G, Vogler W, Röllinghoff M. Radiofrequency Kyphoplasty – a novel vertebral augmentation system. A prospective, multi-center observational study. Osteologie/Osteology 21:174-179, 2012

Notizen

A series of 20 horizontal dotted lines for writing notes.



Die digitale Version dieses Berliner Seminars sowie frühere Ausgaben finden Sie auf unserer Webseite.

Weitere Informationen

Möchten Sie weitere Information zu den Themen dieses Heftes zugeschickt bekommen? Möchten Sie die Berliner Seminare regelmäßig erhalten? Dann füllen Sie bitte das beiliegende Faxformular aus und schicken es an **030 84581-110**

Sie können die Information auch per E-Mail anfordern unter:
anke.peters@biomet.com

Impressum

Herausgeber:
Biomet Deutschland GmbH
Gustav-Krone-Straße 2
14167 Berlin
Tel.: +49 30 84581-0
Fax: +49 30 84581-110
de.info@biomet.com
www.biomet.de

Koordination,
Redaktionelle Leitung:
Anke Peters, M.A.,
Kommunikation
Tel.: +49 30 84581-259
anke.peters@biomet.com

Verantwortlich:
Jo Theunissen,
Geschäftsführer

Redaktion:
klartext: von pekker!
Römerstraße 15
79423 Heitersheim
Tel.: +49 7634 551946
redaktion@pekker.de

Gestaltung:
Monika Wetzel, Dipl.-Des.
m.wetzel@blondundbruenett.de

Biomet praktiziert weder im medizinischen Bereich, noch gibt Biomet für die spezifische Anwendung am Patienten Empfehlungen für diese oder andere Behandlungstechniken ab. Der die Therapie durchführende Arzt ist in jedem individuellen Patientenfall für die Bestimmung und Durchführung der angemessenen Versorgung verantwortlich. Biomet übernimmt hierfür keine Verantwortung.

Sofern nicht anders vermerkt, sind alle aufgeführten Handelsmarken Eigentum der Biomet, Inc. oder deren verbundenen Unternehmen.

Copyright ©2014 Biomet Deutschland GmbH. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Material und der gesamte Inhalt, Gestaltungsarbeit, Bilder und Namen unterliegen dem Schutz des Urheberrechts und anderer Gesetze zum Schutz des geistigen Eigentums. Die Vervielfältigung und Weitergabe dieses Materials an andere als den beabsichtigten Empfänger sind ohne die vorherige schriftliche Erlaubnis von Biomet unzulässig.