



Septischer Endoprothesenwechsel

Präoperative Diagnostik und Reimplantation

Die periprothetische Infektion (PPI) stellt eine der schwerwiegendsten Komplikationen im Bereich der Endoprothetik mit nicht zu unterschätzenden physischen und psychosozialen Problemen für den Patienten sowie eine steigende sozioökonomische Belastung unseres Gesundheitssystems dar. Die Therapie der PPI hat sich in den letzten Jahren durch den zunehmenden Einsatz biofilmaktiver Antibiotika stark verändert. Im Hinblick auf neue Therapieansätze und unter Berücksichtigung der steigenden Zahl septischer und aseptischer Revisionseingriffe stehen v. a. die präoperative Diagnostik und die Frage nach dem optimalen Reimplantationszeitpunkt im Fokus.

Die Wahrscheinlichkeit nach einer endoprothetischen Operation eine PPI zu erleiden, beträgt in den ersten beiden Jahren postoperativ 1,59 % und im Zeitraum zwischen 3 und 10 Jahren 0,59 % [19]. Bei Revisionseingriffen steigt das Risiko jedoch deutlich an. Aktuelle Zahlen zeigen PPI-Raten im Bereich von 5 % bei Hüft- und Kniegelenkendoprothetik [30]. Diese Zahlen schließen teilweise die klinisch inapparent verlaufenden Low-grade-Infekte nicht mit ein. Neue Untersuchungstechniken mit sehr guter bis exzellenter diagnostischer Genauigkeit wie die Sonikation, die synoviale Biomarkerbestimmung [antimikrobielle Peptide wie α -Defensin (AD-1), C-reaktives Protein (CRP), Interleukin-6 (IL-6)] und die Multiplex-Polymerasekettenreaktion (PCR) legen eine ho-

he Dunkelziffer bisher nicht erkannter Low-grade-Infekte nahe.

Insbesondere die hohen Kosten der Behandlung von PPI werden in den nächsten Jahren in den Mittelpunkt rücken. Ein direkter Vergleich verdeutlicht diese Problematik: Die Kosten für eine aseptische Revision einer Hüftgelenkendoprothese belaufen sich auf etwa 14.760 €/Patient. Die Kosten einer septischen Revision hingegen betragen etwa 27.059 €/Patient [32]. Aktueller Goldstandard der Behandlung einer chronischen PPI ist in Abhängigkeit vom Reifegrad des Biofilms in vielen Fällen der zweizeitige Wechsel, bei dem in aller Regel eine Reimplantation der Endoprothese nach mehrwöchiger Antibiotikatherapie erfolgt. Analysen zeigen, dass zweizeitige Operationen das 1,7-Fache im Vergleich zum einzeitigen septischen Wechsel kosten.

Die präoperative Diagnostik hat in diesem Zusammenhang in mehrerlei Hinsicht einen hohen Stellenwert. Gerade die oben erwähnten immensen Kosten zwingen zur sicheren evidenzbasierten präoperativen Diagnostik und Optimierung der Behandlung bezüglich des Reimplantationszeitpunkts.

Präoperative Diagnostik

Das sichere Erkennen von Low-grade-Infekten (subakute Infekte, die klinisch durch Prothesenlockerung und unspezifische Symptome in Abwesenheit von systemischer Entzündungsreaktion imponieren) stellt für den behandelnden Orthopäden und Unfallchirurgen eine große Herausforderung dar. Eine siche-

re evidenzbasierte präoperative Diagnostik ist im Sinne des Patienten notwendig, um unnötige zweizeitige Wechsel zu vermeiden und um eine PPI der richtigen Therapie zuzuführen. Es gilt, durch ein standardisiertes Vorgehen die Diagnostik zu vereinfachen und somit höchste Behandlungsqualität und Sicherheit für den Patienten zu gewährleisten.

Anamnese

Der Anamnese kommt bei der späteren Therapieentscheidung eine wichtige Rolle zu. Erstes Auftreten und Dauer der Symptome sind detailliert zu erfragen und zu dokumentieren. Implantationszeitpunkt und Art des einliegenden Implantats sollten anhand von Prothesenausweisen festgestellt werden. Vorangegangene kalkulierte antibiotische Therapien, die in der Praxis häufig vorkommen, sind explizit und mit geschlossenen Fragen zu eruierten sowie Dauer und Art der Antibiotikumbehandlung zu dokumentieren. Risikofaktoren wie Immunsuppression durch Medikamente (z. B. Kortison, immunsupprimierende Rheumamedikation) oder systemische Erkrankungen, Wundheilungsstörungen oder verlängerte Antibiotikaeinnahmen nach der Voroperation, vorausgegangene Infektionen, Eintrittspforten und Bakteriämien, beispielsweise durch Koloskopien oder Zahnbehandlungen, sollten abgefragt werden. Im Rahmen der Routineanamnese sind Allergien gegen Metalle, Antibiotika oder Knochenzementbestandteile zu erheben.



