

Zweizeitiger Wechsel einer infizierten Endoprothese mit neuartigen Platzhalterimplantaten („Spacer“) und lokaler Antibiotikaapplikation

Two-Stage Reimplantation with An Application Spacer and Combined with Delivery of Antibiotics in the Management of Prosthetic Joint Infection

Heiner Thabe¹, Stefan Schill²

Zusammenfassung Operationsziel

Sanierung einer bakteriellen Endoprotheseninfektion mit zweizeitigem Prothesenwechsel unter Erhalt der Beweglichkeit und der Weichteilbalance mit Hilfe eines Platzhalterimplantats bei gleichzeitiger lokaler Antibiotikaapplikation.

Indikationen

Periprosthetische Infektion, akute und chronische Verläufe mit schwer therapierbaren Keimspektren.
Chronische Verläufe mit Fistelbildung.
Drohender Bewegungsverlust durch lang dauernde Immobilisation nach Prothesenexplantation.

Kontraindikationen

Relativ: Frische Infektion mit bekanntem Keimspektrum, die durch Synovektomien und Antibiotikagaben oder durch einzeitigen Wechsel beherrschbar ist.

Operationstechnik

Zunächst komplette Synovektomie, anschließend Entfernung sämtlicher Fremdmaterialien. Vorbereitung des ehemaligen Prothesenlagers zur Implantation der Spacer. Über zwei separate Bohrungen werden Silikonkatheter in den Markkanal und dann in die perforierten Prothesenstiele eingebracht. Wundverschluss nach Implantation des Platzhalters.

Weiterbehandlung

Über die nach außen geführten Silikonkatheter werden täglich in parenteraler Dosierung Antibiotika direkt in den Markkanal an den Ort der Infektion appliziert. Der Spacer ermöglicht eine tägliche physiotherapeutische Behandlung und Mobilisation auf Bewegungsschienen. Bei ausreichender Stabilität kann sogar eine Teilbelastung erlaubt werden.

Zweizeitige, endgültige Versorgung

Nach Absinken der CRP-Werte (C-reaktives Protein) auf Normalniveau endgültige Versorgung.

Abstract Objective

Management of a periprosthetic bacterial infection by two-stage revision of the prosthesis with implantation of an application spacer to maintain mobility and soft-tissue balance, and simultaneous delivery of antibiotics.

Indications

Periprosthetic infection, acute and chronic infection caused by a spectrum of pathogens that are often resistant to treatment.
Chronic course with fistula formation.
Imminent loss of mobility due to protracted immobilization after implant removal.

Contraindications

Relative: acute infection caused by a known spectrum of pathogens that can be brought under control by synovectomy and antibiotic treatment or by one-stage revision.

Surgical Technique

First, a complete synovectomy is performed, and the implant components and all foreign material are removed. The implant bed is then prepared for implantation of the application spacer for antibiotics. Silicone catheters are advanced through two separate drill holes into the intramedullary canal and then inserted into the perforated implant stems. After the application spacer for antibiotics has been implanted, the wound is closed.

Postoperative Management

Daily doses of antibiotics are delivered through the percutaneous silicone catheters directly into the intramedullary canal at the site of the infection. The application spacer for antibiotics allows daily physiotherapy and mobiliza-

Oper Orthop Traumatol 2007;19:78–100

DOI 10.1007/s00064-007-1196-4

¹Orthopädische Abteilung, Diakoniekrankenhaus, Bad Kreuznach,

²Orthopädische Abteilung, Klinik Harthausen, Bad Aibling.

Ergebnisse

36 Patienten wurden seit 1992 behandelt. 20-mal wurde ein Wechsel einer Kniegelenkendoprothese und 16-mal ein Wechsel an der Hüfte durchgeführt. Die längste postoperative Untersuchungszeit beträgt mittlerweile 10 Jahre. Bis heute erforderte keines der mit dieser Methode operierten Gelenke eine Revisionsoperation. Am Kniegelenk zeigte sich nach 6,1 Jahren eine Beweglichkeit von 0/0/106° (Hospital of Special Surgery Score [HSS-Score] 79,5). An der Hüfte fanden sich nach 6,3 Jahren Werte von 10/0/110° (Harris-Score 81,3).

Schlüsselwörter

Antibiotikaapplikationsspacer · Periprothetische Infektion · Septischer Prothesenwechsel

Vorbemerkungen

Die periprothetische Infektion ist die gefürchtetste Komplikation in der Gelenkendoprothetik. Trotz verbesserter Therapiestrategien müssen 10% der Kniegelenke versteift werden [1, 3, 12, 21, 22, 27, 51], und in bis zu 6% ist sogar eine Amputation erforderlich [39]. Die Letalitätsrate bei septischen Komplikationen beträgt durchschnittlich 1,2% [2, 3, 21, 30].

Die Prävalenz liegt je nach Autor zwischen 1% und 2% [2, 22, 31, 40]. In unserer Klinik betrug die Infektionsrate bei 1 400 implantierten Knieendoprothesen 0,85% [46]. Wundheilungsstörungen werden bei 20% der periprothetischen Frühinfekte beschrieben [28, 51]. Unabhängig vom Infektintervall haben Patienten mit einer chronischen Polyarthritiden ein 1,5- bis 2,5fach erhöhtes Infektionsrisiko [22, 40, 52], wobei im Infektionsrisikokollektiv Männer viermal häufiger betroffen sind. Eine präoperative Hospitalisation von > 1 Woche verdoppelt das Infektionsrisiko [22]. Für achsgeführte Prothesen mit intramedullärer Stielverankerung liegt die Infektionswahrscheinlichkeit im 6-Jahres-Intervall durchschnittlich drei- bis viermal höher als für bikondyläre und unikonkondyläre Modelle [28].

Im Erregerspektrum überwiegen grampositive Keime. Prognostisch ungünstig sind gramnegative Keime und Mischinfektionen. In bis zu 8% der Fälle

tion on a continuous passive motion device. Partial weight bearing may even be allowed, if there is sufficient stability.

Two-Stage, Definitive Management

Definitive treatment by implantation of the prosthesis is performed once the CRP (C-reactive protein) values have decreased to normal levels.

Results

36 patients have been treated with this method since 1992. A two-stage revision procedure on a total knee was performed in 20 patients, and revision of a total hip 16 times. The longest postoperative follow-up period is now 10 years. To date, none of the joints treated according to this method have required revision surgery. After 6.1 years, range of motion at the knee joint is 0/0/106° (Hospital of Special Surgery [HSS Score] 79.5); after 6.3 years, range of motion at the hip is 10/0/110° (Harris Score 81.3).

Key Words

Application spacer for antibiotics · Periprosthetic infection · Septic prosthesis revision

Introductory Remarks

Periprosthetic infection is the most severe complication associated with total joint arthroplasty. Despite improved treatment strategies, 10% of all knee joints require arthrodesis [1, 3, 12, 21, 22, 27, 51], and amputation becomes imperative in 6% [39]. The average mortality rate for septic complications is 1.2% [2, 3, 21, 30].

The reported incidence of periprosthetic infection varies between 1–2% depending on the author [2, 22, 31, 40]. The infection rate for 1,400 total knee arthroplasties was 0.85% at our hospital [46]. Impaired wound healing occurred in 20% of cases affected by early periprosthetic infection [28, 51]. Regardless of the infection interval, the risk of infection in patients with rheumatoid arthritis is increased by a factor of 1.5–2.5 [22, 40, 52], and particularly in men where the risk of infection may be four times higher. Preoperative hospitalization > 1 week doubles the risk of infection [22]. The probability of infection over a 6-year period is on average three to four times higher for rotating hinge prostheses with an intramedullary stem fixation than for bicondylar and unicondylar models [28].

Gram-positive bacteria predominate in the spectrum of pathogens. The prognosis is less favorable for gram-negative bacteria and mixed infections. In up to

bleibt der Keimnachweis trotz eindeutigen klinischen und laborchemischen Bilds negativ [28, 29].

Das Behandlungskonzept der periprotetischen Infektion umfasst

1. systemische und intraartikuläre Antibiose,
2. primär prothesenerhaltende Verfahren mit Synovektomie und Débridement,
3. den einzeitigen Prothesenwechsel,
4. den zweizeitigen Prothesenwechsel.

Als Rückzugsmöglichkeiten bei fehlgeschlagener Infektsanierung verbleiben die Arthrodesis oder die Resektionsarthroplastik.

In 90% der Fälle gelingt *präoperativ* der Keimnachweis über die Punktion der Gelenkflüssigkeit [48]. Die alleinige systemische und intraartikuläre Antibiotikabehandlung ist ein rein palliativer Therapieansatz. Indikationen sind fehlende Operationsbereitschaft und inoperable Patienten mit deutlich reduzierter Lebenserwartung. In der Literatur wird über eine Reinfektsrate zwischen 70% und 90% berichtet [2, 3, 27, 38]. Zudem bestehen die Gefahr der Resistenzentwicklung und eine nicht unerhebliche Komplikationsrate mit bis zu 6% letal septischen Verläufen.

Die Ergebnisse der primär prothesenerhaltenden Verfahren sind im Literaturvergleich unbefriedigend [2, 6, 11, 23, 33, 42, 45, 49, 52]. Die Reinfektionsquote liegt bei 70%. Es haben sich jedoch drei prognostische Faktoren für die Erfolgsaussichten des Débridements herauskristallisiert:

1. Diagnosestellung einer Infektion innerhalb der ersten 2 Wochen,
2. niedrigvirulenter Erreger,
3. sicher verankerte Prothese ohne knöcherne Erosionen.

Die schlechtere Prognose [3, 40, 42] einer gekoppelten Prothese mit intramedullärer Stielverankerung konnten wir in unserem Kollektiv nicht nachvollziehen.

Unter Berücksichtigung dieser Auswahlkriterien [6, 23, 35, 42] ist in bis zu 80% eine Infektsanierung zu erzielen.

Prothesenerhaltende Eingriffe mit längeren Symptomintervallen und/oder ungünstigem Erregerspektrum zeigen Rezidivraten von > 80%. Zudem werden signifikant mehr Komplikationen im Rahmen der Rezidiveingriffe beschrieben [23].

Chronische periprotetische Infektionen mit Erosion des Knochens und/oder beginnender Prothesenlockerung sind die Domäne des ein- oder zweizeitigen Prothesenwechsels. Die Prothese wird einschließlich aller Zementreste entfernt und entweder einzeitig oder zweizeitig durch ein zementiertes Implantat er-

8% of all cases testing for bacteria is negative in spite of an unequivocal clinical and laboratory picture [28, 29].

The treatment regimen for periprotetic infection includes

1. systemic and intraarticular antibiotic treatment,
2. primary implant-preserving procedures with synovectomy and debridement,
3. one-stage reimplantation,
4. two-stage reimplantation.

Salvage procedures after unsuccessful treatment of infection include arthrodesis or resection arthroplasty.

In 90% of all cases, the pathogen can be isolated *preoperatively* from aspirated synovial fluid [48]. Systemic and intraarticular antibiotic treatment alone is purely palliative. Here, the indications include patients who refuse to undergo surgery and inoperable patients with significantly reduced life expectancy. Reinfection rates between 70% and 90% have been reported in the literature [2, 3, 27, 38]. This method also involves the risk of fostering drug resistance, and there is a significant incidence of complications including a septic course with lethal outcome in as many as 6% of all patients.

Results of primary implant-preserving procedures described in the literature are unsatisfactory [2, 6, 11, 23, 33, 42, 45, 49, 52]. The incidence of reinfection is about 70%. However, three prognostic factors have emerged for gauging the probable success of debridement:

1. diagnosis of infection within the first 2 weeks,
2. pathogens of low virulence,
3. securely anchored prosthesis without bone lysis.

Results in our study group failed to confirm that a rotating hinge prosthesis with intramedullary stem fixation has a poorer prognosis [3, 40, 42].

When these selection criteria are observed [6, 23, 35, 42], successful treatment of infection can be achieved in up to 80% of all patients.

Implant-preserving procedures with longer symptomatic intervals and/or a less favorable spectrum of pathogens exhibit an incidence of recurrence of > 80%. In addition, significantly more complications are reported after revision procedures [23].

