

Aus der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie

Geschäftsführende Direktorin: Univ.- Prof. Dr. med. Susanne Fuchs-Winkelmann



des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,

Standort Marburg

**Vergleich artikulierender und statischer Platzhalter bei
zweizeitigem Wechsel infizierter Kniegelenksendoprothesen
anhand der Ergebnisse einer retrospektiven Aktenanalyse**

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Carmen Sommer

aus Donauwörth

Marburg 2011

Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg am: 26.05.2011

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Rothmund

Referent: PD Dr. med. Adrian Skwara

Korreferent: Prof. Dr. Ruchholtz

**Vergleich artikulierender und statischer Platzhalter bei
zweizeitigem Wechsel infizierter Kniegelenksendoprothesen
anhand der Ergebnisse einer retrospektiven Aktenanalyse**

von

Carmen Sommer

Gewidmet Inge und Rupert Sommer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Geschichte der Endoprothetik	1
1.2	Knieendoprotheseninfektion	4
1.2.1	Risikofaktoren	4
1.2.2	Infektionswege	5
1.2.3	Klassifikation	5
1.2.4	Diagnostik	6
1.2.5	Therapiemöglichkeiten	8
2	Zielsetzung dieser Arbeit	21
3	Material und Methoden	24
3.1	Datenerfassung	24
3.2	Klinische Daten	25
3.2.1	Patientenkollektiv	25
3.2.2	Altersverteilung	27
3.2.3	Diagnose der Knieendoprotheseninfektion	27
3.2.4	Standzeit der ursprünglichen Knieendoprothese	29
3.2.5	Explantation der infizierten Knieendoprothese	29
3.2.6	Reimplantation der neuen Knieendoprothese	33
3.2.7	Nachuntersuchungszeitraum	34
3.2.8	Bewegungsumfang	36
3.3	Statistische Auswertung	36
4	Ergebnisse	38
4.1	Standzeit der Platzhalter und Krankenhausaufenthaltsdauer postoperativ	38

4.2	Keime und Infektionen	39
4.2.1	Keimnachweis vor Explantation der infizierten Knie- totalendoprothese	39
4.2.2	Keimnachweis bei Explantation der infizierten Knie- totalendoprothese	41
4.2.3	Keimnachweis bei Reimplantation der neuen Knie- totalendoprothese	44
4.2.4	Reinfektionen und Komplikationen	46
4.3	Wundheilung und Röntgenbefundung	50
4.3.1	Wundheilung	50
4.3.2	Röntgenbefundung	52
4.4	Serologische Untersuchung	52
4.5	Bewegungsumfang	54
4.5.1	Maximales Bewegungsausmaß	54
4.5.2	Maximale Flexion	58
5	Diskussion	63
5.1	Vorbemerkungen	63
5.2	Keime und Infektionen	66
5.2.1	Keimnachweis bei Explantation der infizierten Knie- totalendoprothese	66
5.2.2	Keimnachweis bei Reimplantation der neuen Knie- totalendoprothese	69
5.2.3	Reinfektionen	70
5.2.4	Komplikationen	73
5.3	Wundheilung	74
5.4	Serologische Untersuchung	75
5.5	Bewegungsumfang	77
5.5.1	Analyse des ROM und der Flexion innerhalb der Gruppe der beweglichen Spacer	77

5.5.2	Analyse des mittleren ROM und der mittleren Flexion inner- halb der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer	81
5.5.3	Vergleich der beiden Studiengruppen	83
5.6	Fazit	88
6	Zusammenfassung	90
7	Summary	94
8	Verzeichnisse	97
	Literaturverzeichnis	97
	Abbildungsverzeichnis	109
	Tabellenverzeichnis	110
9	Anhang	112
9.1	Akademische Lehrer	112
9.2	Danksagung	113

1 Einleitung

1.1 Geschichte der Endoprothetik

Die Entwicklung der Endoprothetik ist größtenteils im 20. Jahrhundert anzusiedeln. Die erste erfolgreiche Implantation eines künstlichen Gelenkes wurde jedoch bereits am 20. Mai 1890 von Themistocles Gluck durchgeführt [19, 3]. Hierbei implantierte der Berliner Chirurg ein Scharniergelenk aus Elfenbein bei einem 17-jährigen Mädchen, deren Kniegelenk durch Tuberkulose zerstört worden war [19]. Gluck entwarf Modelle für den künstlichen Schulter-, Ellbogen-, Hand-, Hüft-, Knie- und Fussgelenksersatz [67]. Dabei war ihm nicht nur das Auffüllen des entstandenen Defektes wichtig, sondern vielmehr die anatomischen Strukturen und physiologischen Bewegungsabläufe so gut wie möglich nachzubilden und damit die Funktion des Gelenkes wieder herzustellen [67, 19, 3].

Insgesamt 14 Patienten erfuhren eine Alloarthroplastik durch ihn, wobei er die Gelenksresektion und die Implantation des künstlichen Gelenksersatzes zu zwei verschiedenen Zeitpunkten durchführte [67]. Dadurch war es ihm möglich, die Endoprothese individuell zu formen. Gluck war der erste Chirurg, der Kolophonium und Gips benutzte. Er setzte diesen zur festen Fixierung der Prothese im Knochen ein [19]. Seine Erfolge zeichneten sich in den meisten Fällen durch Schmerzfreiheit, sowie durch wiedererlangte Beweglichkeit aus [67]. Insgesamt waren die Erfolge jedoch nur von kurzer Dauer.

Die längerfristigen Ergebnisse waren enttäuschend [19]. Der Hauptgrund war die Entwicklung einer chronischen Infektion bei jedem der von ihm operierten Gelenke,

insbesondere wegen der tuberkulösen Grunderkrankung aller behandelten Patienten [67, 19, 18, 25].

Aufgrund dieser und anderer schwerwiegender Komplikationen, zu denen auch die Lockerung der künstlichen Gelenke zählte, wurde der Gelenkersatz erstmals wieder verlassen und der Weg der Interpositionsarthroplastik eingeschlagen [3]. Hierbei wurden die Gelenkenden großzügig reseziert und die unterschiedlichsten Materialien, angefangen von Muskeln über Schleimbeutel bis hin zu Blech oder Holz als Interponate eingefügt [3]. Obwohl die Funktion der Gelenke teilweise zurückgewonnen werden konnte, waren auch hier durch die hohe mechanische Beanspruchung der unteren Extremität langfristig viele Misserfolge zu verzeichnen [3].

Während die Entwicklung des Gelenkersatzes langsam fortschritt, war man ständig auf der Suche nach neuen, besseren Materialien, die für eine ausreichende Befestigung der Implantate sorgen sollten [3]. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde dann eine sowohl korrosionsbeständige als auch sehr gut verträgliche Legierung, bestehend aus Chrom, Cobalt und Molybdän entwickelt, das sogenannte Vitallium. Dieses erlaubte nun die Implantation einer Hüftprothese mit einem fest im Femurmarkraum verankerten Prothesenstiel, wie von dem Amerikaner Moore entwickelt [3, 25].

Anfang der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts setzte John Charnley einen der größten Meilensteine in der Endoprothetik [14, 16, 3, 25, 18]. Der von ihm eingesetzte Knochenzement Polymethylmetacrylat (PMMA) schuf eine weitaus stabilere Verankerung seiner Prothesen, als es bis zu diesem Zeitpunkt möglich gewesen war [46]. Sein vielversprechender Einsatz von Teflon (Polytetrafluoroethylene) als Gelenkpfanne war aufgrund einer durch die Partikel ausgelösten lokalen Entzün-

dungsreaktion mit nachfolgender Lockerung der Prothesen, nur von kurzer Dauer. Glücklicherweise stieß er jedoch bald auf ein neues Material: Polyäthylen [3]. Dieses erwies sich als äußerst widerstandsfähig und zugleich gut verträglich. Ein metallischer Hüftkopf artikulierte mit einer weichen Polyäthylenpfanne hoher Dichte. Seine Ergebnisse, die er 1972 veröffentlichte, waren ein großer Erfolg [14]: 90 % seiner Patienten mit einer Hüfttotalendoprothese gaben absolute Schmerzfreiheit an und über 80 % seiner Patienten konnten eine unbegrenzte Strecke ohne Hilfsmittel laufen. Eine 20-jährige Follow-up-Studie mit den gleichen Patienten erbrachte ähnlich gute Resultate.

Trotz des großen Erfolges sah sich auch John Charnley dem Problem der periprothetischen Infektion gegenübergestellt: viele seiner Patienten entwickelten diese schwerwiegende Komplikation [14, 16, 3, 25, 18]. Er begann bei jedem seiner Patienten die möglichen Ursachen der Infektion zu dokumentieren. Dabei gelangte er zu der Auffassung, dass ein Großteil der auftretenden periprothetischen Infektionen auf eine intraoperative Keimbesiedlung zurückzuführen seien. Um dem entgegen zu treten, operierte er nun in Sälen mit gefilterter Reinluft, in Ganzkörperbekleidung und mit eigens entworfenen Instrumenten, welche speziell so angeordnet wurden, dass das Risiko einer Kontamination möglichst minimiert werden konnte. Durch seine Bemühungen konnte er die Infektionsrate von anfänglich fast 8 % auf 1 % senken [46]. Die Beimischung von Antibiotika zum Knochenzement sowie die perioperative Antibiotikaphylaxe förderten diese positive Entwicklung noch zusätzlich [14, 16, 46].

Trotz der bedeutenden medizinischen Fortschritte im Bereich der aseptischen Chirurgie sowie der antibiotischen Behandlung blieb die Infektion des künstlichen Gelenkersatzes auch über die folgenden Jahrzehnte bis in die heutige Zeit ein ernst zu nehmendes Problem.

1.2 Knieendoprotheseninfektion

Der totale Kniegelenksersatz verbessert bei den meisten Patienten die Kniegelenksfunktion, vermindert Schmerzen und erhöht die Lebensqualität. Jedes Jahr werden in Deutschland ungefähr 125000 Kniegelenkstotalendoprothesen implantiert [22]. Diese Zahl wird in den kommenden Jahren weiter ansteigen. Gründe hierfür sind unter anderem, die demographische Entwicklung in Deutschland mit einem zunehmenden Anteil an über 80-jährigen Menschen [22]. Zudem wird die Indikation zum künstlichen Kniegelenksersatz zunehmend weiter gestellt und auch jüngere Patienten häufiger einer Endoprothesenimplantation zugeführt.