Abb. 1 ◀ Lockerung einer Hüfttotalendoprothese mit periprotetischer Saumbildung

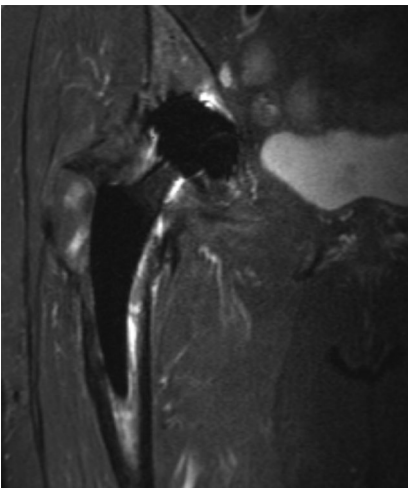


Abb. 2 ▲ Metal-artefact-reduction-sequences-Magnetresonanztomographie (MARS-MRT), Hinweis auf Lockerung der einliegenden Hüftgelenktotalendoprothese rechts



Abb. 3 ▲ Gelenkpunktion und Synoviaaspiration als präoperative Diagnostik

Klinische Untersuchung und Bildgebung

Bei der klinischen Untersuchung sollte auf lokale Entzündungszeichen (Rötung,

Schwellung oder Überwärmung) sowie auf Fisteln geachtet werden.

Röntgenaufnahmen werden mit Voraufnahmen verglichen, da gerade die periprotetische Saumbildung und periostale Reaktionen Hinweise auf PPI geben (▣ **Abb. 1**; [8]). Weitere bildgebende Untersuchungen wie z. B. die Metal-artefact-reduction-sequences-Magnetresonanztomographie (MARS-MRT, ▣ **Abb. 2**) bleiben speziellen Fragestellungen wie der periprotetischen Fistelbildung, der konventionell röntgenologisch nicht nachweisbaren Implantat-Lockerung sowie differenzialdiagnostisch exogenen Beschwerdeursachen wie der Glutealsehneninsuffizienz vorbehalten. Nuklearmedizinische Untersuchungen rücken aufgrund niedriger Spezifität bei vergleichbar immensem Aufwand mehr und mehr in den Hintergrund.

Blutanalyse

Die Laboruntersuchung mit Bestimmung der Entzündungsparameter stellt einen Teil der Routinediagnostik dar. Dies hilft, beim hochakuten Infekt die Entscheidung über den Operationszeitpunkt zu treffen und bei Verdacht auf einen Low-grade-Infekt die weiterführende Diagnostik einzuleiten. Im Einzelnen werden, neben der Blutkörperchensenkungsgeschwindigkeit (BSG), CRP und Leukozyten bestimmt. Keine Laboruntersuchung ist jedoch sensitiv oder spezifisch genug, um eine Low-grade-PPI nachzuweisen [18]. Das Fehlen von Entzündungszeichen (CRP und BSG) machen

eine PPI jedoch eher unwahrscheinlich [1]. Die zur Beurteilung zu verwendenden Grenzwerte variieren in der Literatur [12, 24, 31].

» IL-6 zeigt eine hohe Sensitivität bei niedriger Spezifität

Laborchemische Entzündungsparameter im Serum wie IL-6, Prokalcitonin und Tumornekrosefaktor alpha (TNF α) sind aktuell Gegenstand klinischer Untersuchungen. IL-6 zeigt in ersten Studien eine hohe Sensitivität bei niedriger Spezifität. In Kombination mit CRP scheinen sich Sensitivität und Spezifität zu erhöhen. Gerade IL-6 ist als Marker für die Kontrolle im Rahmen des Heilungsverlaufs in der Diskussion. Ob die Bestimmung von Prokalcitonin oder TNF α die komplexe Diagnostik erleichtern können, bleibt abzuwarten [7].