Chronic periprotetic infections with bone lysis and/or first signs of implant loosening are indications for one- or two-stage reimplantation. The implant is removed along with any residual cement and replaced with a cemented prosthesis in either a one-stage or two-stage procedure. Antibiotics are added to the cement according to the sensitivity study. In this way, extremely high, but gradually decreasing, local concentrations of antibiotic can be achieved.

setzt. Dem Knochenzement werden nach Maßgabe des Resistogramms Antibiotika zugemischt. Hierdurch lassen sich „vor Ort“ extrem hohe, aber kontinuierlich abnehmende Antibiotikakonzentrationen erzielen.

Obwohl die Mehrzahl der angloamerikanischen Autoren den zweizeitigen Wechsel favorisiert, liegen die Vorteile eines einzeitigen Wechselverfahrens auf der Hand. Mit einer einzigen Operation ist eine weitgehend sichere Infektsanierung mit guter postoperativer Kniegelenkfunktion zu erreichen. Diese Tatsache erklärt, dass für die Applikationsprothese in unserer Klinik eine relative Kontraindikation besteht. Entscheidend für den Erfolg sind jedoch eine exakte präoperative Keimbestimmung, ein radikales Débridement und eine erregerspezifische Antibiotikanreicherung des Knochenzements [47]. Prognostisch günstige Faktoren sind niedrigvirulente Erreger und gute Knochenqualität [13, 15].

Obwohl skandinavische Studien [3] keine Unterschiede in der Infektsanierungsquote zwischen ein- und zweizeitigen Wechselstrategien nachweisen konnten, wird der zweizeitige Wechsel von der Mehrzahl der Autoren favorisiert [1, 5, 8, 16, 17, 22, 24, 25, 27, 41, 43, 51–53].

Auch beim zweizeitigen Prothesenwechsel gewährleistet die Einlage antibiotikaangereicherter Knochenzements oder resorbierbarer Antibiotikavliese im Intervall eine hohe, aber kontinuierlich abnehmende intraartikuläre Antibiotikakonzentration. Der Knochenzement wird nach Maßgabe des Resistogramms mit Antibiotika angereichert und in Form von Ketten oder Knochenzementspacern eingebracht [4, 32, 34]. Die Knochenzementspacer werden entweder manuell der Prothesenform nachmodelliert oder in speziellen Gussformen ausgehärtet [9, 19, 24, 34, 36]. Hinsichtlich der funktionellen Ergebnisse wurden zwischen statischen und dynamischen Spacern keine Unterschiede gesehen [10].

Die Intervalldauer liegt in der Literatur bei durchschnittlich 6 Wochen. Kurze Wechselintervalle < 2 Wochen haben sich nicht bewährt [24, 40]. Es bestehen je nach Autor deutliche Unterschiede im Intervallregime, teilweise über 4–6 Monate [31]. Die Mehrheit der Autoren bevorzugt eine Immobilisierung im Fixateur externe oder durch Orthesenanlage.

Die Problematik der zweizeitigen Wechselverfahren mit Immobilisierung des Kniegelenks liegt in der Entwicklung von Weichteilkontrakturen, Muskelatrophien und immobilisationsbedingter Knochenschwächung. Entsprechend häufig sind ausgedehnte Weichteillö-

Despite the fact that the majority of English-speaking authors favor a two-stage revision procedure, the advantages of a one-stage procedure are obvious. A single operation can, for the most part, reliably treat infection while preserving good postoperative joint function. This explains why the application prosthesis is relatively contraindicated at our hospital. Success hinges on precise preoperative identification of the pathogen, radical debridement, and impregnating the bone cement with pathogen-specific antibiotics [47]. Favorable prognostic factors include pathogens of low virulence and good-quality bone stock [13, 15].

Although Scandinavian studies [3] fail to demonstrate any differences between one- and two-stage revision strategies with respect to the incidence of successful treatment of infection, the majority of authors favor a two-stage revision procedure [1, 5, 8, 16, 17, 22, 24, 25, 27, 41, 43, 51–53].

In a two-stage revision procedure, insertion of antibiotic-loaded bone cement or absorbable antibiotic mesh during the interval before reimplantation also ensures an initially high but continuously decreasing intraarticular concentration of bactericidal antibiotics. The bone cement is impregnated with antibiotics according to the sensitivity study and inserted in the form of chains or spacers of bone cement [4, 32, 34]. The spacers of bone cement are either manually molded into the shape of the prosthesis or are cast and hardened in special molds [9, 19, 24, 34, 36]. No differences were found in the functional outcomes for static or dynamic spacers [10].

The average interval before reimplantation specified in the literature is 6 weeks. Short intervals of < 2 weeks have not proven effective [24, 40]. There are significant differences in the intervals described by various authors ranging from 4 to 6 months [31]. Most authors prefer immobilization with an external fixator or brace.

The problems of a two-stage procedure with immobilization of the knee joint lie in the development of soft-tissue contractures, muscle atrophy, and bone weakening due to immobilization. The consequences are frequently the need for soft-tissue release with quadricepsplasty, reconstruction of the patellar ligament, and even repositioning of the tibial tuberosity [20, 41, 44, 53].

By contrast, temporary application spacer implants for antibiotics allow immediate postoperative physiotherapy and rapid mobilization. The temporary implants are either manually molded from bone cement or cast in special molds to minimize particulate wear

sungen mit Quadrizepssehnenplastik, Rekonstruktion des Ligamentum patellae bis hin zur Versetzung der Tuberositas tibiae notwendig [20, 41, 44, 53].

Dagegen ermöglichen temporäre Platzhalterimplantate eine sofortige postoperative krankengymnastische Beübung und rasche Mobilisierung. Die Interimsimplantate werden entweder aus Knochenzement manuell nachmodelliert oder zur Verringerung der Abriebschäden in Spezialformen gegossen [17, 19, 24, 34]. Nachteilig wirkt sich hier der in bis zu 44% der Fälle beschriebene Knochenverlust aus [7]. Kanülierte, handgeformte Spacer ermöglichen zudem eine Markraumdrainage, weisen aber die gleiche nachteilige kontinuierliche Abnahme der Antibiotikaabgaben aus dem Zement auf [26].

Für den zweizeitigen septischen Prothesenwechsel verwenden wir im Intervall ein industriell gefertigtes Platzhalterimplantat [45, 46], das in Form und Koppelung der später zu implantierenden Revisionsprothese (Endorotationsknie, Fa. W. Link) entspricht. Über die eingelegten Antibiotikaspülapplikationskatheter werden vor Ort kontinuierlich extrem hohe Antibiotikakonzentrationen erreicht und eine sichere Infektsanierung im Intervall gewährleistet. Die Vorteile gegenüber Knochenzementspacern liegen in der besseren Übungs- und Belastungsstabilität sowie den deutlich minimierten Abriebschäden.

Die Vorteile des zweizeitigen Vorgehens liegen gegenüber einzeitigen Wechselstrategien in der Möglichkeit, bakteriologische und histologische Ergebnisse der Primäroperation in die Intervalltherapie einfließen zu lassen. Unter Kontrolle der klinischen und laborchemischen Befunde sowie des bakteriologischen Verlaufs ist eine weitgehend sichere Infektsanierung im Intervall zu erreichen. Durch die Verwendung vom Interimsimplantaten lassen sich die nachteiligen Weichteilkontrakturen und die Knochenschwächung der Intervallimmobilisierung vermeiden. Die endgültige, zementierte Revisionsprothese wird dann in ein infektfreies Implantatlager mit weitestmöglich erhaltenen Knochen- und Weichteilstrukturen implantiert.

Eine einseitige Betrachtungsweise der Therapiestrategien zur Revision der infizierten Knieprothese ist somit nicht angezeigt [56]. Es muss im Einzelfall nach Maßgabe des klinischen, bakteriologischen und intraoperativen Befundes das erfolgversprechendste Operationsverfahren gewählt werden. Im Mittelpunkt dieser Entscheidung sollten immer der einzelne Patient und die individuelle Erfahrung der einzelnen Zentren stehen.

Unserer aktuelles Therapiekonzept schränkt die Indikation zu primär prothesenerhaltenden Verfahren

[17, 19, 24, 34]. Bone loss, as described in 44% of cases, is a disadvantage in these cases [7]. Furthermore, cannulated, handmade spacers of bone cement allow drainage of the medullary canal, but also permit a continual decrease in the amount of antibiotic eluting from the cement, which is equally disadvantageous [26].

For two-stage management of septic total arthroplasty, we use a commercially available application spacer for antibiotics in the interim period [45, 46] whose shape and joint geometry correspond to those of the definitive revision implant (rotating hinge knee, W. Link Co.). Extremely high local concentrations of antibiotics are maintained continually through the antibiotic feed catheters, thus ensuring eradication of the infection prior to definitive treatment. The advantages of this procedure over spacers made from bone cement include better stability allowing for exercises and minimization of particulate wear.

The advantages of a two-stage over a one-stage revision procedure include the opportunity to utilize the results of bacteriologic and histological examinations based on specimens obtained during the initial operation for treatment during the interval between stages. Reliable treatment of infection can, for the most part, be achieved by monitoring the clinical and laboratory findings and continuously monitoring bacteriologic status. The use of an interval prosthesis avoids the deleterious effects of immobilization, thus the definitive cemented prosthesis can be reimplanted in a bone that is free from infection in a situation of maximally preserved bone stock and soft-tissue structures.

In the light of the above, a one-sided view of therapeutic strategies for revision of infected total joint arthroplasty is not justifiable [56]. The specific clinical, bacteriologic, and intraoperative findings must be carefully considered in each case and the most promising surgical procedure chosen. This decision should invariably be based on the needs of the specific patient and the individual experience of the surgeon.

Our current treatment strategy limits the indication for initial implant-preserving procedures to acute infections with low-virulence pathogens in which the prosthesis remains solidly seated. In chronic low-grade infections with low-virulence pathogens and slight bone involvement, we prefer a one-stage procedure with a cemented revision prosthesis and antibiotics added to the bone cement according to the antibiogram.

We regard fulminant clinical courses with highly virulent pathogens and significant involvement of bone including recurrent infections as a clear indication for two-stage revision. We prefer a regimen with

auf akute Infekte mit niedrigvirulentem Erreger und fest verankerter Prothese ein. Bei chronifizierten Low-Grade-Infekten mit niedrigvirulenten Erregern und leichtgradigen knöchernen Infiltrationen bevorzugen wir das einzeitige Wechselverfahren mit zementierten Revisionsprothesen unter Beimischung von Antibiotika zum Knochenzement, nach Vorgabe des Antibiogramms.

Foudroyante Verläufe mit hochvirulenten Erregern und deutlicher Knocheninfiltration einschließlich der Rezidivinfekte sind für uns eine klare Indikation zum zweizeitigen Wechsel. Wir bevorzugen ein Intervallregime mit Platzhalterimplantat.

Ist eine Infektsanierung in seltenen Fällen nicht zu erzielen, bleiben die Arthrodesis als letzte gliedmaßenerhaltende Operationsmethode am Kniegelenk und alternativ für die Hüfte auch die Resektionsarthroplastik.

an application spacer for antibiotics for the interval between stages.

In the rare cases where infection cannot be successfully treated, knee arthrodesis remains the final limb-preserving salvage procedure as does resection arthroplasty for the hip.

Operationsprinzip und -ziel

Zweizeitiger Wechsel einer infizierten Endoprothese mit Verkürzung des Implantationsintervalls. Überbrückung der Intervallphase mit einer Spacerprothese, die eine Mobilisation zulässt und somit Kontrakturen der Weichteile vermeidet. Gleichzeitig hohe lokale Antibiotikakonzentration am Ort der Infektion durch tägliche Antibiotikagaben nach aktueller Resistenzlage durch Instillation in die Prothesenstiele.

Surgical Principles and Objective

Two-stage revision of an infected total prosthesis with a shorter interval between implantations. Insertion of a spacer prosthesis in the interim period to permit mobilization and prevent contractures of the soft tissues. Simultaneous delivery of a high local daily dose of antibiotics in accordance with the known level of pathogen resistance by antibiotic loading of the perforated implant stems.

Vorteile

- Gezielte Antibiotikagabe jederzeit in ausreichender Dosierung am Infektionsort.
- Extrem hohe Antibiotikakonzentrationen vor Ort, daher rasche Bekämpfung der Infektion.
- Hohe Wirksamkeitsrate gerade bei Problemkeimbeseidlung.
- Kurze Verweildauer des temporären Implantats.
- Sofortige Operation ohne Kenntnis der Resistenzlage möglich; nach Erhalt des Resistogramms kann das Antibiotikum problemlos angepasst werden.
- Hohe Sicherheit der Keimbestimmung durch direkte Aspiration und Gewinnung von Gewebematerial während der Operation.
- Resektion der stark infizierten Knochenzonen durch Verwendung der Originalschnittlehren für das endgültige Implantat.