Dadurch steigt die Zahl an Komplikationen wie die einer periprothetischen Knieendoprotheseninfektion kontinuierlich an [10, 35, 36]. Sie liegt derzeit bei bis zu 5 % nach Erstimplantation einer Knieendoprothese [38, 4, 1, 15, 47, 11, 64, 5, 70, 28, 21, 39, 50] und bei bis zu 15 % nach Implantation einer Revisionsendoprothese [4, 64]. Die Infektion des künstlichen Kniegelenksersatzes hat gravierende Folgen für den betroffenen Patienten. Häufig stehen für ihn die starken Schmerzen im Kniegelenk im Vordergrund. Zudem klagen die Patienten über den Verlust der Kniegelenksfunktion mit eingeschränkter Beweglichkeit.

1.2.1 Risikofaktoren

Es sind eine Reihe an Risikofaktoren für die Entwicklung einer Knieendoprotheseninfektion beschrieben [63]. Patienten mit chronischer Polyarthritiden weisen ein erhöhtes Infektionsrisiko (ca. 1,5 - 2,5fach) ihrer Knieendoprothese auf [5, 69, 62, 32, 70, 71, 52]. Ebenso haben immunsupprimierte Patienten, Patienten unter Steroidtherapie

[63] wie auch länger hospitalisierte Patienten ein erhöhtes Risiko eine Infektion ihrer Knieendoprothese zu bekommen [62, 5]. Mehrere vorangegangene Operationen gelten als zusätzlicher Risikofaktor für eine Endoprotheseninfektion [32]. Weiterhin ist die perioperative oberflächliche Wundinfektion als statistisch signifikanter Risikofaktor für die Entwicklung einer periprothetischen Infektion beschrieben [1].

1.2.2 Infektionswege

Mehrere Infektionswege der Knieendoprothese sind bekannt [5, 63]. Ein möglicher Infektionsweg ist, dass direkt bei Implantation der neuen Endoprothese Keime in das Kniegelenk gelangen, sich dort ansiedeln, vermehren und letztendlich die Endoprotheseninfektion hervorrufen. Des Weiteren können Erreger von einem benachbarten Infektionsherd auf die Knieendoprothese übergreifen und dort zur periprothetischen Infektion führen. In Betracht gezogen werden muss auch immer die direkte Inokulation von Keimen während diagnostischer oder therapeutischer Eingriffe wie beispielsweise bei einer Kniegelenkspunktion. Auf eine strenge Indikationsstellung und eine aseptische Durchführung aller Eingriffe muss geachtet werden. Die hämatogene Streuung von einem entfernt liegenden Infektionsherd stellt einen weiteren Infektionsweg dar.

1.2.3 Klassifikation

Die Infektion der Knieendoprothese wird eingeteilt in eine Frühinfektion und eine Spätinfektion. Da diese Einteilung auch therapeutische Konsequenzen hat, ist sie von nicht unerheblicher Bedeutung. Während die Frühinfektion in einem direkten Zusammenhang zur Knieendoprothesenimplantation steht, müssen für die Spätin-

fektion andere Ursachen angenommen werden [22].

Die Einteilung ist jedoch in der aktuellen Literatur nicht einheitlich [71, 52, 54]: Einige Autoren betrachten die periprothetische Infektion des Knies bis zu einem Zeitpunkt drei Monate nach künstlichem Kniegelenksersatz als Frühinfektion und erst wenn sie zu einem späteren Zeitpunkt diagnostiziert wird als Spätinfektion [37, 71, 52, 73, 63, 54].

Demgegenüber stehen andere Publikationen, in denen eine Frühinfektion nur innerhalb der ersten sechs postoperativen Wochen angenommen wird [49]. Borden et al. [5] benutzen eine leicht abgeänderte Einteilung. Sie definieren die Infektion als akut, wenn sie innerhalb der ersten zwei postoperativen Wochen nach Knieendoprothesenimplantation diagnostiziert wird. Zu einem späteren Zeitpunkt wird sie bei ihnen als chronisch eingestuft. Sie wählten diese Einteilung, da in ihren Untersuchungen ein alleiniges Debridement hauptsächlich im Stadium der akuten Infektion eine erfolgreiche Therapieoption zur Infektsanierung darstellt. Zu einem späteren Zeitpunkt haben die Bakterien einen Biofilm um die Prothese gebildet [72, 63, 27]. Dieser ist in der Regel weder durch systemische Antibiotikatherapie noch durch radikales Debridement zu beseitigen [72, 63, 27]. Zur Sanierung der Infektion ist dann ein Implantatwechsel nötig [72].

1.2.4 Diagnostik

Eine sorgfältig erhobene Anamnese weist oft schon auf eine Knieendoprotheseninfektion hin. Viele Patienten berichten über starke Schmerzen im betroffenen Kniegelenk, über schlechtes Allgemeinbefinden und Fieber [36]. Funktions- und Bewegungseinschränkungen können die Folge sein [5, 39]. Zudem beschreiben die Patienten ein

Spannungsgefühl im Kniegelenk. Eine Spätinfektion unterscheidet sich anamnestisch nicht wesentlich von einer Frühinfektion. Oft verlaufen die Symptome jedoch etwas milder. Schmerzen treten vor allem nachts und in Ruhe auf [52].

Bei der klinischen Untersuchung findet man die charakteristischen Zeichen einer Infektion: Das betroffene Kniegelenk ist überwärmt und gerötet. Es ist geschwollen und druckempfindlich. Die Infektion hat zur Bildung eines Kniegelenkergusses geführt. Die Wundsekretion nach Implantation der Knieendoprothese ist prolongiert und weist auf eine Infektion der neuen Endoprothese hin [35, 39]. Bei der körperlichen Untersuchung befindet sich das betroffene Kniegelenk zur größtmöglichen Schmerzlinderung in einer Schonhaltung. Die Untersuchung des Bewegungsausmaßes im Kniegelenk ist für den betroffenen Patienten zusätzlich schmerzhaft und dadurch häufig nur eingeschränkt möglich [36].

Im Anschluss werden serologische Laboruntersuchungen durchgeführt, die einen weiteren wichtigen Schritt in der Diagnostik der Knieendoprotheseninfektion darstellen. Ein bewährter Entzündungsparameter in der laborchemischen Routinediagnostik ist das C-reaktive Protein. Ist das C-reaktive Protein erhöht, weist dies auf ein stattfindendes entzündliches Geschehen beim Patienten hin. Daneben gibt es weitere für die Diagnostik hilfreiche Entzündungsparameter wie die Blutsenkungsgeschwindigkeit, das Procalcitonin oder die Leukozytenzahl.

Um die Diagnose einer Knieendoprotheseninfektion zu sichern, wird das Kniegelenk punktiert und Gelenksflüssigkeit aspiriert [62, 26, 52, 50]. Diese wird dann zur mikrobiologischen Untersuchung aserviert, um so bereits präoperativ einen positiven Keimnachweis mit Resistogramm zu erhalten [44, 50]. Dies bietet den großen Vorteil einer gezielten systemischen und intraartikulären Antibiotikatherapie [62]. Als

Goldstandard in der Diagnostik einer Knieendoprotheseninfektion gilt der positive Keimnachweis aus den während der Explantationsoperation entnommenen Gewebeabstrichen [15].

Auch radiologische Untersuchungen sind bei der Knieendoprotheseninfektion richtungsweisend. Auf dem Röntgenbild können sich Lockerungszeichen um die infizierte Knieendoprothese zeigen [72]. Deutlich werden diese vor allem beim Vergleich mit älteren Röntgenaufnahmen. Die meisten septischen Lockerungen, die im Röntgenbild gesehen werden, treten bei Patienten mit einer Spätinfektion mehr als ein Jahr nach Endoprothesenimplantation auf [36]. Bei einem früher auftretenden Infekt fanden Inman et al. [36] nur in elf von 30 Fällen eine im Röntgenbild sichtbare septische Lockerung der Endoprothese.

Weitere in der Diagnostik der Knieendoprotheseninfektion angewandte bildgebende Verfahren stellen die Magnetresonanztomographie, sowie die Szintigraphie dar. Die Magnetresonanztomographie weist entzündliche Prozesse im Kniegelenk nach. Sie wird nicht standardmäßig zur Diagnostik einer Knieendoprotheseninfektion angewandt, kann aber zusätzliche, nützliche Hinweise bei Unklarheiten liefern. Die Knochenszintigraphie ist ein Verfahren zur Darstellung des Knochenstoffwechsels. Mit einem hohen negativen Vorhersagewert trägt sie insbesondere zum Infektionsausschluß entscheidend bei.

1.2.5 Therapiemöglichkeiten

Die Behandlung des infizierten Kniegelenkersatzes verfolgt zwei Hauptziele: zum einen soll die periprothetische Infektion erfolgreich saniert werden, zum anderen eine bestmögliche Kniefunktion ohne Schmerzen gewährleistet werden [60, 73]. Hierfür

stehen verschiedene Behandlungsoptionen zur Verfügung [34, 60]. Synovektomie und Debridement sind insbesondere bei Frühinfektionen [47] und gleichzeitig fest verankerten Prothesen an erster Stelle zu nennen. Zur Sanierung einer Spätinfektion sind der einzeitige und insbesondere der zweizeitige Endoprothesenwechsel routinemäßig angewandte und bewährte Verfahren. Daneben verbleiben als weitere Therapiemöglichkeiten die Arthrodesse des Kniegelenkes und die Oberschenkelamputation. Allen Therapiekonzepten liegt eine spezifische systemische Antibiotikatherapie zugrunde. Bei einigen Therapieverfahren erfolgt zusätzlich eine intraartikuläre Antibiotikatherapie.

Eine rein konservative Therapie mittels antibiotischer Therapie hat sich bei den periprothetischen Knieendoprotheseninfektionen nicht bewährt [37, 42, 60]. Die Bakterien halten sich in einem Biofilm um die jeweilige Prothese auf [13, 55, 63] und befinden sich dort in einem inaktiven Zustand oder in einem Zustand herabgesetzter Stoffwechselaktivität [13, 55, 63]. Durch systemische Antibiotikatherapie alleine können sie nicht eradiziert werden [13, 55, 63]. Somit ist die rein konservative Therapie mittels Antibiotikatherapie nur noch in Ausnahmefällen indiziert: bei Operationsverweigerung bzw. Inoperabilität mit stark eingeschränkter Lebenserwartung [5, 38, 62].

Spülung und Debridement

Beim Debridement wird nekrotisches und entzündlich verändertes Gewebe abgetragen und das Kniegelenk ausgiebig gespült. Ein großer Vorteil dieses Therapiekonzeptes ist die primär prothesenerhaltende Behandlung der Infektion.