Gelenkpunktion

Die Punktion des endoprothetisch ersetzten Gelenks und die Synoviaaspiration sind entscheidende Standardprozeduren im Rahmen der präoperativen Diagnostik (▣ **Abb. 3**). Neben der streng sterilen Entnahme von Synovia zur mikrobiologischen Untersuchung sollte eine zytologische Untersuchung der Gelenkflüssigkeit – sowohl im Hinblick auf die gesamte Zellzahl als auch auf die Differenzierung des Anteils neutrophiler Granulozyten – durchgeführt werden. Bei Entnahme ist darauf zu achten, dass eine Mindestmenge von 1 ml, besser sind 5–10 ml, gewonnen wird. Hieraus wird ein Teil des Aspirats zur mikrobiologischen Kultur verwendet, eine verlängerte Bebrütungszeit (10–14 Tage) sollte angestrebt werden [9, 10, 33]. Des Weiteren werden aus dem gewonnenen Aspirat die Gesamtzellzahl und eine Zelldifferenzierung des Anteils der neutrophilen Granulozyten bestimmt. Bezüglich der Zytologie sind verschiedene Cut-off-Grenzwerte für eine PPI beschrieben; für die klinische Routine verwenden wir aktuell folgende Grenzwerte:

- Hüfte: Zellzahl > 4200 Leukozyten/ μ l bzw. Zelldifferenzierung > 80% neutrophile Granulozyten [26]

H.M.L. Mühlhofer · J. Schauwecker · I.J. Banke · R. von Eisenhart-Rothe

Septischer Endoprothesenwechsel. Präoperative Diagnostik und Reimplantation

Zusammenfassung

Hintergrund. Die Behandlung von periprotetischen Infektionen (PPI) ist eine der größten Herausforderungen im Bereich der Endoprothetik. Der PPI stellt neben den physischen und psychosozialen Problemen für den Patienten eine außerordentliche sozioökonomische Herausforderung an unser Gesundheitssystem dar. Gerade die präoperative Diagnostik ist im Hinblick auf neue Behandlungskonzepte und differenzierte Therapien wichtig, um das bestmögliche Ergebnis für den Patienten zu erzielen.

Ziel der Arbeit. Die vorliegende Arbeit gibt eine Übersicht über die präoperative Diagnostik des PPI sowie über die verschiedenen Möglichkeiten beim ein- oder zweizeitigen Endoprothesenwechsel.

Methode. Es wurde eine selektive Literaturrecherche zu Diagnostik und Behandlungskonzepten von PPI durchgeführt.

Ergebnisse. Entscheidend für die Wahl der richtigen Behandlungsoption ist der präoperative Keimnachweis. Eine präoperative Stufendiagnostik mit Gelenkpunktion zur mikrobiologischen und zytologischen Untersuchung stellt den Goldstandard dar. Um den Keimnachweis zu erzwingen, kann eine Biopsie notwendig sein. Je nach Behandlungskonzept sind unterschiedliche Reimplantationszeitpunkte zu unterscheiden. Moderne Behandlungskonzepte ermöglichen eine frühzeitige Reimplantation im kurzen Intervall. Zahlreiche patientenindividuelle Fakto-

ren und Resistenzmuster der auslösenden Keime sind dabei zu berücksichtigen.

Zusammenfassung. PPI stellen neben den physischen und psychosozialen Problemen für den Patienten eine Herausforderung an unser Gesundheitssystem dar. Eine standardisierte präoperative Diagnostik sowie neue Behandlungskonzepte können helfen, das Outcome für den Patienten zu verbessern.

Schlüsselwörter

Endoprothetik · Prothesenbezogene Infektionen · Biofilme · Chirurgische Revision · Biopsie

Septic endoprosthesis exchange. Preoperative diagnosis and reimplantation

Abstract

Background. The treatment of prosthetic joint infection (PJI) is truly challenging. Patients with infected arthroplasty face physical and psychosocial problems. Furthermore, treatment costs represent a tremendous socioeconomic burden.

Aim. This article presents an overview of the preoperative diagnosis of PJI and one- or two-stage endoprosthesis exchange options.

Method. A selective literature search was performed focusing on diagnostics and innovative surgical treatment concepts in PJI.

Results. The identification of the underlying pathogen is still the main focus in the diagnosis of PJI. State-of-the-art therapy for PJI with mature biofilm consists of implant removal with one- or two-stage exchange arthroplasty. One-stage exchange offers lower morbidity and improved functional outcome, whereas a two-stage procedure is, according to current knowledge, more favourable in terms of infection control. The novel short-term two-stage exchange regimen combines the advantages of both possibilities.