Advantages

- Delivery of sufficient doses of antibiotics directly to the site of the infection at all times.
- Extremely high local concentrations of antibiotics thus ensuring rapid eradication of the infection.
- High efficacy especially for colonies of pathogens difficult to eradicate.
- Short in situ duration of the temporary implant.
- Surgery can be performed immediately without knowledge of pathogen resistance; once the result of the sensitivity test is available, the antibiotic dose can easily be modified.
- The pathogen can be identified with a high degree of reliability from intraoperative aspirate and biopsy specimens.
- Severely infected areas of bone are resected using the same templates as for the definitive implant.

- Bei Änderung der Resistenzlage vor Ort Antibiotikumwechsel möglich.
- Nach Absinken der Entzündungsparameter (Monitoring des C-reaktiven Proteins [CRP]) kann in der Regel schon nach 3 Wochen der Zweiteingriff erfolgen [50].
- Erhalt der Länge und Beweglichkeit der Weichteilstrukturen durch den Antibiotikaapplikations-spacer und die Möglichkeit der Nutzung von Bewegungsschienen.
- Größere Mobilität der Patienten während der Infektsanierungsphase.
- Beim Zweiteingriff sind lediglich eine Säuberung des Implantatlagers und eine erneute Synovektomie notwendig.
- Die endgültige Implantation kann dann mit gezielter Antibiotikabeimischung zum Zement durchgeführt werden.
- Die definitive Rekonstruktion mit Allografts wird durch die Implantation in ein infektsaniertes Knochenlager möglich.
- Nach Säuberung und Sterilisation wiederverwendbares Instrument (Antibiotikaapplikationsspacerprothese), daher zunehmend kostengünstiger.

Nachteile

- Anlegen eines subkutanen Ports mit täglichen Injektionen.
- Alternativ: Herausführen eines intramedullären Silikonkatheters durch die Haut als mögliche Infektionsquelle, wobei der Katheter jedoch ständig mit einem Antibiotikum gefüllt ist.
- Bei instabiler Implantatlage: Luxationsgefahr.

Indikationen

- Periprothetische Infektionen, die ein längeres prothesenfreies Intervall zur Infektsanierung erfordern.
- Vermeidung von Kontrakturen und Verklebungen bei zweizeitigen Prothesenwechseloperationen.
- Akute periprothetische Infektionen mit unbekanntem Keimspektrum und fehlendem Resistogramm.
- Periprothetische Infektionen mit Problemkeimen.

Kontraindikationen

- Schwere Osteoporose.
- Ausgedehnte Knochendefekte, die eine primär stabile Verankerung des Antibiotikaapplikations-spacers verhindern.
- Neurologische Krankheitsbilder als Komplikation, die eine exakte Bewegungskoordination unmöglich machen.

- The antibiotic can be modified locally, if there are changes in drug resistance.
- The second procedure may be performed once the parameters of inflammation have decreased (C-reactive protein [CRP] monitoring), usually 3 weeks later [50].
- The application spacer for antibiotics maintains the length and mobility of soft-tissue structures and allows the use of continuous passive motion devices.
- Greater patient mobility while the infection is being treated.
- The second-stage procedure only requires debridement of the implant bed and a second synovectomy.
- The definitive implant can then be inserted using cement impregnated with specific antibiotics.
- Definitive reconstruction with allograft is possible once the osseous implant bed has been cleared of infection.
- The instrument (application spacer for antibiotics) may be reused after cleaning and resterilization, making it increasingly cost-effective.

Disadvantages

- Need for a subcutaneous port with daily injections.
- Alternatively: a percutaneous intramedullary silicone catheter may be a possible source of infection, whereby the catheter is continuously filled with antibiotic.
- In cases of unstable fixation of the spacer: risk of dislocation.

Indications

- Periprothetische Infektionen that require a protracted interval between stages for treatment of infection.
- Prevention of contractures and adhesions by a two-stage revision operation.
- Acute periprothetische Infektionen with an unknown spectrum of pathogens in the absence of a sensitivity test.
- Periprothetische Infektionen caused by organisms difficult to treat.

Contraindications

- Severe osteoporosis.
- Extensive bone defects that preclude primary stable fixation of the application spacer for antibiotics.
- Neurologic syndromes as complications that render precise coordinated motion impossible.
- Morbid obesity and noncompliant patients.

- Extremes Übergewicht und fehlende Mitarbeit der Patienten.

Patientenaufklärung

- Allgemeine Operationsrisiken.
- Zweizeitiger Prothesenwechsel mit temporärem Instrument zur Erhaltung der Weichteilbalance und Applikation von Antibiotika direkt an den Ort der Infektion.
- Antibiotikaresistenzen und Allergien.
- Notwendigkeit eines zweiten operativen Eingriffs nach Infektsanierung.
- Frakturrisiko bei Fehlbelastung.
- Postoperatives Nachsorgekonzept.
- Alternativ primärer einzeitiger Wechsel mit Antibiotikazement.

Operationsvorbereitungen

- Punktion des Gelenks zur Keimbestimmung und Erstellung eines Resistogramms.
- Aktuelles Röntgenbild (lange Aufnahmen), nach Möglichkeit Szintigraphie.
- Abdecken parenteral mit einem gut knochengängigen Breitbandantibiotikum, z.B. Cefotiam, zur Operation bis zum Erhalt des ersten Resistogramms, danach evtl. Umsetzen des Antibiotikums nach Wirksamkeit.
- Vorbereitung des Patienten zum Operationstransport (septischer Eingriff, evtl. spezielle Vorkehrungen wie für eine Infektion mit multiresistenten Staphylokokken).
- Vorbereitung des Operationssaals für einen septischen Eingriff.
- Blutleere am Kniegelenk.

Instrumentarium und Implantate

- Knieprothesenset, Wechselset, Lavage, Antriebsset.
- Dem jeweiligen Antibiotikaapplikationsspacer angepasstes Knie- oder Hüftprothesenset.
- Für den Wechsel Oberflächenknie auf Oberflächenknie (Modell Gemini, Fa. W. Link, Barkhausenweg 10, 22339 Hamburg) verwenden wir die nach Explantation resterilisierten Femur- und Tibiaträger, die in einem dünnen Zementlager locker implantiert werden, und einen temporären perforierten Antibiotikaapplikationsspacer als Inlayersatz (Fa. W. Link; Abbildung 1a). Wie beim Originalimplantat stehen fünf verschiedene Größen und unterschiedliche Höhen zur Verfügung (Abbildung 1b).

Patient Information

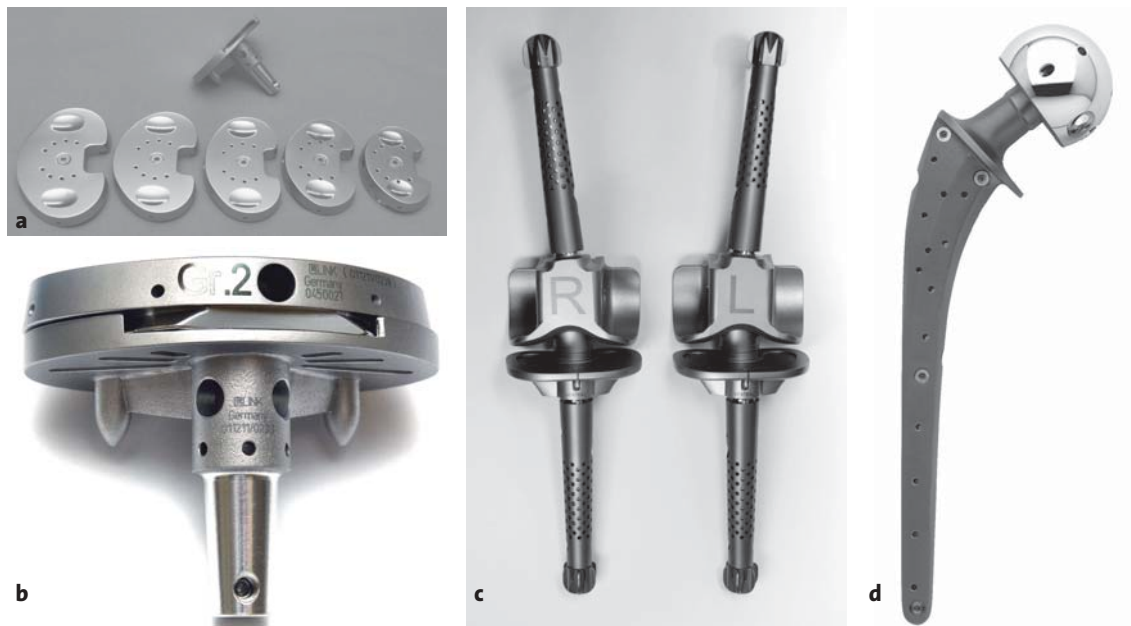
- General risks of surgery.
- Two-stage revision procedure with a temporary implant to preserve soft-tissue balance and to guarantee delivery of antibiotics directly to the site of the infection.
- Antibiotic resistance and allergies.
- Necessity of a second surgical intervention after treatment of the infection.
- Risk of fracture, if there is abnormal weight bearing.
- Postoperative management concept.
- Alternatively: primary one-stage revision with antibiotic-loaded cement.

Preoperative Work Up

- Aspirate the joint to identify the pathogen for culture and sensitivity test.
- Obtain a current radiograph (long views) and bone scan where possible.
- Administer a broad-spectrum antibiotic with good bone penetration such as cefotiam parenterally in preparation for surgery until the result of the initial sensitivity test is available, at which time a more effective antibiotic may be substituted.
- Prepare patient for transport to the operating room (septic procedure, for patients with multiresistant staphylococci take precautionary measures as necessary).
- Prepare operating room for a septic procedure.
- Surgical ischemia of the knee joint.

Surgical Instruments and Implants

- Total knee set, revision set, lavage, and driver set.
- Appropriate total knee or hip set for the respective application spacer for antibiotics.
- When replacing a total condylar knee with a total condylar knee (Gemini design, W. Link Co., Barkhausenweg 10, 22339 Hamburg, Germany), we reimplant the sterilized femoral and tibial components with a thin layer of cement using a temporary perforated application spacer for antibiotics in place of the original polyethylene liner (W. Link Co., Figure 1a). As for the original implant, five different sizes and various heights are available (Figure 1b)
- When replacing a rotating hinge knee system, we use an application spacer for antibiotics based on the Endo-design rotational knee system® (W. Link Co., Figure 1c).
- For total hip replacement, an application spacer for antibiotics based on the Lubinus Classic (W. Link Co.) is available (Figure 1d).



Abbildungen 1a bis 1d

- a) Spacer für den Oberflächenwechsel; Austausch des PE-Inlays gegen ein perforiertes Metallinlay.
- b) Verfügbare Spacergrößen für den Oberflächenspacer.
- c) Spacer für achsgeführte Prothesen, Rechts- und Linksversion.
- d) Spacer für den Hüftwechsel.

Figures 1a to 1d

- a) Spacer for total condylar knee revision; the PE inlay is replaced by a perforated metal inlay.
- b) Available sizes of spacer for the total condylar knee spacer.
- c) Spacer for rotating hinge knee prosthesis, right and left versions.
- d) Spacer for revision surgery of the hip.

- Für den Wechsel auf ein gekoppeltes Rotationssystem verwenden wir einen Antibiotikaapplikations-spacer auf Basis des Endorotationskniemodells (Fa. W. Link; Abbildung 1c).
- Für den Hüftwechsel steht ein Antibiotikaapplikationsspacer auf Basis des Lubinus Classic (Fa. W. Link) zur Verfügung (Abbildung 1d).
- Silikondrainagen Ch 8.
- Dreiwegehahn.
- Alternativ: Subkutanport (z.B. intraport, Fa. Fresenius Kabi, 61346 Bad Homburg).

Anästhesie und Lagerung

- Intubationsnarkose.
- Blutleere für Knieeingriffe.
- Rückenlagerung für Knieeingriffe.
- Seitenlagerung für Hüfteingriffe.

- Ch 8 silicone drains.
- Three-way valve.
- Alternatively: a subcutaneous port (e.g., intraport, Fresenius Kabi Co., 61346 Bad Homburg, Germany).