Borden et al. [5] konnten zeigen, dass bei Patienten mit einer akuten Knieendopro-

theseninfektion alleine durch radikales Debridement eine erfolgreiche Sanierung der Knieendoprotheseninfektion möglich war. Jedoch kam es bei keinem der von ihnen behandelten Patienten mit einer chronischen Infektion zu einer erfolgreichen Infekteradikation. Vielmehr mussten weitere infektionssanierende Operationseingriffe angeschlossen werden.

Eine vergleichbar hohe Reinfektionsrate mit 70 % bis 100 % bei alleinigem Debridement ohne Wechsel der Knieendoprothese wird auch in anderen Publikationen beschrieben [5, 8, 56, 62]. Dies zeigt, dass bei chronischen Endoprotheseninfektionen ein alleiniges radikales Debridement mit Erhaltung der Prothese langfristig meist zum Misserfolg führt. Wird es innerhalb der ersten zwei bis drei Wochen postoperativ durchgeführt und kann von niedrig virulenten Erregern als Infektionsquelle ausgegangen werden, stellt das Debridement ein zufriedenstellendes Therapieverfahren für eine erfolgreiche Infekteradikation dar [5, 11, 27, 52, 60]. Ausgeschlossen werden sollten solche Patienten, bei denen sich eine Lockerung der Knieendoprothese oder eine Osteitis im Röntgenbild zeigen [27, 39].

Einzeitiger Knieendoprothesenwechsel

Beim einzeitigen Knieendoprothesenwechsel wird die infizierte Knieendoprothese explantiert und nach ausgiebiger Spülung und Debridement eine neue Knieendoprothese implantiert [60]. Der Vorzug dieses Verfahrens liegt darin, dass hierbei nur eine Operation im Vergleich zum zweizeitigen Prothesenwechsel erforderlich ist – mit allen sich daraus ergebenden Vorteilen [21, 34, 60, 72, 9]: So kann ein weiterer längerer Krankenhausaufenthalt mit allen daraus resultierenden Gefahren und Komplikationen für den Patienten vermieden werden.

Die Beweglichkeit im Kniegelenk kann erhalten bleiben [34] und die Kosten für das Gesundheitssystem sind bei erfolgreicher Infektsanierung niedriger [9, 21, 34, 72].

Trotzdem bevorzugen die meisten Autoren den zweizeitigen Knieendoprothesenwechsel [11, 12, 23, 32, 39, 64, 60]. Es wird eine höhere Rate an erfolgreicher Infekteradikation im Vergleich zum einzeitigen Wechselverfahren angenommen [49]. Von Foerster et al. [65] erreichten nur bei 73 % ihrer Patienten, die mit einem einzeitigen Wechselverfahren nach infizierter Knieendoprothese behandelt worden waren, eine erfolgreiche Infektionssanierung. Wenn diese nicht gelingt, müssen meist weitere Operationen erfolgen [58, 65]. Spangehl et al. [60] empfehlen die Anwendung dieses Verfahrens vor allem für Patienten, die eine Lockerung ihrer Endoprothese aufweisen, für die ein zweizeitiges Verfahren nicht möglich ist und bei denen eine Langzeittherapie mit Antibiotika erfolgen kann.

Häufig wird dieses Verfahren dann angewandt, wenn der infektiösauslösende Keim bekannt ist, dieser niedrig-virulent ist und die Knochenqualität zur Implantation der neuen Knieendoprothese noch gut erhalten ist [51, 62, 72].

Zweizeitiger Knieendoprothesenwechsel

Die Durchführung des zweizeitigen Knieendoprothesenwechsels erfolgt standardmäßig in drei Phasen [20, 34, 31, 49, 50]:

In der ersten Revisionsoperation wird die infizierte Knieendoprothese explantiert. Dabei werden alle Fremdmaterialien entfernt. Es werden multiple Gewebeabstriche gewonnen sowie auffälliges Gewebe für die histologische Untersuchung entnommen. Es schließt sich ein radikales Debridement mit Entfernung nekrotischen und ent-

zündlich veränderten Gewebes an [2]. Das Gelenk wird mehrfach ausgiebig gespült. Im Anschluss wird häufig eine zementhaltige Platzhalterprothese eingebaut. Dem Zement dieses temporären Spacers sind Antibiotika beigemischt, wodurch direkt am Infektionsherd im Gelenkspalt eine höhere Antibiotikakonzentration erreicht werden kann als bei systemischer Antibiotikatherapie alleine möglich wäre [5, 32, 34, 64, 69].

Zudem können dem Knochenzement beim zweizeitigen Wechselverfahren höhere Dosen an Antibiotika beigemischt werden als bei einem einzeitigen Wechselverfahren, bei dem direkt die neue Knieendoprothese eingebaut wird [28, 44, 60]. Zu hohe Antibiotikakonzentrationen können die mechanischen Eigenschaften des Zements beeinträchtigen [44, 60].

Anschließend folgt ein mehrwöchiges Intervall mit anfangs parenteraler, später oraler Antibiotikatherapie [2, 45]. Die Wahl des Antibiotikums erfolgt zunächst empirisch und wird nach Erhalt der mikrobiologischen Befunde auf das Resistogramm des verursachenden Keimes abgestimmt und gegebenenfalls umgestellt [2, 12, 34, 45]. Während dieses Zeitraumes ist eine komplette Entlastung des betroffenen Beines notwendig [21]. Eine Abrollbelastung mit Unterarmgehstützen ist jedoch möglich [2, 17, 21, 50]. Regelmäßig wird die Wunde genau inspiziert sowie die Wundsekretion und der Verlauf der Laborparameter beobachtet [2, 31, 45]. Sobald die Infektion klinisch abgeklungen ist und die Antibiotikatherapie für mindestens eine Woche abgesetzt werden konnte, kann das betreffende Kniegelenk zum Keimausschluss punktiert werden [47, 50]. Dies soll die erfolgreiche Infekteradikation bestätigen oder gegebenenfalls einen Keimnachweis erbringen, der eine Verlängerung des Zeitraumes mit einer erneuten antibiotischen Therapie zur Folge hätte [32].

Ist die Infektion im Kniegelenk erfolgreich eradiziert, kann die Reimplantationsope-

ration durchgeführt werden [21, 50]. Auch bei der zweiten Wechseloperation erfolgt ein gründliches Debridement mit totaler Synovektomie. Der temporäre Platzhalter wird wieder explantiert und es werden Gewebeproben zur Anzüchtung von Kulturen entnommen. Anschließend kann eine neue Knie totalendoprothese in das Kniegelenk implantiert werden.

Ergibt die mikrobiologische Untersuchung einen positiven Keimnachweis erfolgt eine sich am Resistogramm orientierende antibiotische Therapie. Ansonsten kann auf eine längere Antibiotikatherapie verzichtet werden.

Das Vorgehen nach der Reimplantationsoperation besteht wie nach primärer Knie totalendoprothesenimplantation in einer frühen physikalischen Therapie sowie täglichen Wundinspektion und serologischen Laborkontrollen [2]. Nach Entlassung des Patienten aus der stationären Behandlung erfolgen in regelmäßigen Abständen Nachuntersuchungen [26].

Ein bedeutender Vorteil des zweizeitigen Wechselverfahrens liegt darin, dass die Infektion vor Implantation einer neuen Knieendoprothese saniert werden kann. Die im Rahmen der Primäroperation gewonnenen mikrobiologischen Befunde sowie die weitere klinische und laborchemische Beobachtung ermöglichen eine individuelle Therapiestrategie für eine erfolgreiche Infektsanierung [26]. In einem zweiten Schritt kann eine neue Knieendoprothese in ein infektsaniertes Knochenlager implantiert werden [62]. Gleichzeitig können auch bei dieser Operation nochmals Biopsien entnommen werden [37, 57].

Als nachteilig ist anzuführen, dass die Operationen technisch anspruchsvoll sind und die Patienten für einige Wochen darauf verzichten müssen, ihr Kniegelenk in gewohnter Art und Weise zu benutzen: sie können ihr Bein nicht voll belasten und dürfen es

nicht oder nur eingeschränkt beugen [20, 28]. Auch Schmerzen zwischen den beiden Wechseloperationen gehören zu den Nachteilen des zweizeitigen Wechselverfahrens [28].

Insall et al. [37] waren unter den Ersten, die das zweizeitige Wechselverfahren untersuchten und großen Erfolg präsentieren konnten: Bei 100 % ihrer in die Studie eingeschlossenen Patienten konnte der Knieendoprotheseninfekt saniert werden. Es resultierten gute Langzeitergebnisse.

In den darauf folgenden Jahren hat sich der zweizeitige Knieendoprothesenwechsel schnell verbreitet und viele Untersuchungen konnten hervorragende Ergebnisse erzielen: Haleem et al. [29] behandelten 94 Patienten mit einem zweizeitigen Protokoll unter Verwendung eines starren Spacers. Der Nachbeobachtungszeitraum nach Reimplantation betrug zehn Jahre. Die Wahrscheinlichkeit, dass kein weiterer Knieendoprothesenwechsel aufgrund einer Reinfektion nötig wurde, betrug nach zehn Jahren 85 % [29]. Selbst bei Problemkeimen wie Methicillin-resistenten Staphylokokken wird das zweizeitige Wechselverfahren als sinnvolle Therapieoption empfohlen [45].

Insgesamt stellt der zweizeitige Knieendoprothesenwechsel das Verfahren der Wahl zur Behandlung der chronisch infizierten Knieendoprothese dar [5, 15, 24, 29, 34, 37, 38, 47, 53, 56, 62, 68, 69, 70]. Favorisiert wird es ab einer Zeitspanne von mehr als sechs Wochen nach Knieprothesenimplantation [34, 49].

Platzhalter

Die Verwendung eines Platzhalters bringt verschiedene Vorteile mit sich [15, 21]: Da dem Knochenzement Antibiotika beigemischt werden, können direkt am Ort der Infektion hohe Antibiotikaspiegel erreicht werden, während systemische Nebenwirkungen vermieden werden [17, 34, 60]. Zusätzlich ist bei einer hohen Konzentration an Antibiotika im Knochenzement eine Verkürzung der systemischen antibiotischen Therapie von sechs Monaten auf sechs Wochen möglich [54].

Des Weiteren erhält der Platzhalter den Gelenkspalt und damit die Beinlänge [28, 21, 60]. Dadurch wirkt er einer zu starken Muskelatrophie und Weichteilverkürzung der betroffenen Extremität entgegen [7, 28, 21]. Nicht zuletzt erhöht die Spacerprothese den Komfort des Patienten zwischen den beiden Wechseloperationen.