Discussion. Prosthetic joint infection represents a significant challenge for the orthopaedic surgeon. Novel treatment options can help to improve outcome and lower the costs to the health care system.

Keywords

Arthroplasty · Prosthesis-related infections · Biofilms · Surgical revision · Biopsy

- Knie: Zellzahl > 1700 Leukozyten/ μ l bzw. Zelldifferenzierung > 65 % neutrophile Granulozyten [27]

Die Erfahrung zeigt, dass die maschinelle Auszählung nicht selten aufgrund einer erhöhten Viskosität fehlschlägt. Daher sollte auf der Untersuchungsanordnung ebenfalls eine Handauszählung angefordert bzw. im Rahmen des Standardvorgehens eine entsprechende Handauszählung mit dem untersuchenden Labor vereinbart werden.

Abhängig von der Art des zugrunde liegenden Keims, der Antibiotikavorbehandlung und der Art des Infekts (hochakuter oder Low-grade-Infekt) ändert sich die Wahrscheinlichkeit eines Keimnachweises. Hieraus resultiert auch die Uneinigkeit be-

züglich der in der Literatur angegebenen Sensitivitäten und Spezifitäten [23]. Besonders bei langsam wachsenden und schwer zu kultivierenden Erregern wie dem *Propionibacterium acnes* ist eine verlängerte Inkubationsdauer von 10 bis 14 Tagen anzustreben [25]. Ein antibiotikafreies Intervall wäre wünschenswert, da eine antibiotische Vorbehandlung den Anteil falsch-negativer Ergebnisse erhöht [3]

» Ein antibiotikafreies Intervall ist wünschenswert

AD-1 ist ein synovialer Biomarker, der von neutrophilen Granulozyten sezerniert wird und in erhöhter Konzentration bei PPI intraartikulär nachgewiesen wer-

den kann. Aktuelle Studien zeigen eine hohe Sensitivität und Spezifität [5]. AD-1 wird durch einen Schnelltest (Synovasure®, CD Diagnostics, Claymont/DE, USA) aus dem Gelenkpunktat erfasst. Der Vorteil liegt in der einfachen und schnellen Durchführung des Tests; Nachteile sind bisher unzureichende multizentrische Validierungsstudien, hohe Kosten und fehlende Aussagen über Art und Antibiotikaresistenz des Keims.

Durch PCR werden Keime indirekt durch Amplifikation bakterieller DNA nachgewiesen. Der Vorteil dieser Methode ist die Nachweisbarkeit schwer zu kultivierender oder sehr langsam wachsender Mikroorganismen. Der größte Nachteil ergibt sich aus der extrem hohen Sensitivität, die ein hohes Kontaminationsrisiko

birgt und damit die Gefahr falsch-positiver Befunde mit sich bringt; ferner kann bakterielle DNA von bereits abgestorbenen Bakterien zu positiven Ergebnissen führen. In Kombination mit der Sonikation von entfernten Endoprothesenkomponenten wurden Sensitivitäten von 100 % erreicht [2]. Jedoch ist der Nachweis von Keimen durch PCR abhängig von der Verfügbarkeit der entsprechenden Primer im jeweiligen PCR-Test.

Biopsie

Die Indikation zur Biopsiegewinnung – arthroskopisch oder offen – besteht in der Diagnoseerzwingung, falls in der Synoviaaspiration keine Keime nachgewiesen wurden, die Zellzahl und/oder die Zelldifferenzierung, die laborchemischen Entzündungsparameter oder die Vorgeschichte des Patienten eine PPI jedoch nahe legen. Die Biopsie wird arthroskopisch durchführt. Es werden 6 Proben entnommen: 5 zur mikrobiologischen Aufarbeitung und eine zur histopathologischen Untersuchung. Entscheidend für eine erfolgreiche Diagnostik ist der Entnahmort. Hierbei ist unbedingt auf die Gewinnung von periprothetischem Gewebe zu achten; die unspezifische Entnahme von Synovialgewebe ist nicht zielführend. Durch die Kombination von Gelenkpunktion und Biopsie von periprothetischem Gewebe kann eine deutliche Steigerung der Sensitivität und Spezifität erreicht werden.