Anesthesia and Positioning

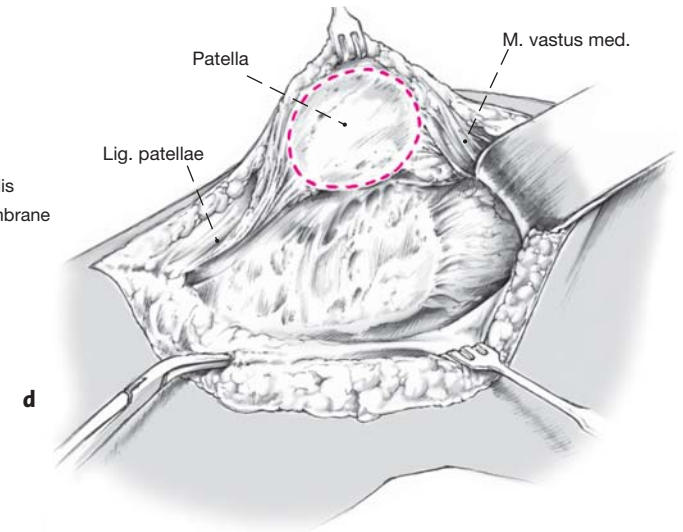
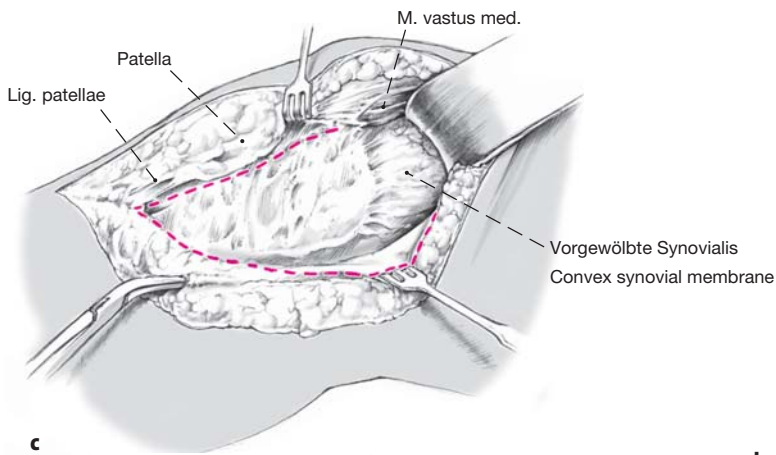
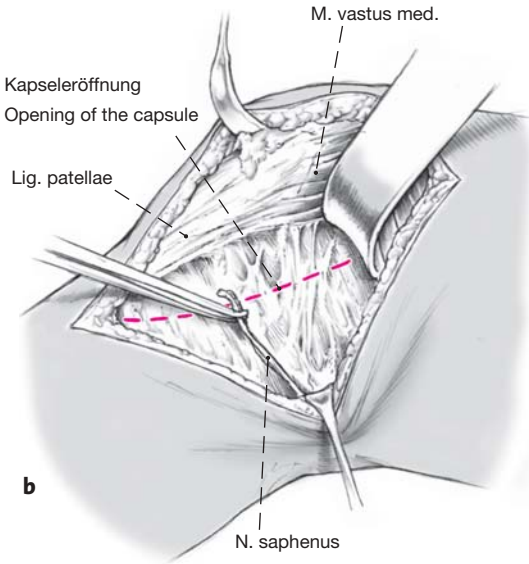
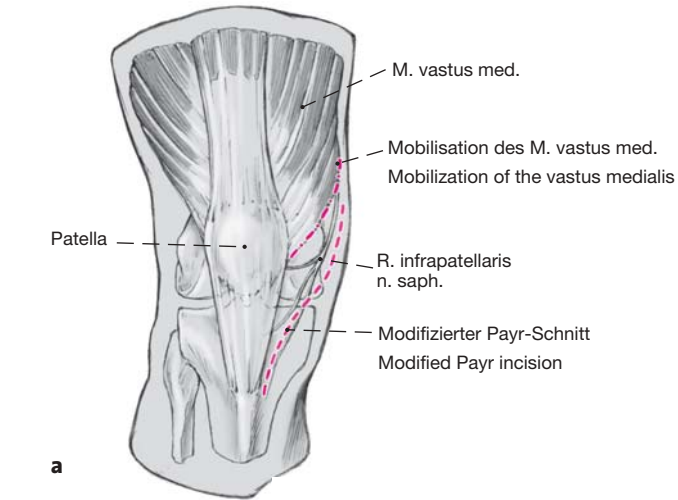
- General anesthesia.
- Obtain a bloodless surgical field for knee procedures.
- Supine position for knee procedures.
- Lateral position for hip procedures.

Operationstechnik

Abbildungen 2 bis 5

Surgical Technique

Figures 2 to 5



◀◀◀ **Abbildungen 2a bis 2e**

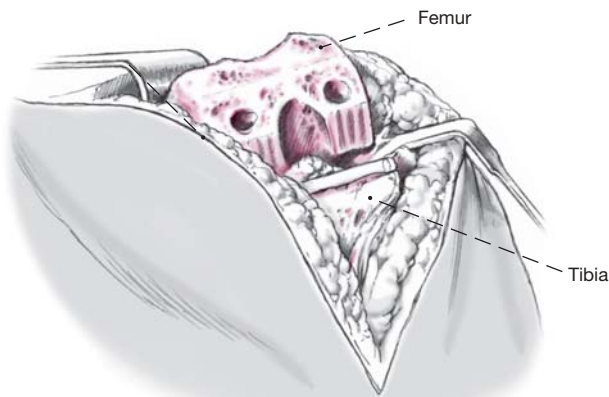
Das Kniegelenk wird in modifizierter Payr-Schnittführung (a [rote Linie]) eröffnet. Der Ramus infrapatellaris nervi sapheni wird bis zur Kniekehle dargestellt und anschließend zur Denervierung der Patella reseziert (b). Dadurch kann auf einen Ersatz des patellofemorales Gelenkabschnitts verzichtet werden. Das Kniegelenk wird unter stumpfer Mobilisierung des Musculus vastus medialis (a) und Resektion des medialen Teils der Synovialmembran eröffnet (b [rote Linie], c), die Patella wird evertiert (d) und mit der Elektrokoagulationsnadel zusätzlich zirkulär denerviert. Anschließend kann dann das gesamte laterale Kniekompartiment synovektomiert werden (e).

Das infizierte Kunstgelenk wird möglichst knochensparend, aber unter Mitnahme aller entzündlich infiltrierten und pannös unterwanderten Knochengrenzen entfernt. Je nach Schadensanalyse kann dann mit dem Instrumentarium für den Oberflächenersatz (Modell Gemini) bei erhaltenem Bandapparat oder mit dem Endorotationsknie (Endomodel) das knöcherne Lager wie für eine endgültige Prothesenimplantation vorbereitet werden. In den meisten Fällen gelingt es damit bereits, einen übergangsstabilen Sitz für das Antibiotikaapplikationsspacereimplantat zu erzielen.

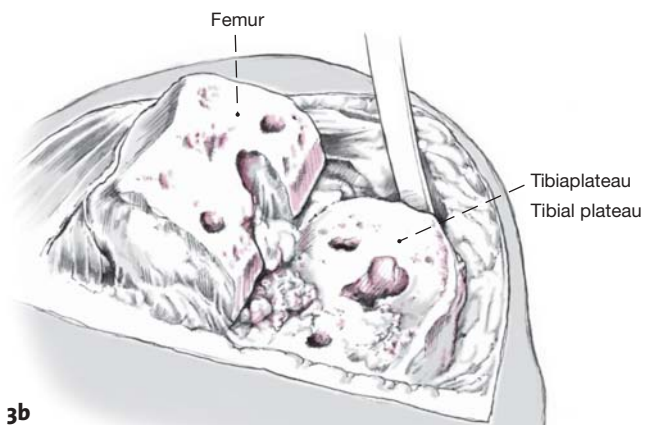
Figures 2a to 2e

The knee is opened with a modified Payr incision (a [red line]). The infrapatellar branch of the saphenous nerve is exposed as far as the popliteal fossa and then resected to denervate the patella (b). This approach eliminates the need for replacement of the patellofemoral joint. The knee is opened by blunt dissection of the vastus medialis (a) and by resection of the medial part of the synovial membrane (b [red line], c). The patella is everted (d) and additional circular denervation is completed by electrocautery. Next, synovectomy of the entire lateral compartment of the knee can be performed (e).

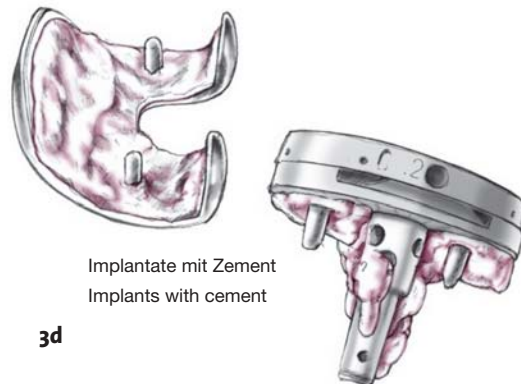
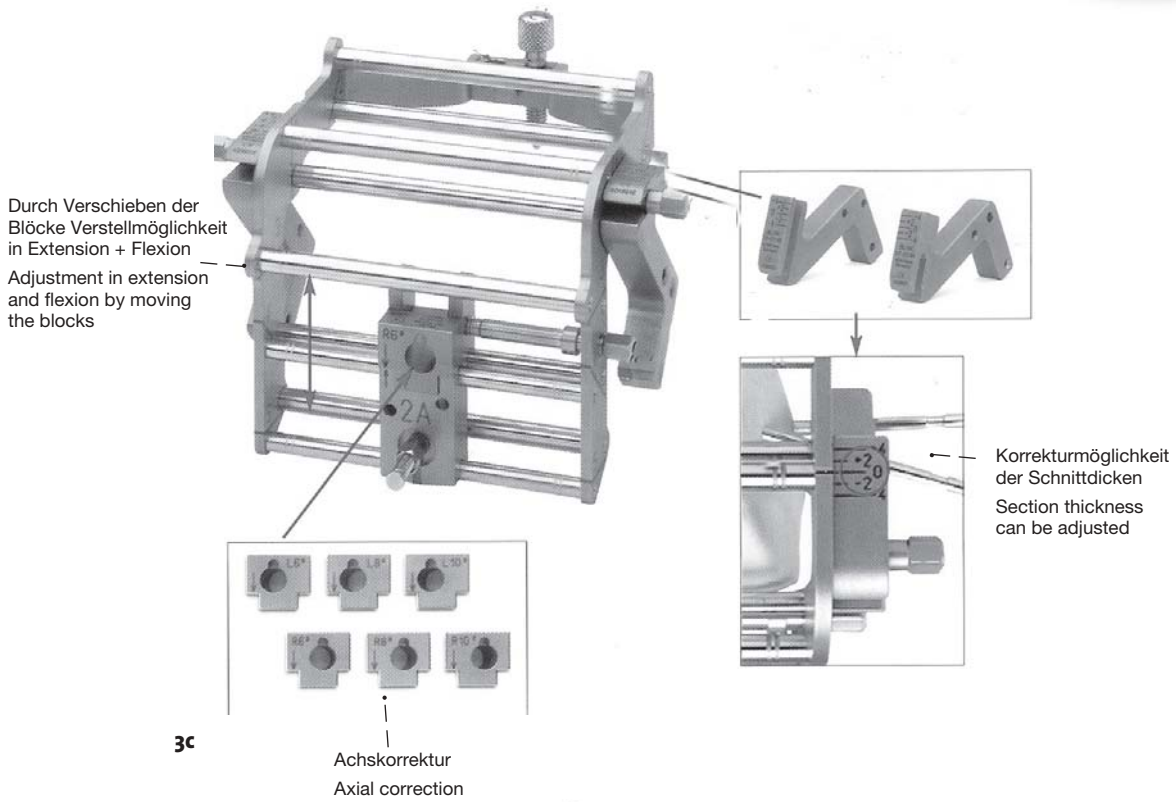
The infected total knee is removed, taking care to preserve as much bone stock as possible but ensuring that all margins of the bone that are infiltrated with inflammation or pannus are removed. Depending on the damage assessment, the total condylar instrument set (Gemini design) can be used, if the ligaments are intact; alternatively, the rotational hinge knee set (Endomodel) may be preferred for preparation of the osseous implant bed as for definitive implantation of a prosthesis. In the majority of cases, this will already ensure rigid seating for the application spacer for antibiotics and thus permit exercise.