Verschiedene Platzhaltermodelle sind im Einsatz. Prinzipiell werden einfache starre Monoblockplatzhalter von artikulierenden Spacerprothesen unterschieden. Im Folgenden werden die beiden Spacertypen dargestellt, die im Rahmen dieser Untersuchung einander gegenüber gestellt werden sollen.

Nicht-artikulierender Spacer Die Verwendung nicht-artikulierender Monoblockplatzhalter beim zweizeitigen Wechselverfahren begann in den 80er Jahren und hat sich in den 90er Jahren schnell verbreitet [21]. Ihr Einsatz stellt ein bewährtes Verfahren für das Gelingen einer langfristigen Infektsanierung dar [2, 7, 5, 37, 53, 69].

Nicht-artikulierende Monoblockplatzhalter werden in der Regel aus einem einzigen Block aus Zement hergestellt und in den Gelenkspalt implantiert. Sie führen zu einer temporären kompletten Arthrodese des Kniegelenkes bis zur Reimplantation

der neuen Endoprothese [15]. Eine Abrollbelastung an Unterarmgehstützen ist jedoch möglich. Der Vorteil des nicht-artikulierenden Spacers ist, dass das Kniegelenk zwischen den beiden Wechseloperationen stabilisiert wird und durch die komplette Ruhigstellung eine zügige Wundheilung unterstützt wird [21].

Trotzdem bringt die lange Ruhigstellung des Kniegelenkes erhebliche Nachteile mit sich [15, 34, 43, 47, 49]: Sie verursacht Muskelatrophie und Weichteilkontrakturen [26]. Es entstehen Fibrosierungen des Gelenkes und gelegentlich kommt es zu einem partiellen Knochenverlust, unter anderem durch Migration und Invagination des Spacers in Femur und Tibia [26, 28]. Der immobilisationsbedingte Knochenverlust korreliert mit der Dauer zwischen der ersten Revisionsoperation und der Reimplantationsoperation [12]. Er tritt besonders häufig bei Patienten mit einer langen Zeitspanne zwischen beiden Eingriffen auf [11, 20, 24].

Durch die komplette Ruhigstellung im Kniegelenk sind die Patienten in ihrer Beweglichkeit stark eingeschränkt [31, 47, 50, 60]. Als Spätkomplikationen sind die Entwicklung einer tiefen Beinvenenthrombose sowie einer Lungenembolie aufgrund der langen Immobilisationsphase zu nennen [69, 53]. Die beschriebenen Nachteile eines unbeweglichen Spacers, wie Weichteilkontrakturen und Fibrosierung des Gelenkes, erschweren die folgende Reimplantationsoperation [12, 21, 26, 50] und können das spätere Bewegungsausmaß im Kniegelenk beeinträchtigen [15, 24].

Um den negativen Folgen und Komplikationen einer temporären Kniearthrodese im zweizeitigen Wechselverfahren entgegenzuwirken, wurden mobile Spacerprothesen entwickelt [24, 26].

Mobiler Spacer Ein mobiler Spacer ermöglicht in einem begrenzten Umfang die passive Bewegung des Kniegelenkes. Dadurch ergeben sich einige herausragende Vorteile [41, 49]: Die Kniegelenksfunktion kann zum Teil erhalten bleiben [15, 34]. Während die Patienten mit einem mobilen Spacer zwar ähnlich wie die Patienten mit einem nicht-artikulierenden Spacer nur eine Abrollbelastung an Unterarmgehstützen durchführen dürfen und eine komplette Belastung des Beines vermieden werden soll, ist ihnen im Gegensatz zu den Patienten mit einem starren Spacer die passive Flexion des Kniegelenkes erlaubt [2]. Diese Möglichkeit, das Kniegelenk zwischen beiden Operationen beugen zu können, und dieses nicht, wie bei Verwendung eines starren Spacers für viele Wochen arthrodesiert zu haben, erhöht die Patientenzufriedenheit [15, 34, 35, 47].

Neben einem höheren Patientenkomfort ergeben sich auch funktionelle Vorteile. Es kommt zu einer Verminderung an Muskelatrophie, Bänderverkürzung und Arthrose [64, 26]. Auch der immobilisationsbedingte Knochenverlust fällt durch die Bewegung des Kniegelenkes bis zur Reimplantation geringer aus [17, 20, 21, 24, 34, 31].

Diese Reduktion an Knochenverlust sowie die gute Erhaltung des Weichteilgewebes bei artikulierenden Platzhalterprothesen erleichtern die Reimplantationsoperation im Vergleich zu den herkömmlichen festen Spacerblocks [15, 20, 26, 34]. Daraus kann eine kürzere Operationszeit resultieren, welche von Hofmann et al. [34] als vergleichbar mit einer Endoprothesenprimärimplantation beschrieben wurde. Auch gestaltet sich die frühe Mobilisierung des Kniegelenkes mit der neuen Knieendoprothese einfacher, wodurch die Rehabilitationsphase erleichtert wird [31, 35, 44, 62].

Da artikulierende Spacer die Gefahren und Nachteile eines statischen Platzhalters minimieren oder sogar verhindern, können sie zu einer Verbesserung des funktionel-

len Ergebnisses im Langzeitverlauf führen [15].

Einer der Nachteile einer beweglichen Spacerprothese liegt darin, dass je nach Typus manche der Platzhalter während der Operation modelliert werden müssen, was mit einer steigenden Operationszeit einhergehen kann [26]. Bei zu großzügiger Indikationsstellung besteht die Gefahr mechanischer Komplikationen wie einer Luxation oder auch einer Fraktur der Spacerprothese [10, 12, 49, 62, 64].

Gegenstand aktueller Diskussion ist, ob die Rate an erfolgreicher Infektionssanierung [21, 2, 12] bei Verwendung eines mobilen Platzhalters ebenso hoch ist wie bei Implantation eines nicht-artikulierenden Platzhalters, bei dem das Kniegelenk zur Infektsanierung komplett ruhig gestellt wird.

Trotz der Vorteile der mobilen Spacerprothesen werden neben ihnen weiterhin auch die nicht-artikulierenden Monoblockplatzhalter verwendet. Unter anderem dann, wenn es um die Behandlung von sehr schwachen und multimorbiden Patienten geht [17]. Auch osteoporotische Veränderungen, großer Knochenschaden sowie ein insuffizienter Streckapparat können die Verwendung eines artikulierenden Spacers einschränken [15, 49, 62].

Arthrodesese und Amputation

Nach erfolgreicher Sanierung der Knieendoprotheseninfektion kann bei stark geschädigten Gelenken auch die operative Versteifung des Kniegelenkes durchgeführt werden. Ein Vorteil bei der Arthrodesese ist die meist zügige und effiziente Schmerzlinderung im Kniegelenk. Um aber eine suffiziente Arthrodesensituation herstellen zu können, wird genügend Knochenmaterial benötigt [60]. Dies kann bei manchen

Patienten nach Explantation einer infizierten Knieendoprothese nicht mehr gewährleistet sein. Ein Nachteil dieses Verfahrens stellt für viele Patienten die endgültige Bewegungsunfähigkeit des Kniegelenkes dar [11, 37]. So ist die Arthrodesse vor allem für solche Patienten vorgesehen, bei denen nach Sanierung der Infektion die Implantation einer neuen Knieendoprothese nicht mehr möglich ist [39].

Die Oberschenkelamputation sollte nicht als primäre Therapiealternative des chronischen Knieendoprotheseninfektes gesehen werden [72]. Das funktionelle Ergebnis nach Amputation ist erheblich eingeschränkt [59], so dass dieser Eingriff hauptsächlich bei lebensbedrohlichen Infektionen, sowie bei ausgedehnten Knochen- und Weichteildefekten nötig ist [60, 72].

Zusammenfassung der Therapiemöglichkeiten

Das zweizeitige Wechselverfahren unter Verwendung eines antibiotikahaltigen Spacers ist ein bewährtes und erfolgreich angewandtes Verfahren zur Infektsanierung der periprothetischen Knieendoprotheseninfektion. Es stellt derzeit den Goldstandard zur Behandlung einer chronischen tiefen Knieprotheseninfektion dar [26, 47, 50]. Die Verwendung eines festen Platzhalters wird seit vielen Jahren praktiziert und hat zu guten Ergebnissen geführt. Trotzdem treten auch bei diesem Therapieverfahren verschiedene Probleme auf. Zur Lösung dieser wurde der mobile Spacer als temporärer Platzhalter entwickelt und erfolgreich eingesetzt [26]. Die funktionellen Resultate sind ausgezeichnet [12, 17, 31, 49].

Trotzdem gibt es beim Knieendoprotheseninfekt kein Therapieverfahren, das den anderen in allen Gesichtspunkten überlegen ist [39]. Vielmehr muss die Wahl des geeigneten Therapieverfahrens vom klinischen Gesamtbild abhängig gemacht werden

[34, 43, 52, 60, 62]: Als Kriterien sind unter anderem die Virulenz des Erregers, die Infektionsdauer, sowie die individuellen Patientenfaktoren zu berücksichtigen. Dabei spielen unter anderem das Alter, das Gewicht und Komorbiditäten eine große Rolle [52]. Das für einen bestimmten Patienten erfolgversprechendste Verfahren ist deshalb individuell zu treffen. Im Zweifelsfalle wird ein zusätzlicher Endoprothesenwechsel zum alleinigen radikalen Debridement empfohlen [5, 8].

2 Zielsetzung dieser Arbeit

Die hier vorliegende Arbeit soll die Kniegelenksfunktion nach einem zweizeitigen Wechsel der Knieendoprothese nach einem Knieendoprotheseninfekt untersuchen. Verschiedene Typen an Spacerprothesen werden nach Explantation der infizierten Knieendoprothese implantiert und fungieren während des Zeitraumes der Infektsanierung als Platzhalter. Nicht-artikulierende Monoblockplatzhalter führen zu einer vorübergehenden Gelenkversteifung. Um die dadurch entstehenden Probleme zu lösen, wurden mobile Platzhalter entwickelt.

Gegenstand aktueller Diskussion ist, welche Vorteile der bewegliche Spacer bietet und ob sich möglicherweise Nachteile bei Verwendung des beweglichen Platzhalters ergeben. Im Rahmen dieser Studie sollen die zwei Modelle an Spacern, mobil und nicht-artikulierend, miteinander verglichen werden.