» Es werden 4 Typen der periprothetischen Membran unterschieden

Die Beurteilung der histopathologischen Proben sollte nach der Methode von Morawietz und Krenn durch die Auszählung von neutrophilen Granulozyten in 10 High-power-Fields, also bei 400-facher Vergrößerung, erfolgen [16]. Es werden 4 Typen der periprothetischen Membran unterschieden. Beim Mischtyp besteht eine Kombination von abriebinduzierter und infektiöser periprothetischer Membran (Mischtyp aus Typ I und Typ II), wohingegen der Indifferenztyp weder Cha-

rakteristika des Typ I noch des Typ II aufweist.

Sonikation

Da insbesondere der Keimnachweis von langsam wachsenden Erregern eine Herausforderung an die mikrobiologischen Institute darstellt und in manchen Fällen der Infektstatus bis zur Operation nicht abschließend geklärt werden kann, hat die Sonikation der entfernten Prothesenkomponenten einen hohen Stellenwert [6, 21]. Die entfernten Prothesenkomponenten werden unter sterilen Bedingungen im Ultraschallbad gereinigt. Dadurch wird auch ein potenziell vorhandener Biofilm abgelöst und nachfolgend der mikrobiologischen Untersuchung zugeführt. Hierdurch lässt sich die Sensitivität und Spezifität von Tests auf biofilmbildende Keime erhöhen, da diese durch Sonikation von den Prothesen gelöst werden. Dieses Verfahren ist auch gegen eine vorangegangene Antibiotikatherapie weitgehend unempfindlich [28, 29, 35].

Zeitpunkt der Reimplantation

Der Prothesenwechsel stellt im Moment das Standardverfahren für Infektionen dar. Einzige Ausnahme ist der Frühinfekt (unreifer Biofilm), der durch Kombination von chirurgischem Debridement, Wechsel aller mobilen Teile und Behandlung mit biofilmaktiven Antibiotika zur Ausheilung gebracht werden kann. Das Grundprinzip des Prothesenwechsels besteht in der restlosen Entfernung aller Prothesenkomponenten und einem ausführlichen Debridement. Aufgrund des hohen Schwierigkeitsgrads solcher Operationen sollten diese nur von erfahrenen Operateuren in spezialisierten Kliniken durchgeführt werden. Es bedarf ausreichender operativer Erfahrung, da die knochenschonende Entfernung festverankerter Prothesenkomponenten nur mit Spezialinstrumenten möglich ist. Der Verbleib von Komponenten oder Zement ist obsolet. Alle entfernten Komponenten sollten mithilfe der Sonikation behandelt werden, v. a. bei präoperativ fehlendem Keimnachweis ist dieses Vorgehen zwingend erforderlich. Bei der Reimplantation

sind einzeitige von zweizeitigen Verfahren zu unterscheiden.

Einzeitig

Beim einzeitigen Vorgehen wird die Entfernung aller Fremdmaterialien (Prothesenkomponenten, Zement, Zementstopper, Cerclagen), das ausführliche Debridement sowie die Reimplantation in ein und derselben Operation durchgeführt. Hauptvorteil eines solchen Vorgehens ist, dass sich der Patient nur einem operativen Eingriff bei besserem funktionellen Outcome unterzieht. Als weitere Vorteile sind ein kürzerer Krankenhausaufenthalt und eine geringere Antibiotikadosis zu sehen [11]. Laut den aktuellen Empfehlungen ist diese Methode nur bei einem ausgewählten Patientengut anzuwenden. Folgende Patientengruppen sind von diesem Vorgehen auszuschließen [17]:

- septische Patienten,
- Infektionen ohne präoperativem Keimnachweis,
- multiresistente Erreger,
- Fistelgang,
- schlechte weichteilige Verhältnisse im Operationsgebiet sowie
- vorangegangene(r) erfolglose(r) einzeitige Wechsel.

Insbesondere die Wahl des operativen Vorgehens scheint an den publizierten Erfolgsraten zwischen 71,9–90,0 % [15, 34] entscheidenden Anteil zu haben.

» Der Einsatz biofilmaktiver Antibiotika ist abhängig vom Bakterium

Es wird ein möglichst radikales Debridement durchgeführt, das mit tumororthopädischen Operationen vergleichbar ist. Hierbei werden alle avitalen Gewebe konsequent entfernt, lokale Antiseptika in die Gewebe appliziert und vor Reimplantation die Instrumente gewechselt sowie das gesamte Operationsteam neu eingewaschen. In Abhängigkeit vom Bakterium kommen biofilmaktive Antibiotika zum Einsatz. Der wohl entscheidende Vorteil dieses Vorgehens ist die bessere Funktion bei geringerer Mortalität und niedrigeren Behandlungskosten [13].