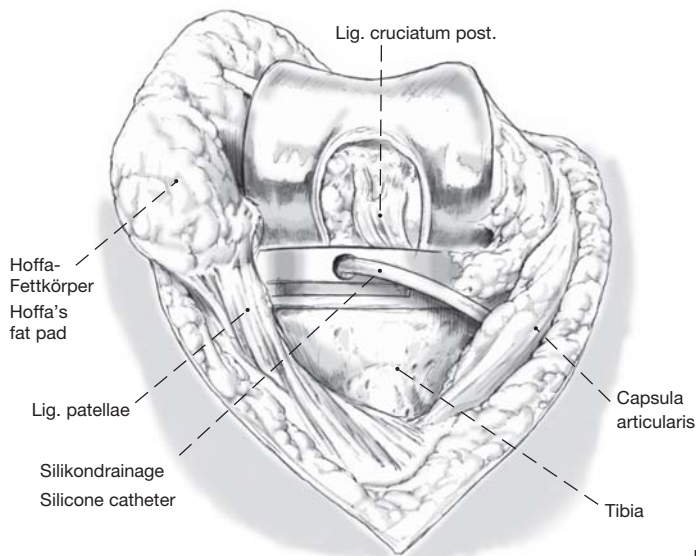


3a

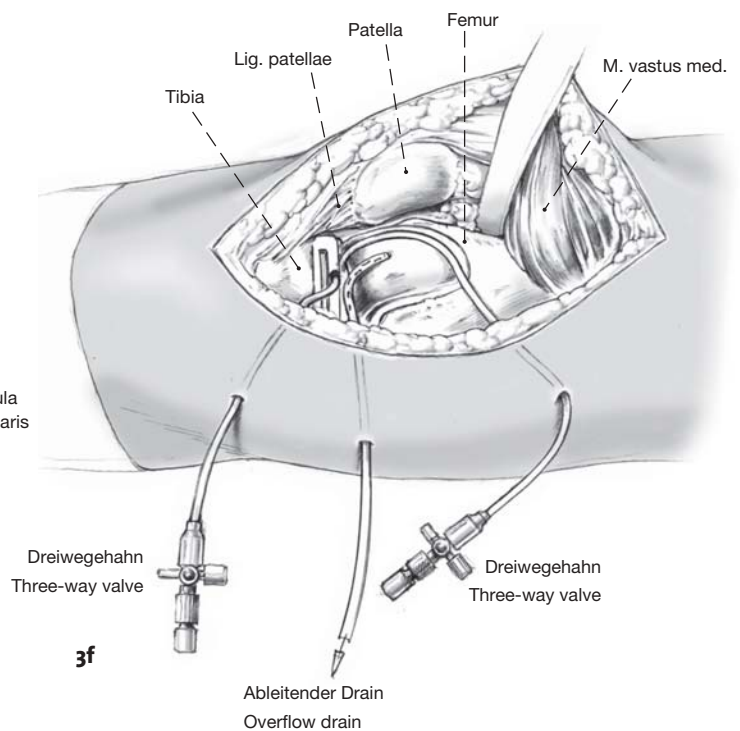


3b





3e



3f

Abbildungen 3a bis 3f

Wechsel Oberflächenknie gegen Oberflächenknie.

Die ausgebauten Komponenten werden mechanisch gesäubert und direkt sterilisiert, damit sie als temporäre Träger erneut zur Verfügung stehen. Zwischenzeitlich wird das Prothesenlager von infiziertem Material befreit (a, b), und das knöcherne Lager wird in korrekter Achsausrichtung für die endgültige Implantation mit der Original-5-in-1-Schnittlehre vorbereitet. Dabei werden der Knochenverlust und die Implantatdicke an der Schnittlehre bei der Einstellung einkalkuliert. Defekte können mit allogenen Knochenmaterial ausgeglichen werden (c).

Bei größeren knöchernen Defekten wird mit antibiotikahaltigem Zement das knöcherne Lager stabilisiert, indem mit der resterilisierten Komponente oder einem Probeimplantat eine endgültige Implantation simuliert, das Implantat aber vor Aushärten des Zements wieder entfernt wird (d).

So erzielt man mit einer dünnen oberflächlichen Zementlage eine übungstabile Fixation der Komponenten. Die endgültige Stabilität erhält das Kniegelenk durch die Implantation eines entsprechend höhenangepassten, perforierten Inlays (e).

In das Inlay wird ein Silikonkatheter versenkt, durch die Haut nach außen geführt und mit einem Dreiwegehahn versehen (f). Nach Sicherung des Katheters durch eine Hautnaht wird er mit dem Antibiotikum der Wahl aufgefüllt. Alternativ kann ein Port in das Subkutangewebe versenkt werden. Danach verschließen wir die Wunde wie üblich.

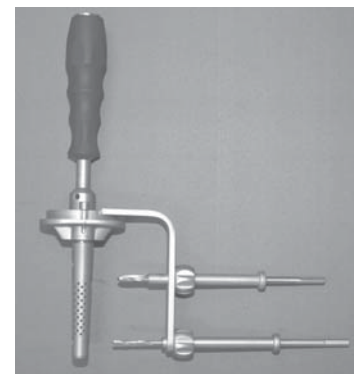
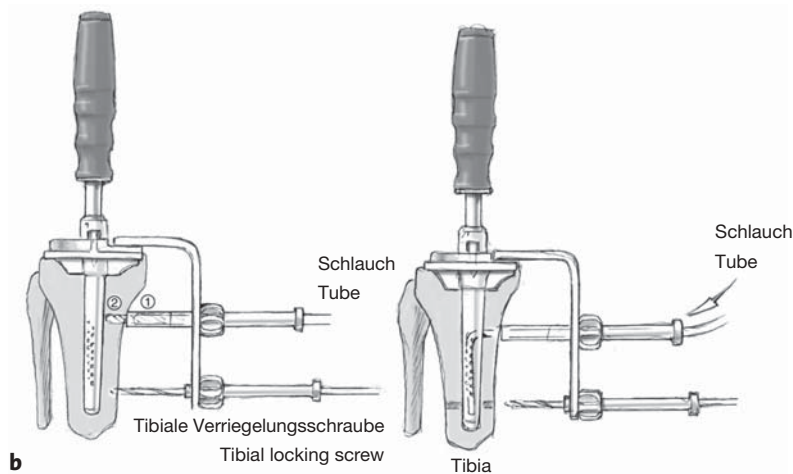
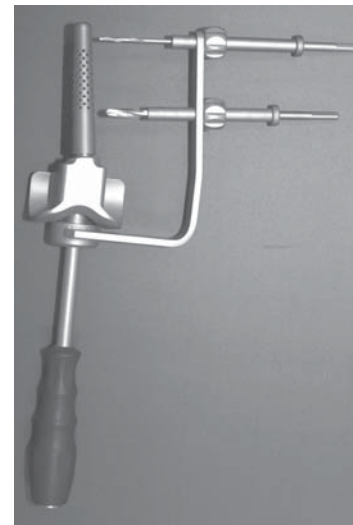
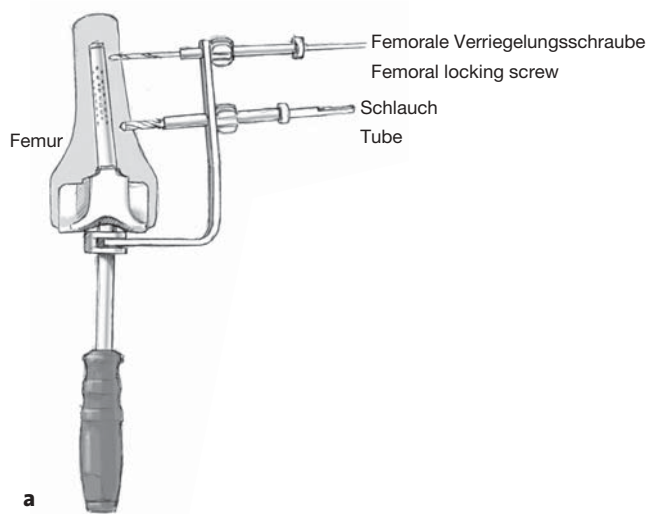
Figures 3a to 3f

Replacing a total condylar knee with a total condylar knee. The explanted components are cleaned mechanically and immediately sterilized so that they are available for reuse as temporary carrier components. In the meantime, the implant bed is debrided of visibly infected material (a, b) and the osseous bed is prepared in proper axial alignment for definitive implantation with the original 5-in-1 template. This involves calculation of bone loss and implant thickness at the template during adjustment. Defects can be filled with allogenic bone substitute (c).

If there are larger defects, the implant bed is stabilized by insertion of antibiotic-loaded cement. The resterilized component or trial implant is used to simulate definitive implantation whereby these implants are removed before the cement hardens (d).

A thin superficial layer of cement for rigid component fixation that will allow exercise is obtained in this way. Implantation of a perforated liner of the appropriate height leads to definitive stabilization of the knee (e).

A silicone catheter is advanced into the liner, passed out through the skin, and fitted with a three-way valve (f). The catheter is secured with a skin suture and then filled with the antibiotic of choice. Alternatively, a port can be placed in the subcutaneous tissue. Then, the wound is closed according to standard procedure.



Abbildungen 4a und 4b

Wechsel Oberflächenknie gegen achsgeführtes Rotationsknie.

Haben die knöchernen Defekte durch die Infektion und Explantation ein Ausmaß angenommen, das eine sichere Verankerung und Funktion des Kniegelenks nicht mehr erwarten lässt, wird das Kniegelenk für die endgültige Implantation eines achsgeführten Rotationsknie vorbereitet. Hierzu steht dem Operateur das spezielle Instrumentarium für das Endorotationsknie zur Verfügung, da der Antibiotikaapplikations-spacer auf diese Schnittführung zur Verankerung ausgerichtet ist. Nach Einpassen der femoralen Komponente wird bei gebeugtem Kniegelenk mit Hilfe einer in die Zapfenführung passenden Bohrschablone medial ein 6-mm-Bohrkanal angelegt (a).

Diese Bohrung korrespondiert mit der Bohrung im perforierten Prothesenstiel, durch die der Silikonkatheter dann nach außen geführt wird. Ist die Antibiotikaapplikationskomponente nicht ausreichend übergangsstabil verankerbar, kann zusätzlich über die Bohrschablone durch eine Stichinzision

Figures 4a and 4b

Replacing a total condylar knee with a rotating hinge knee. Where the bony defects caused by the infection and the removal of the primary prosthesis are so extensive that they jeopardize secure fixation and function of the knee, the knee is prepared for revision implantation of a rotating hinge knee system. In this case, the surgeon can utilize the special instrumentation set provided for use with the rotating hinge knee system because the same bone resections required to seat the prosthesis are also used for the application spacer for antibiotics. After fitting the femoral components, a 6-mm hole is drilled medially with the knee in flexion using a drill guide that fits into the intramedullary canal reamed for the stem (a). This drill hole must align with the perforation in the spacer stem through which the percutaneous silicone catheter is passed. If the antibiotic delivery component cannot be sufficiently stabilized to permit exercising, an additional locking screw can be inserted through the drill guide into the diaphyseal portion of the perforated stem through a stab incision. The tibia is prepared in the same way (b): the drill sleeve is ad-



eine Verriegelungsschraube in den unteren Teil des Siebkorbstiels gesetzt werden.

In gleicher Weise wird die Tibia vorbereitet (b): Über eine Stichinzision wird die Hülse bis an den Knochen vorgeschoben, und ein 6-mm-Bohrloch wird angelegt. Durch die Hülse kann der Schlauch in den Stiel vorgeschoben werden. Bei Bedarf kann auch tibial über eine weitere Bohrung eine Verriegelungsschraube implantiert werden.

Bei instabilem Prothesenaufsitz wird wie bei der Fixation der Oberflächenantibiotikaapplikationsspacer eine dünne Antibiotikazementschicht ein gutes Widerlager bilden. Der Applikationsspacer sollte dann vor Aushärten des Zements wieder entfernt werden. Dabei ist sorgfältig darauf zu achten, dass der Antibiotikaabfluss über die Stiele nicht durch Zementreste verklebt ist. Anschließend wird durch die zusätzlichen 6 mm starken Bohrungen jeweils in den Tibiaapplikationsspacer und Femurantibiotikaapplikationsspacer ein Silikon-schlauch Ch 8 in die perforierten Stiele geschoben und danach in das vorbereitete Implantatlager eingesetzt.

vanced through a stab incision to the bone and a 6-mm hole is drilled. The silicone tube can be inserted into the stem through the drill sleeve. A locking screw can also be implanted at the tibia as required.