Im ersten Teil der Studie wird die Infekteradikationsrate in der Gruppe der mobilen Platzhalter untersucht und mit der Infekteradikationsrate der Patienten aus der Gruppe der statischen Platzhalter verglichen. Dabei soll der Frage nachgegangen werden, ob trotz erhaltener Bewegung im Kniegelenk eine erfolgreiche Sanierung der periprothetischen Infektion gewährleistet werden kann. Gleichfalls soll festgestellt werden, ob in der Gruppe der mobilen Spacer eine der statischen Gruppe vergleichbar niedrige Rate an Reinfektionen sowie intra- und postoperativen Komplikationen erreicht werden kann. Zusammenfassend soll untersucht werden, ob das zweizeitige Wechselverfahren mit Implantation eines mobilen Platzhalters ein sicheres Therapieverfahren in der Behandlung des alloplastischen Kniegelenksinfektes darstellt.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob Patienten, die mit einer artikulierenden Spacerprothese therapiert werden, postoperativ eine bessere Beweglichkeit im Kniegelenk aufweisen als Patienten, die einen starren Monoblockplatzhalter bis zur Reimplantationsoperation erhalten. Zu verschiedenen Zeitpunkten sollen das maximale Bewegungsausmaß sowie die Flexion im Kniegelenk zwischen den beiden Gruppen verglichen werden.

Insbesondere folgende Fragen sollen in der vorliegenden Untersuchung beantwortet werden:

- Besteht eine vergleichbar gute Infekteradikationsrate zwischen beiden Gruppen an Spacern?
- Haben die Patienten mit einem mobilen Platzhalter ebenso wenige intra- und postoperative Komplikationen sowie Reinfektionen wie die Patienten mit einem arthrodesierenden Platzhalter?
- Ist das maximale Bewegungsausmaß sowie die maximale Flexion in der Gruppe der mobilen Spacer nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese und im Langzeitverlauf besser als in der Gruppe der starren Spacer?
- Ist die Beweglichkeit im Kniegelenk innerhalb einer Spacergruppe unterschiedlich zu den verschiedenen Messzeitpunkten?

3 Material und Methoden

3.1 Datenerfassung

In dieser Studie wurden retrospektiv 37 Patienten mit einer infizierten Knieendoprothese untersucht, die mit einem zweizeitigen Wechselverfahren bis zur Reimplantation der neuen Knieendoprothese stationär behandelt wurden. Dabei erfolgte die Recherche der Daten mit Hilfe des Zentralcomputers des Universitätsklinikums Marburg. Weiterhin wurden die Patientenakten des Archivs der Orthopädischen Klinik ausgewertet und die Beweglichkeit des Kniegelenkes vor Explantation der infizierten Knieendoprothese, nach Implantation der neuen Endoprothese und zu den einzelnen Zeitpunkten der drei darauffolgenden Nachuntersuchungen, durchschnittlich 11, 19 und 34 Wochen nach Implantation der neuen Endoprothese, aufgezeichnet.

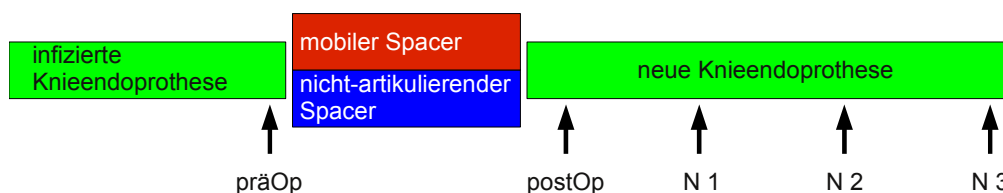


Abbildung 1: Erfasste Untersuchungszeitpunkte der Beweglichkeit im Kniegelenk vor Spacerimplantation (präop), nach Spacerexplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)

Weiterhin konnten aus den Akten ausgesuchte Laborparameter, mikrobiologische Untersuchungsergebnisse aus gewonnenen Gelenkpunktaten und intraoperativ entnommenen Gewebeabstrichen, Röntgenbefunde, sowie Komplikationen und die Reinfektionsrate erfasst werden. Zur Vervollständigung der mikrobiologischen Unter-

suchungsergebnisse wurde Kontakt mit der Mikrobiologie des Universitätsklinikums Marburg aufgenommen und dort noch fehlende Daten erhoben.

3.2 Klinische Daten

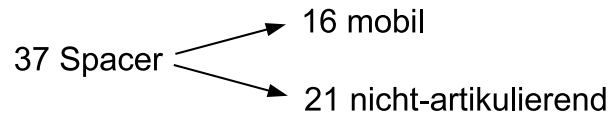
3.2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum zwischen 2001 und 2008 wurden in der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie des Universitätsklinikums Marburg 48 Patienten mit einer infizierten Knieendoprothese mittels eines zweizeitigen Wechselverfahrens bis zur Reimplantation der neuen Endoprothese behandelt. Bei einigen Patienten mit infizierter Knieendoprothese war der Knochendefekt zu ausgedehnt oder die Bänder zu instabil, um einen mobilen Platzhalter implantieren zu können. Sie wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen. Notwendiges Einschlusskriterium war somit für jeden Patienten mit infizierter Knieendoprothese, dass die Knochen- und Bandqualität des Kniegelenkes gut genug sein musste, um sowohl einen beweglichen temporären Spacer implantieren zu können als auch einen starren Monoblockplatzhalter.

Somit wurden in diese Studienpopulation 37 Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum zwischen 2001 und 2008 aufgrund einer infizierten Kniegelenksendoprothese mit einem zweizeitigen Wechselverfahren an der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie des Universitätsklinikums Marburg therapiert wurden und sowohl für einen mobilen wie auch für einen statischen Platzhalter in Frage kamen. In der Folge wurde das Studienkollektiv abhängig vom Spacertyp (mobil/nicht-artikulierend) unterteilt.

Von den 37 in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden 21 Patienten mit einem

nicht-artikulierenden Spacer und 16 Patienten mit einem mobilen Spacer bis zur Implantation der neuen Knieendoprothese behandelt.



Die Gruppe der Patienten, die nach Explantation der infizierten Knieendoprothese einen mobilen Platzhalter erhielten, werden im Folgenden als Gruppe A zusammengefasst, während die Gruppe der Patienten mit einem nicht-artikulierenden Platzhalter als Gruppe B bezeichnet werden.

Die erfasste Patientenpopulation setzte sich aus 20 weiblichen und 17 männlichen Patienten zusammen. In Gruppe A war das Geschlechterverhältnis 1:1, in Gruppe B 1:1,3 mit 9 männlichen Patienten und 12 weiblichen Patienten.

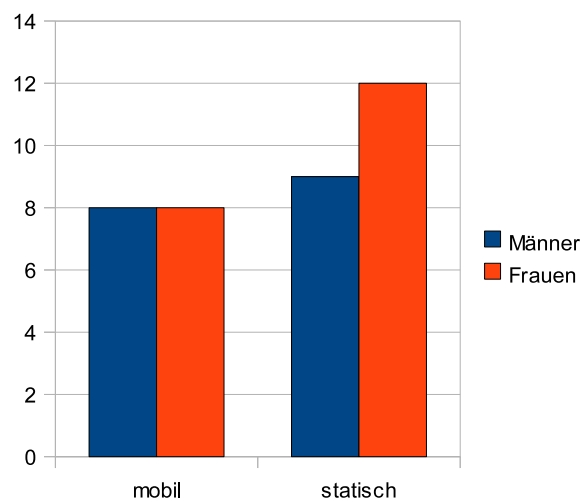


Abbildung 2: Geschlechterverteilung nach Spacertyp

Bei insgesamt 19 Patienten, davon acht Patienten aus Gruppe A und elf Patienten aus Gruppe B, war das rechte Kniegelenk betroffen. Bei 18 Patienten war das

linke Kniegelenk betroffen, aus Gruppe A acht Patienten und aus Gruppe B zehn Patienten.

Tabelle 1: Patientenkollektiv

Spacergruppe	Anzahl	Geschlecht (m/w)	rechtes/linkes Knie
mobil	16	8/8	8/8
statisch	21	9/12	11/10
Gesamt	37	17/20	19/18

3.2.2 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Endoprothesenexplantation lag bei 68 Jahren, in Gruppe A bei 65 Jahren und in Gruppe B bei 71 Jahren, mit einer Standardabweichung von sieben Jahren. In der Gruppe der mobilen Platzhalter war der jüngste Patient 50 Jahre, der älteste Patient 79 Jahre alt. Bei den Patienten der festen Spacergruppe war der jüngste Patient 54 Jahre, der älteste Patient 83 Jahre alt. Die mittlere Altersdifferenz zwischen beiden Gruppen lag bei sechs Jahren.

Tabelle 2: Altersverteilung in Jahren

Spacergruppe	mittleres Alter	Standardabweichung	Minimum	Maximum
mobil	64.6	6.9	50.1	79.4
statisch	70.6	6.7	54.3	83.0
Gesamt	68.0	7.3	50.1	83.0

3.2.3 Diagnose der Knieendoprotheseninfektion

Um die Diagnose der Knieendoprotheseninfektion zu sichern, wurden mehrere Parameter betrachtet. Bei den 37 in die Studie eingeschlossenen Patienten war die

Erhebung einer ausführlichen Anamnese ebenso Standard wie die anschließende klinische Untersuchung. Starke Schmerzen, Rötung und Schwellung im Bereich des Implantats waren häufig vorhanden und trugen somit zur Diagnosefindung der Endoprotheseninfektion bei.

Weiterhin wurden bei allen 37 in die Studie eingeschlossenen Patienten die laborchemischen Entzündungsparameter erfasst. Im Vordergrund standen hierbei die pathologische Erhöhung des C-reaktiven Proteins, sowie der Leukozytenzahl. Das C-reaktive Protein stellt einen wichtigen Parameter zur Diagnostik und Verlaufsbeurteilung von Entzündungen und Infektionen dar und konnte so zur Diagnosestellung einer tiefen Endoprotheseninfektion beitragen. Ergänzend dazu wurden die im Labor bestimmten Leukozytenwerte betrachtet. Sie konnten ebenfalls als Hinweis für eine ablaufende Infektion bei unseren Patienten herangezogen werden.

Die bei allen Patienten präoperativ durchgeführten Kniegelenkspunktionen lieferten wichtige Ergebnisse in Hinblick auf eine Knieendoprotheseninfektion. Eine positive Bakteriologie hilft nicht nur bei der Sicherung der Diagnose, sondern auch bei der Wahl einer geeigneten antibiotischen Therapie. Des Weiteren gingen bei einem Teil der Patienten der Endoprothesenexplantationsoperation eine oder mehrere Operationen voraus. Hierbei konnten Abstriche für die mikrobiologische Untersuchung gewonnen werden.