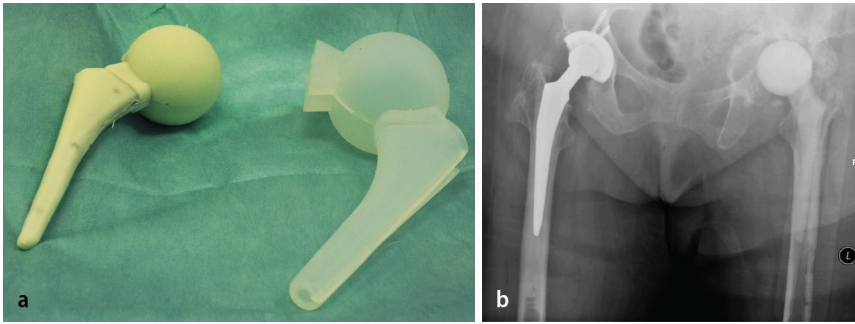


Abb. 4 ▲ **a** Antibiotikahaltiger Platzhalter aus Knochenzement, **b** implantiert Platzhalter im linken Hüftgelenk

Zweizeitig

Langes Intervall

Das zweizeitige Vorgehen mit langem Intervall stellt im Moment den Standard dar. Hierbei erfolgen die Explantation des künstlichen Gelenks und die Reimplantation in einer späteren 2. Operation. Zwischen diesen Operationen liegt eine Zeitspanne, in der eine systemische, testgerechte antibiotische Therapie erfolgt. Beim langen Intervall beträgt diese Zeitspanne i. d. R. etwa 6 Wochen. Das gesamte Fremdmaterial wird analog zum einzeitigen Wechsel entfernt. Anschließend erfolgt die Therapie analog einer Osteomyelitis. Die Verwendung von Platzhaltern (Spacern) wird in letzter Zeit kontrovers diskutiert (► **Abb. 4**). Ein Spacer hat verschiedene Funktionen: Zum einem soll die Verkürzung der Muskulatur und der periartikulären Weichgewebe verhindert, zum anderen sollen hohe lokale Antibiotikakonzentrationen erreicht werden. Die Platzhalter gewährleisten zudem eine gewisse Restmobilität und Stabilität [14]. Gerade bei schwer zu therapierenden Infektionen mit resistenten Erregern kann der Platzhalter selbst als besiedelter Fremdkörper die Infektion unterhalten.

► **Im Gegensatz zum einzeitigen Wechsel ist eine präoperative Patientenselektion nicht erforderlich**

Die Erfolgsraten des zweizeitigen Wechsels mit langem Intervall variieren in der Literatur zwischen 78,6 und 96,0% [4]: Die gute bis sehr gute Infektkontrolle steht bei dieser Methode der deutlich schlechteren Funktion bei Reimplantation gegen-

über; dies ist gerade bei Kniegelenkendothesen hochproblematisch.

Kurzes Intervall

Beim zweizeitigen Vorgehen mit kurzem Intervall wird die Zeitspanne zwischen den beiden Operationen verkürzt; sie beträgt dann nur noch 2–4 Wochen. Die Reimplantation erfolgt im therapeutischen Intervall der Osteomyelitis. Eine wichtige Therapiensäule stellt die moderne biofilmaktive Antibiotikatherapie dar. Durch dieses verkürzte Intervall können die Nachteile des zweizeitigen Vorgehens begrenzt und die Vorteile der Infektkontrolle weitestgehend beibehalten werden. Der Behandlungszeitraum der biofilmaktiven Antibiotikatherapie ist jedoch bisher nicht abschließend geklärt. In der aktuellen Literatur werden Zeiträume zwischen 2 und 6 Monaten diskutiert [20, 22].

Als Ausschlusskriterium gelten heutzutage von Trampuz et al. formulierte Difficult-to-treat-Erreger. Darunter versteht man z. B. Staphylokokken mit einer Resistenz gegen Rifampicin, gramnegative Erreger mit Resistenzen gegen Flurochinolone sowie Kandidainfektionen. Aktuelle Studien scheinen eine ähnliche Infektkontrolle bei besserer Funktion nach Reimplantation zu zeigen. Inwieweit die Kurzzeitintervalle mit den gut untersuchten Langzeitintervallen bezüglich Rezidivfreiheit in einem Follow-up von mehr als 2 Jahren mithalten können, bleibt abzuwarten.