If the seating of the prosthesis is unstable, a thin superficial layer of antibiotic-loaded cement will provide good support as for the application spacer for antibiotics. The latter is removed before the cement hardens. Care should be taken to ensure that the flow of antibiotics through the stems is not blocked by residual cement. Next, one Ch 8 silicone tube each is advanced through the 6-mm drill holes into the perforated stems of the tibial spacer and the femoral spacer and then positioned in the prepared implant bed.

Abbildung 5

Einlage des Silikonkatheters.

Bei der Einlage des Silikonkatheters ist darauf zu achten, dass ein ungestörter Antibiotikazufluss gewährleistet ist. Das Einlegen des sehr flexiblen Katheters gelingt am besten retrograd. Der Katheter wird dabei über die 6-mm-Bohrhülse mit Hilfe des neuen Instrumentariums in das gelenknahe Bohrloch in den Stiel, evtl. mit einem Mandrin stabilisiert, vorgeschoben. Alternativ kann der Katheter zunächst durch die Bohrung geführt und sicher im Prothesenstiel versenkt werden. Mit einer großzügigen Reserveschleufe wird dann die Prothesenkomponente unter gleichzeitigem Zug am Katheter implantiert, so dass der untere Katheteranteil sicher im Prothesenstiel verbleibt. Auf diese Weise können auch ein Abknicken und eine Kompression des Katheters bei der Implantation verhindert werden. Das obere Katheterende wird nach Führung durch die Haut mit einem Dreiwegehahn versehen. Am Ende werden der sichere Flüssigkeitsdurchgang und die exakte Katheterlage durch Probespülung überprüft. Anschließend kann bei Bedarf die Verriegelungsschraube eingebracht werden.

Nach Überprüfung des korrekten Sitzes der Schläuche und des ungehinderten Antibiotikaflusses werden die Prothesenkomponenten gekoppelt. Die Silikonschläuche werden dann in einem Subkutanport an der medialen Kniegelenkseite fixiert.

Wir bevorzugen ein Ausleiten der Silikondrainagen durch die Haut und versehen das Endstück mit einem Dreiwegehahn, über den wir das ausgewählte Antibiotikum in parenteraler Dosierung direkt in die Applikationsprothese injizieren. Im Schlauch verbleibt ein Antibiotikaüberstand, der eine retrograde Infektion verhindert; die Ausleitungsstellen durch die Haut werden mit einem desinfizierenden Salbenverband abgedeckt.

Das Kniegelenk verschließen wir in üblicher Weise; zwei Redon-Drainagen werden zusätzlich für 24 h als Überlaufdrainagen eingelegt; danach werden nur noch zwei- bis dreimal täglich Injektionen des im Resistogramm als wirksam ausgewiesenen Antibiotikums verabreicht. Bei unbekanntem Keimspektrum applizieren wir bis zum Erhalt des Resistogramms ein lokal verträgliches Breitbandantibiotikum, in der Regel Gentamicin. Auf diese Weise werden bei Dosierungen, wie sie normalerweise parenteral verabreicht werden, extrem hohe Antibiotikakonzentrationen an den Ort der Infektion gebracht, ohne dass es zu Gewebnekrosen kommen kann.

Figure 5

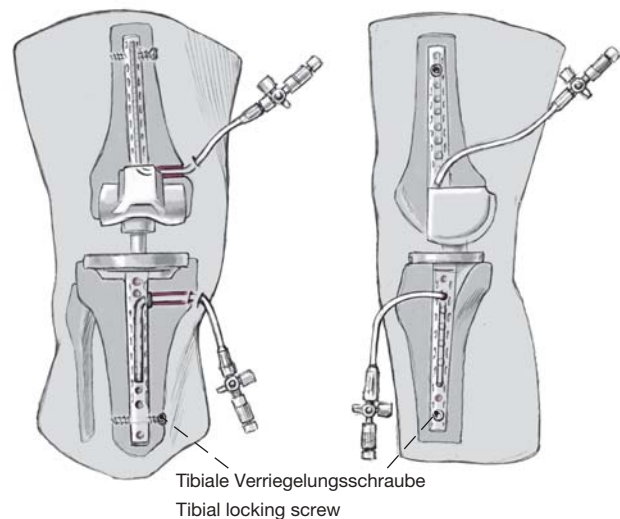
Insertion of the silicone catheter.

When fitting the silicone catheter, it is important to ensure that there is an unimpeded flow of antibiotics. Since the catheter is highly flexible, it is best inserted in retrograde technique. The catheter is advanced over the 6-mm drill sleeve with the help of the new instruments, inserted into the stem through the drill hole adjacent to the joint, and stabilized with a mandrel. Alternatively, the catheter can be advanced first through the drill hole and then securely embedded in the prosthetic stem. With a generous length of catheter in reserve, the prosthetic component is implanted while maintaining constant traction on the catheter so that the lower part of the catheter remains securely in position within the prosthetic stem. This method also prevents deviation and compression of the catheter during implantation. The upper end of the catheter is passed out through the skin and a three-way valve is attached. Reliable fluid flow and correct catheter positioning are verified by flushing saline through the catheter. Finally, a locking screw can be inserted as required.

After checking the proper seating of the tubes and the flow of the antibiotic, the prosthetic components can be connected. The silicone tubes are then fixed to a subcutaneous port at the medial aspect of the knee.

We prefer to pass the silicone drains out through the skin and then attach a three-way valve to the end of each tube. The equivalent of the parenteral dose of the selected antibiotic is then injected through this valve directly into the application spacer. A residual column of antibiotic solution remains in the tube to prevent retrograde infection; the exit sites through the skin are protected by dressings with disinfectant ointment.

The knee wound is closed according to standard procedure and two suction drains are inserted as overflow drains that are left in situ for 24 h, after which injections of the effective antibiotic as identified in the sensitivity study are administered two to three times daily. If the spectrum of pathogens is unknown, we administer a local broad-spectrum antibiotic until the sensitivity study is available, usually gentamicin. In this way, normal parenteral doses will produce extremely high concentrations of antibiotic at the site of the infection without causing tissue necrosis.



Besonderheiten

- Für den Hüftprothesenwechsel verwenden wir routinemäßig den dorsolateralen Zugang. Für das Hüftgelenk steht uns ein perforierter Prothesenstiel der Lubinus-Prothese „Classic“ (Fa. W. Link) zur Verfügung. Das starre Kopfmodul gibt es in verschiedenen Großkopfdimensionen (Abbildung 1d). Es ist an der Außenseite poliert, um zusätzliche Knochenverluste bei zerklüfteten Pfannen zu vermeiden. Die der Gelenkfläche abgewandte Seite weist Perforationen auf und steht über das durchbohrte Halsteil direkt mit dem Prothesenstiel in Verbindung, so dass das Antibiotikum auch in den Pfannenbereich gelangen kann, wo es sich gleichmäßig verteilt. Wir konnten diesen Effekt durch Kontrastmittelgaben auch noch nach 14 Tagen nachweisen (Abbildung 6).
- Die Applikationsprothese gewährleistet eine gleichmäßige Antibiotikaabgabe in den Markraum und in den Bereich der explantierten Pfanne. Nach Infekt-sanierung werden der Schaft und die Pfanne unter Verwendung von antibiotikahaltigem Zement neu implantiert.
- Die Antibiotikaapplikationsprothese kann nach Explantation komplett zerlegt, gesäubert und einem Sterilisierungsverfahren unterzogen werden. Damit steht sie ohne erneute Implantatkosten für weitere Operationen zur Verfügung.

Postoperative Behandlung

- Nach Entfernung der Überlaufdrainagen Applikation des Antibiotikums intramedullär und periartikulär zwei- bis dreimal täglich in parenteraler Dosierung. Zusätzlich Gabe eines zweiten Antibiotikums parenteral. Kontrolle der Entzündungsaktivität mit Hilfe des CRP. Krankengymnastische Behandlung nach Entfernung der Redon-Drainagen. Nach der ersten Übungsbehandlung wird zur Dokumentation und Beurteilung der Implantatstabilität ein Röntgenbild angefertigt (Abbildung 7a).
- Je nach Primärstabilität des Antibiotikaapplikationsspacers zunächst aktiv assistierte Bewegung des Gelenks; die erreichte Beweglichkeit wird dann passiv assistiert mit einer Bewegungsschiene aufrechterhalten. Sohlenkontakt und entlastendes Laufen sind in der Regel möglich. Dies erhält die Implantationsstrecke, einen mobilen Weichteilmantel und eine funktionsfähige Muskulatur.
- Nach durchschnittlich 3–4 Wochen und Normalisierung der CRP-Werte Implantation der endgültigen Prothese. Bis dahin muss die intramedulläre Anti-

Special Considerations

- We routinely perform hip revision procedures through a posterolateral approach. The Lubinus perforated hip stem “Classic” (W. Link Co.) is available for this purpose. The modular heads are obtainable in various diameters (Figure 1d). The joint insertion surface of the head module is polished to avoid additional bone loss due to rough-edged acetabular components. The surface facing away from the joint is perforated and is connected to the prosthetic stem via a perforated neck component. This facilitates the delivery of antibiotic to the acetabular region where it is uniformly distributed. We successfully demonstrated this effect by injection of a contrast agent even after 14 days (Figure 6).
- The application spacer ensures uniform antibiotic delivery into the intramedullary canal and in the region of the explanted acetabular cup. After eradication of the infection, stem and cup are reimplanted using antibiotic-loaded cement.
- The application spacer can be completely disassembled after explantation, cleaned, and sterilized. It is then available for future operations without any additional outgoings to pay for new implants.

Postoperative Management

- Once the overflow drains have been removed, parenteral administration of the two selected antibiotics directly to the intramedullary and periarticular region two to three times daily. The course of the inflammatory activity is observed by monitoring CRP values. Physiotherapy is begun as soon as the suction drains have been removed. After the first

Abbildung 6
Hüftprothesenwechsel.

Figure 6
Revision procedure for the hip.

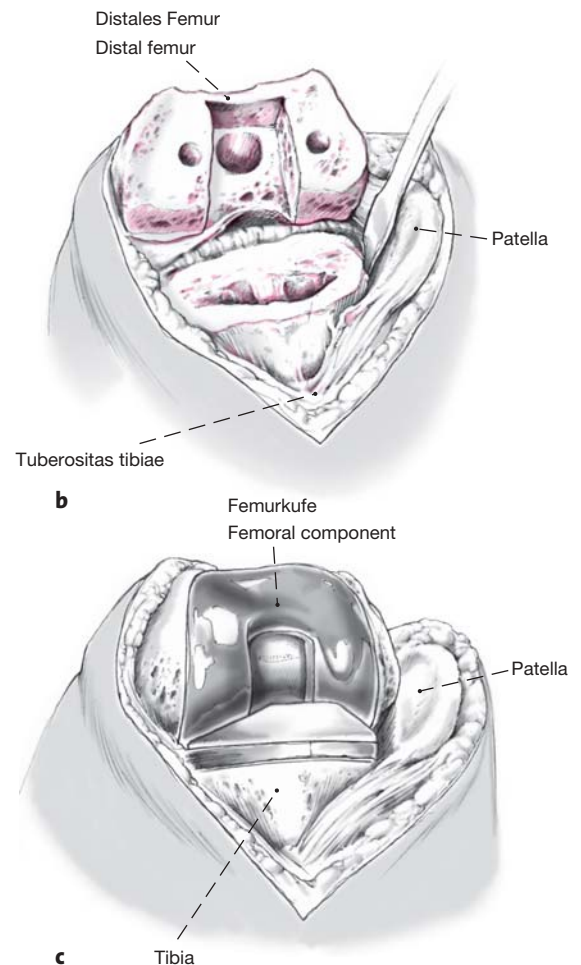


Abbildungen 7a bis 7c

- a) Röntgenbild eines implantierten Antibiotikaspacers.
- b) Situs nach Entfernung des Applikationsspacers.
- c) Situs nach Implantation der Originalprothese (Endomodell).

Figures 7a to 7c

- a) X-ray of an application spacer.
- b) Intraoperative situs after removal of the spacer.
- c) Intraoperative situs after final implantation of the Endo knee prosthesis.



biotikagabe aufrechterhalten werden. Der Applikationsspacer wird explantiert, das Prothesenlager äußerst sorgfältig gesäubert und das Gelenk erneut total synovektomiert. Bindegewebsreste am Implantatlager werden entfernt (Abbildung 7b), und das Implantatlager wird mit einer Jet-Lavage vorbereitet. Die endgültigen Endoprothese wird unter Beimischung eines wirksamen Antibiotikums implantiert (Abbildung 7c).