Ergänzt wurden diese Untersuchungsergebnisse durch die während der Explantationsoperation intraoperativ entnommenen Gewebeabstriche. Deren mikrobiologisches Ergebnis hatte einen hohen Stellenwert in der Diagnosesicherung einer tiefen Knieendoprotheseninfektion.

3.2.4 Standzeit der ursprünglichen Knieendoprothese

Die mittlere Standzeit der Knieendoprothesen bis zur infektbedingten Explantationsoperation belief sich auf einen Zeitraum zwischen sechs Tagen und 17,8 Jahren. Insgesamt lag sie bei durchschnittlich 2,1 Jahren, in Gruppe A bei 2,5 Jahren und in Gruppe B bei 1,3 Jahren.

Tabelle 3: Standzeit der Knieendoprothesen in Jahren

Spacergruppe	Standzeit der Knieendoprothesen
mobil	2,5
statisch	1,3
Gesamt	2,1

3.2.5 Explantation der infizierten Knieendoprothese

Bei allen 37 in die Studie eingeschlossenen Patienten wurde zur Sanierung ihrer infizierten Knieendoprothese ein zweizeitiges Vorgehen durchgeführt. Die Wahl des Platzhaltertyps, mobil oder nicht-artikulierend, wurde intraoperativ durch den operierenden Arzt getroffen. Dabei wurden die Platzhalter individuell während der Operation angefertigt und bestanden aus Gentamycinhaltigem Knochenzement. Bei manchen Patienten wurde dem Knochenzement zusätzlich Vancomycin beigemischt.

Im Rahmen der ersten Wechseloperation erfolgte bei allen Patienten die Explantation der infizierten Knieendoprothese sowie ein radikales chirurgisches Debridement mit Entfernung von nekrotischem Gewebe und Entzündungsgewebe. Bei allen Patienten wurden Gewebeabstriche entnommen und mehrere Proben zur mikrobiologischen Untersuchung gegeben. Im Anschluss wurde eine gründliche Jetlavage mittels Lavasept durchgeführt.

Bei 16 Patienten wurde dann ein mobiler, zweiteiliger Platzhalter (Abbildung 3) implantiert. Hierbei erfolgte zunächst die Größenbestimmung für Femur und Tibia und die entsprechenden Formen für die artikulierenden Zementspacer wurden herausgesucht. Der flüssige Knochenzement wurde anschließend in die verschieden großen, vorgefertigten Silikonformen (Fa. Biomet, Warsaw, IN) gegossen und ausgehärtet. Nach Aushärtung wurde er aus den Formen genommen und mittels einer dünnen Schicht flüssigen Knochenzements im Gelenk befestigt. Nach Aushärtung des Zements konnte intraoperativ die Funktion im Kniegelenk überprüft werden.



Abbildung 3: Nativradiologisches Bild eines linken Kniegelenkes nach Explantation der infizierten Knieendoprothese und Implantation eines mobilen Platzhalters.

Bei 21 Patienten wurde ein arthrodesierender Platzhalter (Abbildung 4) implantiert. Lange, feste Metallstäbe wurden in den Markkanal von Femur und Tibia eingebracht und der gentamycinhaltige Knochenzement per Hand zu einem einzigen Block ge-

formt. Noch während er teigig war, wurde er in den Gelenkspalt eingebracht. Dadurch entstand eine funktionelle Kniegelenksarthrodese.



Abbildung 4: Nativradiologisches Bild eines linken Kniegelenkes nach Explantation der infizierten Knieendoprothese und Implantation eines nicht-artikulierenden Platzhalters.

Um postoperative Hämatombildung zu verhindern wurden bei allen Patienten Redondrainagen eingelegt und anschließend die Wunde verschlossen. Die bei den Patienten des Studienkollektivs eingelegten Redondrainagen förderten im Durchschnitt 667 ml Blut, in Gruppe A 725 ml und in Gruppe B 626 ml.

Bei allen Patienten des Studienkollektivs wurde direkt postoperativ die frühe Mobilisation unter Anleitung der Physiotherapeuten der Orthopädischen Klinik angestrebt. Für Patienten aus beiden Gruppen war die Abrollbelastung mittels Unterarmgehstützen erlaubt. Die Vollbelastung des betroffenen Beines war jedoch für keine der beiden Studiengruppen möglich. Bei Patienten aus Gruppe B war durch

die arthrodesierende Spacerprothese keinerlei Bewegungsmöglichkeit im Kniegelenk gegeben, während bei den Patienten aus Gruppe A durch ihre mobile Spacerprothese die Beweglichkeit im Kniegelenk weniger eingeschränkt war.

Das weitere Vorgehen war abhängig vom Zustand der Wunde und den umgebenden Weichteilverhältnissen. In der Regel bestand die Nachbehandlung der Patienten mit einer beweglichen temporären Spacerprothese aus einem frühen Bewegungsprogramm. Es wurde bei diesen Patienten bereits am ersten postoperativen Tag mit kontinuierlichen passiven Bewegungsübungen begonnen. Mit Hilfe einer CPM Schiene und unter physiotherapeutischer Anleitung war die passive Flexion des Kniegelenkes bis 60° erlaubt.

Im weiteren Verlauf erhielten alle Patienten des Studienkollektivs mindestens fünf Wochen lang eine Kombination aus zwei Antibiotika. Die antibiotische Therapie erfolgte zunächst empirisch und wurde bei Erhalt des Antibiogramms, gewonnen durch das Keimspektrum der intraoperativ entnommenen Gewebeabstriche, angepasst. Nach Abklingen des Infektgeschehens wurde die Antibiotikatherapie abgesetzt. Bei allen Patienten wurde eine Thromboseprophylaxe durchgeführt. Des Weiteren fand bei allen Patienten eine regelmäßige Kontrolle der Infektparameter statt.

Für die Beurteilung des Wundgebiets wurde eine sorgfältige Wundinspektion durchgeführt. Es galt zu prüfen, ob die Wunde reizlos, gerötet oder überwärmt ist, das Weichteilgewebe geschwollen ist oder ob ein Gelenkerguß vorliegt. Des Weiteren wurde die Wundsekretion beobachtet und auf Komplikationen in der Wundheilung geachtet. Bei allen Patienten wurden nach beiden Wechseloperationen Röntgenaufnahmen durchgeführt. Hierbei konnte die korrekte Lage des Platzhalters und nach der zweiten Wechseloperation die korrekte Lage der neuen Knieendoprothese beur-

teilt werden. Bei reizlosen Wundverhältnissen konnten die Patienten in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden.

3.2.6 Reimplantation der neuen Knieendoprothese

Wenn die antibiotische Therapie seit mindestens einer Woche abgesetzt war, stellten sich die Patienten zur erneuten Kniegelenkspunktion vor. Hierbei wurde Gelenksflüssigkeit aspiriert und auf das Fehlen von Infektionszeichen sowie Keimfreiheit überprüft. Bei insgesamt 33 Patienten, 16 Patienten aus Gruppe A und 17 Patienten aus Gruppe B, konnten die Untersuchungsbefunde einer oder mehrerer Gelenkspunktionen vor der Reimplantation der neuen Knieendoprothese erfasst werden.

Zudem wurde bei allen Patienten das betroffene Kniegelenk auf Infektionszeichen hin untersucht sowie auf den Rückgang der serologischen Entzündungsparameter, C-reaktives Protein und Anzahl der Leukozyten, geachtet. Lag eine präoperative Gelenkspunktion ohne Nachweis von Bakterien in der mikrobiologischen Kultur vor und präsentierte sich das Weichteilgewebe ohne klinischen Hinweis auf eine persistierende Infektion, konnte die Reimplantationsoperation durchgeführt werden.

Diese bestand bei allen Patienten aus der Explantation des Platzhalters und der Reimplantation einer neuen Knieendoprothese. Bei 14 der 37 Patienten, die sich zur zweiten Wechseloperation in unserer Klinik vorstellten, wurde eine totale Knieendoprothese vom Typ Link St. Georg (WALDEMARLINK GmbH & Co. KG, Hamburg) implantiert. Bei 13 Patienten war das neue Implantat eine Endoprothese des Typ Genesis II Condylar Constrained (Smith & Nephew, Schenefeld, Deutschland) und bei 8 Patienten der Typ RT-Solution (Smith & Nephew, Schenefeld, Deutschland). Bei 2 Patienten konnte der Knieendoprothesentyp nicht eruiert

werden.

Tabelle 4: Neu implantierter Knieendoprothesentyp

Spacergruppe	Link	Genesis	RT-Solution	Sonstige
mobil	0	8	7	1
statisch	14	5	1	1
Gesamt	14	13	8	2

Ebenso wie bei der ersten Wechseloperation wurden auch bei der Reimplantationsoperation intraoperativ Gewebeabstriche entnommen und zur mikrobiologischen Untersuchung gegeben. Dadurch konnte die erfolgreiche Infekteradikation gesichert werden beziehungsweise bei positivem Keimnachweis frühzeitig mit einer entsprechenden Antibiotikatherapie gemäß Resistogramm begonnen werden.

Nach der Reimplantationsoperation erfolgte standardisiert eine frühe Mobilisierung aller Patienten. Es wurde eine intensive krankengymnastische Beübung unter physiotherapeutischer Anleitung durchgeführt. Bei unauffälligen Wundverhältnissen konnten die Belastung des Beines und das Bewegungsausmaß im Kniegelenk schrittweise gesteigert werden. Regelmäßige Wundkontrollen wurden bei allen Patienten durchgeführt und klinisch und röntgenologisch die korrekte Lage der Knieendoprothese überprüft.

3.2.7 Nachuntersuchungszeitraum

Die erste Nachuntersuchung in der Orthopädischen Klinik nach der Reimplantation der neuen Endoprothese erfolgte nach durchschnittlich 10,7 Wochen, in der Gruppe der mobilen Spacer nach durchschnittlich 9,9 Wochen und in der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter nach durchschnittlich 11,3 Wochen.

Zur zweiten Nachuntersuchung stellten sich die Patienten nach durchschnittlich 19,4 Wochen vor, Patienten aus Gruppe A nach 17,7 Wochen und Patienten aus Gruppe B nach 20,6 Wochen. Der Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung fand im Durchschnitt 33,7 Wochen nach der Reimplantation der neuen Knieendoprothese statt, in Gruppe A nach 39,6 Wochen und in Gruppe B nach 31,3 Wochen.