Fazit für die Praxis

— Die PPI erfordert mit differenzierter präoperativer Diagnostik und komplexen, zur Verfügung stehenden Be-

handlungsmöglichkeiten ein schrittweises interdisziplinäres Vorgehen eines Teams aus Orthopäden, Mikrobiologen und Infektiologen. Die Herausforderung der Zukunft wird dabei die Gewährleistung ausreichend hoher Behandlungsqualität trotz begrenzter Ressourcen sein.

- Ein optimaler Zeitpunkt der Reimplantation zur Therapie der PPI existiert zum aktuellen Kenntnisstand nicht. Jedoch bietet gerade das operative Vorgehen mit kurzem zweizeitigen Intervall prinzipiell die Chance zur Kostenreduktion bei gleichbleibend hoher Behandlungsqualität. Weiterführende kontrollierte Studien müssen hier Klärung bringen.

Korrespondenzadresse

Dr. H.M.L. Mühlhofer

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München
Ismaninger Str. 22, 81675 München
heinrich.muehlhofer@mri.tum.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H.M.L. Mühlhofer, J. Schauwecker und R. Eisenhart-Rothe geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. AAOS (2010) AAOS The diagnosis of periprosthetic joint infections of the hip and knee: guideline and evidence report. 1–294
2. Achermann Y, Vogt M, Leunig M et al (2010) Improved diagnosis of periprosthetic joint infection by multiplex PCR of sonication fluid from removed implants. *J Clin Microbiol* 48:1208–1214. doi:10.1128/JCM.00006-10
3. Barrack RL, Jennings RW, Wolfe MW, Bertot AJ (1997) The Coventry Award. The value of preoperative aspiration before total knee revision. *Clin Orthop Relat Res* 345:8–16
4. Bejon P, Berendt A, Atkins BL et al (2010) Two-stage revision for prosthetic joint infection: predictors of outcome and the role of reimplantation microbiology. *J Antimicrob Chemother* 65:569–575. doi:10.1093/jac/dkp469
5. Bingham J, Clarke H, Spangehl M et al (2014) The alpha defensin-1 biomarker assay can be used to evaluate the potentially infected total joint arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 472:4006–4009. doi:10.1007/s11999-014-3900-7