- Synovia- und Bindegewebe werden einer weiteren Kultur- und Resistenzbestimmung unterzogen. Parenterale Antibiotikagabe nach Auswertung der intraoperativen bakteriologischen und histologischen Entnahmen bis ca. 6 Wochen postoperativ, nach Möglichkeit Wechsel auf eine orale Medikation. Sollte kein wirksames orales Präparat zur Verfügung stehen, verabreichen wir das Antibiotikum bis zur Normalisierung des CRP parenteral.

therapeutic exercises, implant stability is assessed and documented radiologically (Figure 7a).

- Depending on the initial stability of the application spacer for antibiotics, active assisted joint exercises are begun, and the mobility achieved in this manner is then passively maintained on a continuous passive motion device. Normally, feather weight and partial weight bearing will be possible in every case. This maintains proper spacing, a supple soft-tissue envelope, and normal muscular function.
- The final revision prosthesis can be implanted after an average interval of 3–4 weeks, once the CRP values have returned to normal. The intramedullary delivery of antibiotics must be maintained until the application spacer is removed. The application spacer for antibiotics is removed, the implant bed is meticulously debrided, and a total synovectomy is performed. Soft-tissue remnants covering the im-

Antibiotikawahl

- Folgende Substanzen eignen sich am besten für die tägliche Antibiotikaapplikation:
 1. Aminoglykoside und deren Weiterentwicklungen, da sie in geringen Flüssigkeitsmengen in keimwirksamer Dosierung appliziert werden können und vor Ort über hohe Halbwertszeiten und hohe Werte bei der minimalen Hemmkonzentration verfügen, z.B. Gentamicin, Tobramycin, Fosfomycin, Vancomycin, Teicoplanin etc. [37];
 2. Ciprofloxacin und Verwandte;
 3. Rifampicin für die Behandlung tuberkulöser Infektionen und Amphotericin B für *Candida*-Infektionen;
 4. Penicilline der zweiten/dritten Generation neigen bei lokaler Applikation rasch zu Allergiebildung; sie bieten sich daher eher für die zusätzliche parenterale Gabe an.

Fehler, Gefahren, Komplikationen

- Frühzeitige Belastung bei bereits intraoperativ sichtbaren stark porotischen Knochenverhältnissen mit Gefahr der Einsinterung der Antibiotikaapplikationsspacer: Reduktion der Bewegungstherapie wegen Luxationsgefahr, Bereithalten von Distanzblöcken für die endgültige Implantation, um die Rekonstruktion der Gelenklinie zu ermöglichen.
- Lokale Reizerscheinung an den Austrittsstellen der Silikonschläuche: Tägliche Wundpflege.
- Haut- und Gewebnekrosen: Umsetzen der Antibiotikaapplikation; in der Regel werden alle parenteralen Konzentrationen auch lokal vertragen. Penicilline und deren Abkömmlinge neigen zu raschen allergischen Reaktionen und sollten deshalb nur in Fällen von nachgewiesener Unwirksamkeit anderer Präparate Verwendung finden. Eventuell sekundär Entfernung der Gewebnekrosen und plastische Deckung.
- Intraoperativ erkennbare unzureichende Primärstabilität des Antibiotikaapplikationsspacers: Zusätzliche Stabilisierung durch Verriegelungsschrauben, angepasste Nachbehandlung durch Einschränkung der Physiotherapie, Belastbarkeit etc., da ansonsten mit erhöhtem Knochenverlust zu rechnen ist.
- Antibiotikaapplikation als Spül-Saug-Drainage: Wird die Antibiotikaapplikation als Spül-Saug-Drainage angelegt, kann das Antibiotikum nur eingeschränkt resorbiert werden. Damit werden aus-

plant bed are resected (Figure 7b), and the bed is prepared for final implantation with a jet lavage. The definitive prosthesis is implanted and impregnated with an effective antibiotic (Figure 7c).

- Again, the synovial fluid and other explanted tissues are examined for culture and sensitivity studies. Parenteral administration of antibiotics based on bacteriologic and histological evaluation of the intraoperative specimens is continued for about 6 weeks postoperatively. Wherever possible, this is then changed over to oral medication. If there is no effective oral medication available, we continue parenteral administration of antibiotics until the CRP values return to normal.

Choice of Antibiotic

- The following antibiotics are best suited to daily application:
 1. aminoglycosides and their more recent generations because they can be applied at effective doses in minimal quantities of fluid and have high half-lives at the site and high values at minimum inhibitory concentration; these include gentamicin, tobramycin, fosfomycin, vancomycin, teicoplanin, etc. [37];
 2. ciprofloxacin and chemical relatives;
 3. rifampicin for the treatment of tuberculous infections and amphotericin B for *Candida* infections;
 4. second- or third-generation penicillins tend to produce allergy rapidly after local application and are therefore better suited for supplementary parenteral administration.

Errors, Hazards, Complications

- Premature loading in cases of severely osteoporotic bone, visible intraoperatively, with the risk of subsidence of the application spacer for antibiotics: reduction of physiotherapy to avoid dislocation, preparation of distance blocks for the definitive implantation to facilitate reconstruction of the joint line.
- Local signs of irritation at the insertion sites for the silicone tubes: daily wound care.
- Skin and tissue necrosis: change of antibiotic application. In general, all parenteral concentrations will be tolerated locally. Penicillin and its derivatives tend to trigger rapid allergic reactions and therefore should only be administered in cases of inadequate response to other antibiotics. Possibly, secondary excision of necrotic tissue and grafting.
- Insufficient primary stability of the application spacer for antibiotics identified during surgery: ad-

Tabelle 1

Literaturübersicht der Ergebnisse nach zweizeitigem septischen Knieprothesenwechsel. HSS: Hospital of Special Surgery Score; ROM: Bewegungsumfang.

Autoren	Patienten (n)	Nachuntersuchungszeitraum (Jahre)	Intervall (Wochen)	HSS (Punkte)	ROM (°)	Erfolg (%)
Wilde & Ruth (1988) [52]	15	2,9	4,2	75,5	87	80
Whiteside (1994) [51]	33	2,9	6		102	93
Hanssen et al. (1995) [22]	89	4,3		77	92	88,7
Backe et al. (1996) [1]	12	2,6	6	84		100
Booth & Lotke (1989) [4]	25	2	6	81,5	100	96
Borden & Gearen (1987) [5]	21	3,8	6			90
Wilson et al. (1990) [53]	24	2,8	12	82	97	80
Windsor et al. (1990) [54]	38	4	6	82	95	97,4
Drobny et al. (1995) [8]	26	1,6	6		102	86
Rosenberg et al. (1987) [41]	26	2,4	6	78	94	100
Hofmann et al. (1995) [24]	26	2,5	6	87	111	100
Goldman et al. (1996) [16]	64	7,5	6	78	94	77,4
Schill & Thabe (1999) [42]	11	3,1	4	79,4	106	90,9
Scott et al. (1993) [44]	7	2	6		95	100
Eigene Ergebnisse (Antibiotikaapplikations-spacer Kniegelenk)	20	6,1	4	79,5	107	100

Table 1

Overview of published results after two-stage revision to treat septic total knee arthroplasty. HSS: Hospital of Special Surgery Score; ROM: range of motion.

Authors	Patients (n)	Follow-up period (years)	Interval (weeks)	HSS (points)	ROM (°)	Success (%)
Wilde & Ruth (1988) [52]	15	2.9	4.2	75.5	87	80
Whiteside (1994) [51]	33	2.9	6		102	93
Hanssen et al. (1995) [22]	89	4.3		77	92	88.7
Backe et al. (1996) [1]	12	2.6	6	84		100
Booth & Lotke (1989) [4]	25	2	6	81.5	100	96
Borden & Gearen (1987) [5]	21	3.8	6			90
Wilson et al. (1990) [53]	24	2.8	12	82	97	80
Windsor et al. (1990) [54]	38	4	6	82	95	97.4
Drobny et al. (1995) [8]	26	1.6	6		102	86
Rosenberg et al. (1987) [41]	26	2.4	6	78	94	100
Hofmann et al. (1995) [24]	26	2.5	6	87	111	100
Goldman et al. (1996) [16]	64	7.5	6	78	94	77.4
Schill & Thabe (1999) [42]	11	3.1	4	79.4	106	90.9
Scott et al. (1993) [44]	7	2	6		95	100
Own results (antibiotic application spacer knee joint)	20	6.1	4	79.5	107	100

reichend hohe Gewebekonzentrationen verfehlt: Unzureichende Wirksamkeit, Verlängerung der Intervallphase bis zur Normalisierung der CRP-Werte, erhöhte Resistenzentwicklung.

- Das Antibiotikum muss bis zur Revisionsoperation weiter verabreicht werden, wirksame Antibiotika sollten dann möglichst bei der endgültigen Prothesenimplantation dem Zement beigemischt werden.

ditional stabilization by insertion of a locking screw, modification of postoperative management by reducing physiotherapy and weight bearing, etc., otherwise increased bone loss can be expected.

- Administration of antibiotics as lavage. If application is by lavage, the antibiotic can only be resorbed to a limited extent whereby sufficiently high concentrations in the tissues cannot be achieved: insuf-

- Frühzeitige Verstopfung der Antibiotikaapplikationskatheter: Entfernen der Katheter, u.U. vorzeitiger zweizeitiger Wechsel vor Normalisierung des CRP.

Ergebnisse

In unserem eigenen Krankengut wurden seit 1992 mit der beschriebenen Technik 36 Prothesen zweizeitig gewechselt. Im Keimspektrum dominierten die grampositiven Erreger, *Staphylococcus aureus* (16 Infekte) und *Staphylococcus epidermidis* (acht Infekte). Gramnegative Keime konnten in fünf und Mischinfektionen in drei Gelenken nachgewiesen werden. Zwei Reinfektionen lag eine Besiedlung mit *Candida albicans*, in zwei Fällen mit Tuberkelbakterien zugrunde. 20-mal wurde ein Platzhalterimplantat für das Kniegelenk verwendet, bei 16 Patienten war das Hüftgelenk betroffen. Das Intervall zwischen den Wechseln orientierte sich an der Normalisierung der CRP-Werte, die in der Mehrzahl der Fälle schon nach 3–4 Wochen eintrat. Patienten mit *Candida*-Infektionen und tuberkulösen Infektionen wiesen ein Intervall von 6–8 Wochen auf. Die mittlere Zeit zwischen den Operationen betrug 27 Tage, die mittlere stationäre Verweildauer 43 Tage. Das längste infektionsfreie Intervall beläuft sich auf nunmehr 10 Jahre. Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Erstrevision betrug 72,3 Jahre (48–83 Jahre). Bei den Infektionen handelte es sich um 17 Rezidivinfekte nach Débridement, 13 hämatogene Infektionen, davon sieben unter Tumor-Nekrose-Faktor- α -Antagonisten, und sechs iatrogene Spätinfekte nach auswärtiger Injektionsbehandlung.

Die Nachuntersuchung basierte auf einer klinischen und radiologischen Kontrolle. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug 6,1 Jahre. Alle 36 Operationen waren erfolgreich. Bis heute benötigte keiner der Patienten eine Revisionsoperation. Eine Patientin mit einer *Candida-albicans*-Reinfektion [14, 55] nach einzeitigem Wechsel musste sich einer anschließenden zweizeitigen Revisionsoperation unterziehen, eine Infektion wurde direkt durch zweizeitige Antibiotikaapplikationsspacerversorgung saniert. Insgesamt zeigte unser Kollektiv ein gutes funktionelles Resultat mit einem durchschnittlichen Hospital of Special Surgery Score (HSS-Score) [39] von 79,5 Punkten und einem Bewegungsausmaß für Extension/Flexion von 0/0/106° für die Kniegelenke sowie einem Harris-Score von 81,3 und einem Bewegungsausmaß von 10/0/110° für die Hüftgelenke [31].

Die Ergebnisse nach zweizeitigem Prothesenwechsel mit Knochenzementspacer oder Interimsprothesen

efficient efficacy, prolongation of the interval phase until the CRP values return to normal, increased resistance.

- Antibiotics should be administered until the moment of revision surgery; appropriate antibiotics should then be mixed additionally into the cement at the final implantation.
- Early blockage of the antibiotic delivery catheter: the catheter should be withdrawn; if appropriate, the second operation should be brought forward and performed before the CRP values have returned to normal.