Tabelle 5: Nachuntersuchungszeitraum in Wochen

Spacergruppe	Nachuntersuchung 1	Nachuntersuchung 2	Nachuntersuchung 3
mobil	9,9	17,7	39,6
statisch	11,3	20,6	31,3
Gesamt	10,7	19,4	33,7

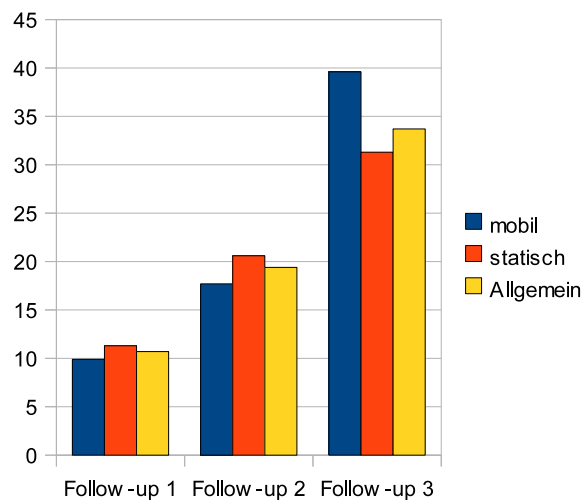


Abbildung 5: Nachuntersuchung in Wochen

Die zu den einzelnen Zeitpunkten in der Orthopädischen Klinik erhobenen Untersuchungsbefunde beinhalteten insbesondere das Bewegungsausmaß der Patienten in beiden Gruppen, die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse, die serologischen Entzündungsparameter, sowie Komplikationen und Reinfektionen.

3.2.8 Bewegungsumfang

Die Bestimmung der Kniegelenksbeweglichkeit zu den verschiedenen Zeitpunkten erfolgte nach der Neutral-Null-Methode. Dabei gibt die Flexion die maximale Beugung und die Extension die maximale Streckbarkeit im Kniegelenk an. Das ROM (range of motion) beschreibt das maximal mögliche Bewegungsausmaß des Gelenkes. Bei Vorhandensein eines Nulldurchganges weist dieses auf ein Streckdefizit im betreffenden Gelenk hin. Das normale Bewegungsausmaß bei einem gesunden Kniegelenk beträgt Flexion/Extension $140\text{-}160^\circ/0^\circ/0^\circ$.

Die Kniegelenksfunktion wurde in beiden Studiengruppen präoperativ vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese, zum Zeitpunkt der Entlassung nach Reimplantation der neuen Knie totalendoprothese und zu drei darauf folgenden Nachuntersuchungen in der Klinik für Orthopädie des Universitätsklinikums Marburg bestimmt (Abbildung 1). Zur Gegenüberstellung der Kniegelenksfunktion zwischen beiden Studiengruppen wurde das maximale Bewegungsausmaß als ROM sowie die maximal mögliche Flexion im betreffenden Kniegelenk herangezogen.

3.3 Statistische Auswertung

Die gewonnenen Daten wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel erfasst. Hiermit wurden die Mittelwerte und Standardabweichungen der einzelnen Messgrößen berechnet und zum Teil graphisch dargestellt.

Die Messwerte zur Kniegelenksbeweglichkeit wurden zusätzlich mithilfe des Statistikprogramms SPSS 15.0 (IBM) genauer untersucht.

Zum Vergleich der beiden Gruppen A und B zu den verschiedenen Zeitpunkten wurden bei einem T-Test für unabhängige Stichproben der Mittelwert, die Standardabweichung und der Standardfehler des Mittelwertes berechnet.

Weiterhin wurde untersucht, ob die Messwerte in der Kniegelenksbeweglichkeit zu einem Untersuchungszeitpunkt von einer der beiden Gruppen statistisch signifikant von denen der anderen Gruppe abweichen. Dazu wurde ein zweiseitiger T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurde mit Hilfe eines Levene-Tests unterschieden, ob die Varianz der Gruppen mobil und nicht-artikulierend signifikant unterschiedlich sind.

Der Vergleich der Kniegelenksbeweglichkeit innerhalb beider Gruppen wurde mit Hilfe des oneway-ANOVA-Tests durchgeführt. Für alle Hypothesentests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Standzeit der Platzhalter und Krankenhausaufenthaltsdauer postoperativ

Die Reimplantationsoperation fand im Durchschnitt nach 14,0 Wochen (4,1 - 41,3 Wochen) statt und lag damit in einem ähnlichen Zeitraum wie von anderen Autoren beschrieben [2, 28, 34, 43]. Die mittlere Standzeit der mobilen Spacerprothesen betrug in dieser Untersuchung 10,3 Wochen, in der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter betrug sie 16,9 Wochen (Tabelle 6).

Tabelle 6: Standzeit des Spacers in Wochen

Spacergruppe	Standzeit des Spacers
mobil	10,3
statisch	16,9
Gesamt	14,0

Der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt nach Explantation der infizierten Knieendoprothese lag bei durchschnittlich 16 Tagen, in der Gruppe der mobilen Spacer bei durchschnittlich 13 Tagen und in der Gruppe der festen Spacer bei durchschnittlich 17 Tagen (Tabelle 7). Die Krankenhausaufenthaltsdauer nach Reimplantation der neuen Knietotalendoprothese betrug durchschnittlich 17 Tage. Patienten aus der Gruppe der beweglichen Platzhalter wurden nach durchschnittlich 16 Tagen und Patienten aus der Gruppe der festen Platzhalter nach durchschnittlich 17 Tagen postoperativ entlassen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Krankenhausaufenthaltsdauer postoperativ in Tagen

Spacergruppe	nach Spacerimplantation	nach Spacerexplantation
mobil	13	16
statisch	17	17
Gesamt	16	17

4.2 Keime und Infektionen

4.2.1 Keimnachweis vor Explantation der infizierten Knieendoprothese

Um die Diagnose einer Knieendoprotheseninfektion zu stellen, spielten neben den klinischen Untersuchungsergebnissen die präoperativ durchgeführten Kniegelenkspunktionen eine bedeutende Rolle. Die erhaltene Kniegelenksflüssigkeit sowie die Gewebeabstriche, wenn eine Revisionsoperation vorausgegangen war, wurden zur mikrobiologischen Untersuchung gegeben und dort Kulturen angesetzt. Ein positiver Keimnachweis konnte dann zur Diagnosestellung beitragen.

In 18 von 37 Fällen (48,7 %) konnten bereits vor Explantation der infizierten Knieendoprothese Keime nachgewiesen werden, zum einen im Rahmen der präoperativ durchgeführten Kniegelenkspunktionen zum anderen im Rahmen von Gewebeabstrichen aus vorangegangener Revisionsoperation (Tabelle 8). In Gruppe A war ein Keimnachweis in 6 von 16 Fällen (37,5 %) möglich, in Gruppe B in 12 von 21 Fällen (57,1 %).

Bei insgesamt 19 Patienten, zehn Patienten aus Gruppe A (62,5 %) und neun Patienten aus Gruppe B (42,9 %), gelang kein Keimnachweis vor Explantation der infizierten Knieendoprothese.

Tabelle 8: Keimspektrum vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese aus gewonnenem Gelenkpunktat oder Gewebeabstrich aus vorangegangener Revisionsoperation; Staph: Staphylokokken

Keim	Gesamt	Gruppe A		Gruppe B	
	Anzahl	Anzahl	rel. Anteil	Anzahl	rel. Anteil
positiv	18	6	37,5 %	12	57,1 %
negativ	19	10	62,5 %	9	42,9 %
Staph epidermidis	6	2	12,5 %	4	19,0 %
Staph aureus	6	1	6,3 %	5	23,8 %
Staph species	5	2	12,5 %	3	14,3 %
grampositive Kokken	3	1	6,3 %	2	9,5 %
andere	2	1	6,3 %	1	4,8 %

In dieser Untersuchung konnte präoperativ in sechs Fällen *Staphylococcus epidermidis* nachgewiesen werden (Tabelle 8). Zwei Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer und vier Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer wiesen diesen Keim auf.

Gleich häufig konnte in diesem Studienkollektiv das Bakterium *Staphylococcus aureus* angezüchtet werden. In der Gruppe der mit einer beweglichen Spacerprothese behandelten Patienten wurde *Staphylococcus aureus* ein Mal angezüchtet, in der Gruppe der mit einer nicht-artikulierenden Spacerprothese behandelten Patienten wurde es fünf Mal angezüchtet.

Weitere Staphylokokkenarten sind bei zwei Patienten aus Gruppe A und drei Patienten aus Gruppe B nachgewiesen worden. Drei Mal wurden nicht näher klassifizierte grampositive Kokken gefunden, ein Mal bei einem Patienten aus Gruppe A und zwei Mal bei Patienten aus Gruppe B. Die übrigen zwei positiven Keimnachweise waren zum einen *Escherichia coli* bei einem Patienten, der im Folgenden mit einem nicht-artikulierenden Spacer behandelt wurde, sowie grampositive Stäbchenbakterien bei einem Patienten, der zur Infekteradikation einen mobilen Spacer zwischen

den beiden Wechseloperationen bekam.

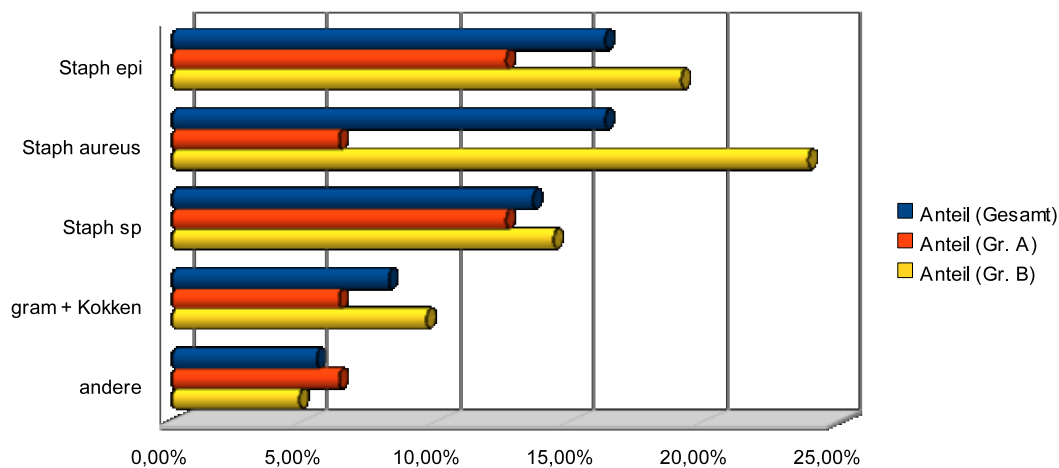


Abbildung 6: Keimspektrum vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese

4.2.2 Keimnachweis bei Explantation der infizierten Knie totalendoprothese

Wenn man die Untersuchungsergebnisse aus der Mikrobiologie zusammenfasst, konnten in 22 Fällen (59,5 %) Keime, entweder präoperativ oder aus den intraoperativ zum Zeitpunkt der Explantation der infizierten Knie totalendoprothese entnommenen Gewebeabstrichen, nachgewiesen werden (Tabelle 9). Bei 15 Patienten (40,5 %) des Studienkollektivs konnten keine Keime angezüchtet werden.