6. Bogut A, Niedźwiadek J, Koziol-Montewka M et al (2014) Sonication as a diagnostic approach used to investigate the infectious etiology of prosthetic hip joint loosening. *Pol J Microbiol* 63:299–306
7. Bottner F, Wegner A, Winkelmann W et al (2007) Interleukin-6, procalcitonin and TNF-alpha: markers of peri-prosthetic infection following total joint replacement. *J Bone Joint Surg Br* 89:94–99. doi:10.1302/0301-620X.89B1.17485
8. Breitensteiner MJ, Mayerhofer M, Gottsauner-Wolf F et al (2002) Bildgebung bei Hüftprothesen. *Radiologe* 42:474–479. doi:10.1007/s00117-002-0754-x
9. Chalmers PN, Sporer SM, Levine BR (2014) Correlation of aspiration results with periprosthetic sepsis in revision total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 29:438–442. doi:10.1016/j.arth.2013.06.020
10. Fink B, Gebhard A, Fuerst M et al (2013) High diagnostic value of synovial biopsy in periprosthetic joint infection of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 471:956–964. doi:10.1007/s11999-012-2474-5
11. Gehrke T, Zahar A, Kendoff D (2013) One-stage exchange: it all began here. *Bone Joint J* 95-B:77–83. doi:10.1302/0301-620X.95B11.32646
12. Greidanus NV, Masri BA, Garbuz DS et al (2007) Use of erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein level to diagnose infection before revision total knee arthroplasty. A prospective evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 89:1409–1416. doi:10.2106/JBJS.D.02602
13. Klouche S, Sariali E, Mamoudy P (2010) Total hip arthroplasty revision due to infection: a cost analysis approach. *Orthop Traumatol Surg Res* 96:124–132. doi:10.1016/j.otsr.2009.11.004
14. Koo KH, Yang JW, Cho SH et al (2001) Impregnation of vancomycin, gentamicin, and cefotaxime in a cement spacer for two-stage cementless reconstruction in infected total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 16:882–892. doi:10.1054/arth.2001.24444
15. Kordelle J, Frommelt L, Klüber D, Seemann K (2000) [Results of one-stage endoprosthesis revision in periprosthetic infection cause by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 138:240–244. doi:10.1055/s-2000-10143
16. Krenn V, Morawietz L, Kienapfel H et al (2013) Revised consensus classification. *Z Rheumatol* 72:383–392. doi:10.1007/s00393-012-1099-0
17. Lichstein P, Gehrke T, Lombardi A et al (2014) One-stage versus two-stage exchange. *J Orthop Res* 32(Suppl 1):S141–S146. doi:10.1002/jor.22558
18. Moran E, Byren I, Atkins BL (2010) The diagnosis and management of prosthetic joint infections. *J Antimicrob Chemother* 65:iii45–iii54. doi:10.1093/jac/dkq305
19. Ong KL, Kurtz S, MD JP, Parvizi J (2009) Prosthetic joint infection risk after total hip arthroplasty in the medicare population. *J Arthroplasty* 24:105–109. doi:10.1016/j.arth.2009.04.027
20. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR et al (2012) Executive summary: diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 56:1–10. doi:10.1093/cid/cis966
21. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR et al (2013) Diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis* 56:e1–e25. doi:10.1093/cid/cis803
22. Puhto AP, Puhto T, Syrjala H (2012) Short-course antibiotics for prosthetic joint infections treated with prosthesis retention. *Clin Microbiol Infect* 18:1143–1148. doi:10.1111/j.1469-0691.2011.03693.x
23. Saleh KJ, Clark CR, Sharkey PF et al (2003) Modes of failure and preoperative evaluation. *J Bone Joint Surg Am* 85-A(Suppl 1):S21–S25
24. Savarino L, Baldini N, Tarabusi C et al (2004) Diagnosis of infection after total hip replacement. *J Biomed Mater Res* 70:139–145. doi:10.1002/jbm.b.30030
25. Schäfer P, Fink B, Sandow D et al (2008) Prolonged bacterial culture to identify late periprosthetic joint infection: a promising strategy. *Clin Infect Dis* 47:1403–1409. doi:10.1086/592973
26. Schinsky MF (2008) Perioperative testing for joint infection in patients undergoing revision total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 90:1869–1875. doi:10.2106/JBJS.G.01255
27. Trampuz A, Hanssen AD, Osmon DR et al (2004) Synovial fluid leukocyte count and differential for the diagnosis of prosthetic knee infection. *Am J Med* 117:556–562. doi:10.1016/j.amjmed.2004.06.022
28. Trampuz A, Piper KE, Hanssen AD et al (2006) Sonication of explanted prosthetic components in bags for diagnosis of prosthetic joint infection is associated with risk of contamination. *J Clin Microbiol* 44:628–631. doi:10.1128/JCM.44.2.628-631.2006
29. Trampuz A, Piper KE, Jacobson MJ et al (2007) Sonication of removed hip and knee prostheses for diagnosis of infection. *N Engl J Med* 357:654–663. doi:10.1056/NEJMoa061588
30. Urquhart DM, Hanna FS, Brennan SL et al (2010) Incidence and risk factors for deep surgical site infection after primary total hip arthroplasty: a systematic review. *J Arthroplasty* 25:1216–1222.e1–e3. doi:10.1016/j.arth.2009.08.011
31. Valle Della CJ, Sporer SM, Jacobs JJ et al (2007) Preoperative testing for sepsis before revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 22:90–93. doi:10.1016/j.arth.2007.04.013
32. Vanhegan IS, Malik AK, Jayakumar P et al (2012) A financial analysis of revision hip arthroplasty: the economic burden in relation to the national tariff. *J Bone Joint Surg Br* 94:619–623. doi:10.1302/0301-620X.94B5.27073
33. Williams JL, Norman P, Stockley I (2004) The value of hip aspiration versus tissue biopsy in diagnosing infection before exchange hip arthroplasty surgery. *J Arthroplasty* 19:582–586. doi:10.1016/j.arth.2003.11.011
34. Wolf CF, Gu NY, Doctor JN et al (2011) Comparison of one and two-stage revision of total hip arthroplasty complicated by infection. *J Bone Joint Surg Am* 93:1–9. doi:10.2106/JBJS.I.01256
35. Zimmerli W, Trampuz A (2004) Prosthetic-joint infections. *N Engl J Med* 351:1645–1654