Results

Our study group was comprised of two-stage revision procedures performed since 1992 according to the technique described above to replace 36 prostheses. Gram-positive pathogens, *Staphylococcus aureus* (16 infections), and *Staphylococcus epidermidis* (eight infections) dominated. Gram-negative pathogens were isolated in five joints and mixed infections in three joints. Two reinfections were due to colonization with *Candida albicans*, two cases were due to *Mycobacterium tuberculosis*. A spacer implant was used for the knee 20 times and for the hip 16 times. The interval between the stages was dependent upon the return of the CRP values to normal, which occurred after 3–4 weeks in the majority of cases. Patients with *Candida* and tuberculous infections required an interval of 6–8 weeks. The average time between stages was 27 days, the mean stay in hospital 43 days. The longest infection-free interval is now 10 years. Average patient age at the time of the first revision was 72.3 years (48–83 years). There were 17 recurrent infections after débridement, 13 hematogenous late infections, of which seven were in patients receiving tumor necrosis factor α antagonists, and six iatrogenic late infections following injections at another hospital.

Follow-up was based on clinical and radiologic assessment. The average time to follow-up was 6.1 years. All 36 operations were successful. To date, none of the patients have required revision surgery. One patient with a recurrent *Candida albicans* infection following a one-stage revision procedure [14, 55] required a subsequent two-stage revision. One infection was treated directly by two-stage revision with an application spacer. Overall, our patient sample exhibited good functional outcomes with an average Hospital of Special Surgery (HSS) Score [39] of 79.5 points and a range of motion for extension/flexion of 0/0/106° for the knee and a Harris Score of 81.3 and a range of motion of 10/0/110° for the hip [31].

[16, 18, 24, 43] zeigen im Vergleich zur Intervallimmobilisierung [3, 8, 35, 41, 52, 53] eine günstigere Entwicklung der Gelenkfunktion bei gleichwertiger Infektionsanierungsrate.

Eine Literaturstudie [1, 4, 5, 8, 12, 16, 18, 22, 24, 25, 41, 42, 51–54] von insgesamt 417 zweizeitigen Wechselloperationen (Tabelle 1) mit einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 3,6 Jahren bestätigt unabhängig vom Intervallregime eine primäre Erfolgsquote von 91%. Die funktionellen Resultate mit einem durchschnittlichen Bewegungsumfang für das Kniegelenk von 107° und einem postoperativen HSS-Score [39] von 80,4 Punkten sind ebenfalls gut. Die Intervalle bis zur endgültigen Prothesenimplantation sind jedoch deutlich länger.

Literatur – References

1. Backe HA, Wolff DA, Windsor RE. Total knee replacement after two-stage reimplantation. *Clin Orthop* 1996;331:125–31.
2. Bengsten S, Knutson K. The infected knee arthroplasty. A 6-years follow-up of 357 cases. *Acta Orthop Scand* 1991;62:301–11.
3. Bengsten S, Knutson K, Lidgren L. Treatment of infected knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1988;245:173–8.
4. Booth RE, Lotke PA. The result of spacer block technique in revision of infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1989;248:57–60.
5. Borden LS, Gearen PF. Infected total knee arthroplasty. A protocol for management. *J Arthroplasty* 1987;2:27–36.
6. Burger RR, Basch T, Hopson CN. Implant salvage in infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1991;273:105–12.
7. Calton TF, Fehring TK, Griffin WL. Bone loss associated with the use of spacer blocks in infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1997;345:148–54.
8. Drobny TK, Munzinger UK, Chomiak J. Der zweizeitige Wechsel bei der Behandlung der infizierten Knieprothese. *Orthopäde* 1995;24:360–6.
9. Emerson RH Jr, Muncie M, Tarbox TR, et al. Comparison of a static with a mobile spacer in total knee infection. *Clin Orthop* 2002;404:132–8.
10. Fehring TK, Odum S, Calton TF, et al. Articulating versus static spacers in revision total knee arthroplasty for sepsis. *Clin Orthop* 2000;380:9–16.
11. Flood JN, Kolarik DB. Arthroscopic irrigation and debridement of infected total knee arthroplasty: report of two cases. *Arthroscopy* 1988;4:182–6.
12. Foerster G von, Kluber D, Kabler U. Mid- to long term results after treatment of 118 cases of periprosthetic infection after knee joint replacement using one-stage reimplantation. *Orthopäde* 1991;20:244–52.
13. Freeman MAR. The management of infected total knee replacements. *J Bone Joint Surg Br* 1985;67:764–8.
14. Frenzel KL, Isenberg J, Helling HJ, et al. *Candida* infection in hip arthroplasty. *Unfallchirurg* 2003;106:70–2.
15. Goksan SB, Freeman MAR. One-stage reimplantation for infected total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74:78–82.
16. Goldman RT, Scuderi GR, Insall J. 2-stage reimplantation for infected total knee replacement. *Clin Orthop* 1996;331:118–24.
17. Goldstein WM, Kopplin M, Wall R, et al. Temporary articulating methylmetacrylate antibiotic spacer (TAMMAS). A new method of intraoperative manufacturing of a custom articulating spacer. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83:Suppl 2:92–7.
18. Gschwend N, Siegrist H. Das GSB-Kniegelenk – Revisionseingriffe und Infektionen. *Orthopäde* 1991;20:197–205.
19. Gusso MI, Capone A, Civinini R. The spacer block technique in revision of total knee arthroplasty with septic loosening. *Chir Organi Mov* 1995;80:21–7.
20. Haddad FS, Masri BA, Campbell D, et al. The Prostalac Functional spacer in two-stage revision for infected knee replacements. Prosthetic of antibiotic loaded acrylic cement. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:807–12.
21. Hanssen AD, Rand JA, Osmon DR. Treatment of the infected total knee arthroplasty with insertion of another prosthesis. *Clin Orthop* 1994;309:44–55.
22. Hanssen AD, Trousdale RT, Osmon DR. Patient outcome with reinfection following reimplantation for the infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1995;321:55–67.
23. Hartman MB, Fehring TK, Jordon L. Periprosthetic knee sepsis. The role of irrigation and debridement. *Clin Orthop* 1991;273:113–8.
24. Hofmann AA, Kane KR, Tkach TK. Treatment of infected total knee arthroplasty using an articulating spacer. *Clin Orthop* 1995;321:45–54.
25. Insall JN, Thompson FM, Brause BD. Two-stage reimplantation for the salvage of infected total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65:1087–98.
26. Jahoda D, Sosna A, Landor I, et al. Zweizeitige Operation zur Behandlung tiefer Infektionen bei Hüftendoprothesen unter Verwendung eines kanülierten Platzhalters. *Oper Orthop Traumatol* 2003;15:57–69.
27. Johnson DP, Bannister GC. The outcome of infected arthroplasty of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1986;68:289–91.
28. Knutson KS, Lewold A. The Swedish knee arthroplasty register. A nation-wide study of 8000 knees 1976–1992. *Acta Orthop Scand* 1994;65:375–86.
29. Knutson K, Lindstrand A, Lidgren L. Survival of knee arthroplasties. A nation-wide multicenter investigation of 8000 cases. *J Bone Joint Surg Br* 1986;68:795–803.
30. Lentino JR. Prosthetic joint infections: bane of orthopedists, challenge for infectious disease specialists. *Clin Infect Dis* 2003;36:1157–61.
31. Leunig M, Chosa E, Speck M, et al. A cement spacer for two-stage revision of infected implants of the hip joint. *Int Orthop* 1998;22:209–14.

The outcomes after two-stage revision procedures with the bone cement spacer or an interim prosthesis [16, 18, 24, 43] in comparison to immobilization for the duration of the interval [3, 8, 35, 41, 52, 53] indicate favorable recovery of joint function for the same infection eradication rate.

A literature study [1, 4, 5, 8, 12, 16, 18, 22, 24, 25, 41, 42, 51–54] of a total of 417 two-stage procedures (Table 1) with a mean follow-up period of 3.6 years confirms a primary success rate of 91% regardless of the interval regimen. The functional outcomes are also good with an average range of motion for the knee of 107° and a postoperative HSS Score [39] of 80.4 points. The intervals between the first stage and definitive implantation of the prosthesis are, however, distinctly longer.

32. Magnan B, Regis D, Biscaglia R, et al. Preformed acrylic bone cement spacer loaded with antibiotics: use for two-stage procedure in 10 patients because of infected hips after total replacement. *Acta Orthop Scand* 2001;72:591-4.
33. McLaren AC, Spooner CE. Salvage of infected total knee components. *Clin Orthop* 1996;331:146-50.
34. McMaster WC. Technique for intraoperativ construction of MMA spacer in total knee revision. *Am J Orthop* 1995;24:178-80.
35. Morrey BF, Westholm F, Schoifet S. Long-term results of various treatment options for infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1989; 248:120-7.
36. Pearle AD, Sculco TP. Technique for fabrication of an antibiotic-loaded cement hemiarthroplasty (ANTILOCH) prosthesis for infected total hip arthroplasty. *Am J Orthop* 2002;31:425-7.
37. Pensotti C, Nacinovich F, Vidiella G, et al. Teicoplanin in the treatment of bone and joint infections due to MRSA. *Medicina (B Aires)* 2002;62: Suppl 2:40-7.
38. Pery CR, Hulseley RE, Mann FA. Treatment of acutely infected arthroplasties with incision, drainage, and lokal antibiotics delivered via an implantable pump. *Clin Orthop* 1991;281:216-23.
39. Ranawat CS, Shine JJ. Duocondylar total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1973;58:185-95.
40. Rand JA. Alternatives to reimplantation for salvage of the total knee arthroplasty complicated by infection. *J Bone Joint Surg Am* 1993; 75:282-9.
41. Rosenberg AG, Haas B, Barden R. Salvage of infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1987;226:29-33.
42. Schill S, Thabe H. Die periprothetische Knieinfektion – Therapiekonzept, Wertigkeit und mittelfristige Ergebnisse. *Akt Rheumatol* 1999; 24:153-60.
43. Schoifet SD, Morrey BF. Treatment of infection after knee arthroplasty by debridement with retention of the components. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:1383-90.
44. Scott IR, Stockley I, Getty CJM. Exchange arthroplasty for infected knee replacements. A new two-stage method. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:28-31.
45. Simmons TD, Stern SH. Diagnosis and management of the infected total knee arthroplasty. *Am J Knee Surg* 1996;9:99-106.
46. Teeny SM, Dorr L, Murata G. Treatment of infected total knee arthroplasty. Irrigation and debridement versus two-stage reimplantation. *J Arthroplasty* 1990;5:35-9.
47. Thabe H. Management of infected knee prosthesis. Presented at the Combined Meeting of German and Japanese R.A.S.S., Berlin, May 10, 1993.
48. Thabe H. *Praktische Rheumaorthopädie*. Weinheim: Chapman & Hall, 1997.
49. Vidil A, Beaufils P. Arthroscopic treatment of hematogenous infected total knee arthroplasty. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 2002; 88:493-500.
50. Virolainen P, Lahteenmaki H, Hiltunen A, et al. The reliability of diagnosis of infection during revision arthroplasties. *Scand J Surg* 2002; 91:178-81.
51. Whiteside LA. Treatment of infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1994;299:160-72.
52. Wilde AH, Ruth JT. Two-stage reimplantation in infected total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 1988;238:23-35.
53. Wilson MG, Kelly K, Thornhill TS. Infection as a complication of total knee-replacement arthroplasty. Risk factors and treatment in 67 cases. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72:878-83.
54. Windsor RE, Insall JN, Urs WK. Two-stage reimplantation for the salvage of total knee arthroplasty complicated by infection. Further follow-up and refinement of indications. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72:272-8.
55. Wyman J, McGough R, Limbird R. Fungal infection of a total knee prosthesis: successful treatment using articulating cement spacers and staged reimplantation. *Orthopedics* 2002;25:1391-4.
56. Zimmerli W, Ochsner PE. Management of infection associated with prosthetic joints. *Infection* 2003;31:99-108.

Korrespondenzanschrift – Address for Correspondence

Dr. Heiner Thabe
 Abteilung für Orthopädie, Rheumaorthopädie
 Abteilung für Physikalische Therapie
 Diakoniekrankenhaus
 Ringstraße 64
 D-55543 Bad Kreuznach
 Telefon (+49/671) 605-2125, Fax -2129
 E-Mail: info@orthopaedie-kh.de