Tabelle 9: Keimnachweis präoperativ und intraoperativ bei der Explantation der infizierten Knieendoprothese

Keim	Gesamt		Gruppe A		Gruppe B	
	Anzahl	rel. Anteil	Anzahl	rel. Anteil	Anzahl	rel. Anteil
positiv	22	59,5 %	7	43,8 %	15	71,4 %
negativ	15	40,5 %	9	56,3 %	6	28,6 %

Eine Keimanzüchtung wurde bei sieben Patienten aus der Gruppe der mobilen Platzhalter und bei 15 Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter beobachtet. Die Diagnosesicherung mittels mikrobiologischer Untersuchungsergebnisse gelang in Gruppe A bei 43,8 % der Patienten und in Gruppe B bei 71,4 % der Patienten innerhalb ihrer Gruppe (Abbildung 7).

Bei neun Patienten (56,3 %), die in der Folge mit einem mobilen Spacer behandelt wurden, und bei sechs Patienten (28,6 %), die anschließend mit einem nicht-artikulierenden Spacer therapiert wurden, konnte in der Mikrobiologie kein bakterielles Wachstum beobachtet werden (Abbildung 7).

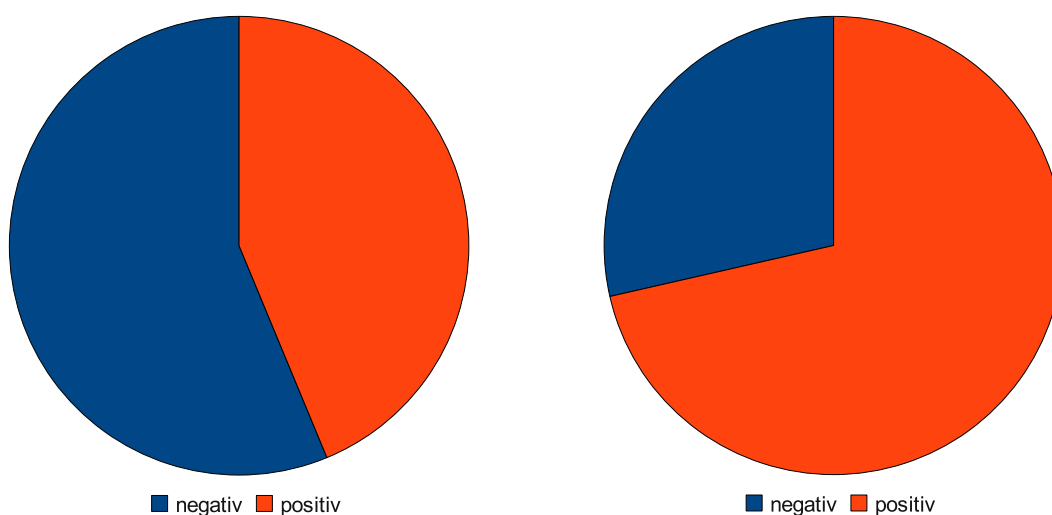


Abbildung 7: Keimnachweis präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Knieendoprothese; Links: Gruppe A, rechts: Gruppe B.

In ein paar Fällen lag eine Mischinfektion vor. Bei zwei Patienten aus der Gruppe der mobilen Platzhalter und sechs Patienten aus der Gruppe der festen Platzhalter konnten gleichzeitig mehrere Keime angezüchtet werden (Tabelle 10). In den restlichen 14 Fällen lag eine Einzelinfektion vor, bei fünf Patienten aus Gruppe A und

neun Patienten aus Gruppe B.

Tabelle 10: Keimverteilung präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Kniotalendoprothese; Staph: Staphylokokken.

Keim	Gesamt	Gruppe A		Gruppe B	
	Anzahl	Anzahl	rel. Anteil	Anzahl	rel. Anteil
Staph epidermidis	10	3	18,8 %	7	33,3 %
Staph aureus	7	1	6,3 %	6	28,6 %
Staph species	7	2	12,5 %	5	23,8 %
grampositive Kokken	6	2	12,5 %	4	19,1 %
andere	2	1	6,3 %	1	4,8 %
Einzelinfektion	14	5	31,3 %	9	42,9 %
Mischinfektion	8	2	12,5 %	6	28,6 %

Staphylococcus epidermidis war bei zehn Patienten angezüchtet worden, bei drei Patienten aus Gruppe A und sieben Patienten aus Gruppe B (Tabelle 10). Mit 18,8 % in der Gruppe der Patienten mit einer beweglichen Spacerprothese und 33,3 % in der Gruppe der Patienten mit einem nachfolgend nicht-artikulierenden Spacer war er somit sowohl in Gruppe A als auch in Gruppe B der am häufigsten vertretene Keim.

Ihm folgten Staphylococcus aureus und weitere Staphylokokkenarten, die jeweils sieben Mal angezüchtet werden konnten. In der Gruppe der mobilen Platzhalter wurde Staphylococcus aureus ein Mal und in der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter sechs Mal kulturell angezüchtet. Zwei Fälle an anderen Staphylokokkenarten traten in Gruppe A und fünf Fälle in Gruppe B auf.

Weitere grampositive Kokkenbakterien wurden in sechs Fällen nachgewiesen, zwei Mal in Gruppe A und vier Mal in Gruppe B. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel erwähnt, wies ein Patient mit einer anschließend mobilen Spacerprothese grampositive Stäbchenbakterien und ein Patient mit einer nachfolgend starren Spacerprothese

Escherichia coli auf. Insgesamt war die Keimverteilung in beiden Gruppen ähnlich.

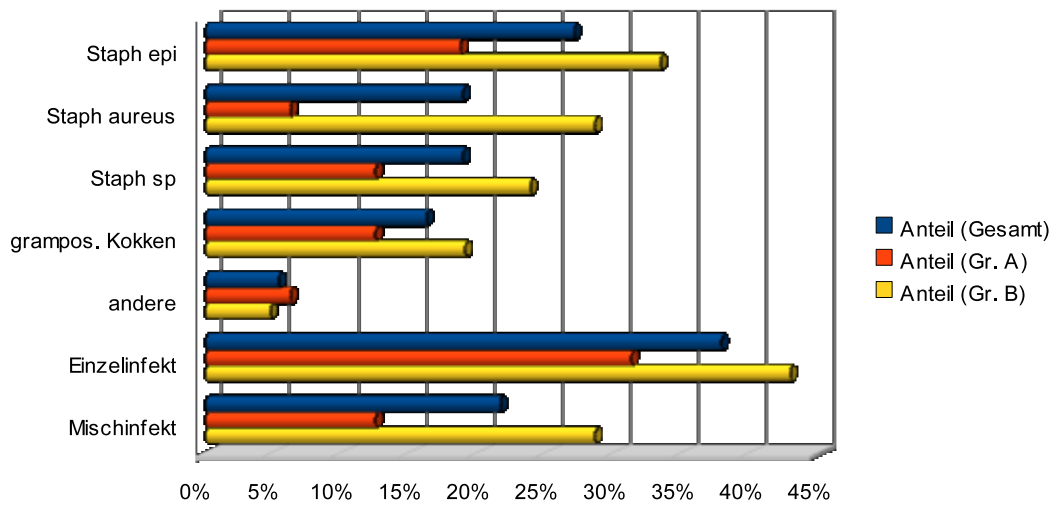


Abbildung 8: Keimverteilung präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Knie totalendoprothese; Staph: Staphylokokken.

4.2.3 Keimnachweis bei Reimplantation der neuen Knie totalendoprothese

Vor der Reimplantationsoperation konnten bei 33 Patienten die Untersuchungsbe- funde aus den präoperativ durchgeführten Kniegelenkspunktionen erfasst werden. Bei allen Patienten waren eine oder mehrere der vor der Reimplantationsoperati- on durchgeführten Kniegelenkspunktionen keimfrei (Tabelle 11). Bei insgesamt vier Patienten, alle aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter, konnten der Zeitpunkt sowie das Ergebnis einer vor der Reimplantation durchgeführten Gelenk- punktion nicht eruiert werden.

Tabelle 11: Keimnachweis aus der Kniegelenkspunktion vor Reimplantation der neuen Knieendoprothese

	mobil	statisch	Gesamt
Keimnachweis negativ	16	17	33
Keimnachweis positiv	0	0	0
nicht eruierbar	0	4	4

Bei der Reimplantation der neuen Knieendoprothese erfolgte ein erneuter Keimnachweis (Tabelle 12). Die zu diesem Zeitpunkt gewonnenen Gewebeabstriche dienten dazu, die sichere Infekteradikation im Kniegelenk nachzuweisen, sowie für den Fall der positiven Keimanzüchtung umgehend eine entsprechende Antibiotikatherapie einzuleiten.

Tabelle 12: Keimnachweis bei der Reimplantationsoperation

Keim	Gesamt	Gruppe A		Gruppe B	
	Anzahl	Anzahl	rel. Anteil	Anzahl	rel. Anteil
positiv	1	0	0 %	1	4.8 %
negativ	33	14	87,5 %	19	90.5 %
nicht eruierbar	3	2	12,5 %	1	4.8 %
Gesamt	37	16	100 %	21	100 %

Bei einem Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter konnten aus den intraoperativ gewonnenen Gewebeabstrichen Bakterien kultiviert werden. Hierbei handelte es sich um Staphylokokken, welche mit Cephalosporinen erfolgreich behandelt werden konnten. In der Gruppe der mobilen Platzhalter konnte aus keinem der entnommenen Gewebeabstriche ein Keimnachweis beobachtet werden (Tabelle 12).

Bei weiteren drei Patienten, zwei Patienten aus Gruppe A und ein Patient aus

Gruppe B, konnten die Befunde der intraoperativen Gewebeabstriche retrospektiv nicht mehr eruiert werden (Tabelle 12).

Bei den verbleibenden 33 Patienten, 14 Patienten aus der Studiengruppe mit den mobilen Spacern sowie 19 Patienten aus der Studiengruppe mit den nicht-artikulierenden Spacern, konnten aus den intraoperativ gewonnenen Gewebeabstrichen keine Keime angezüchtet werden (Tabelle 12).

4.2.4 Reinfektionen und Komplikationen

Im weiteren Verlauf stellten sich die Patienten zu den einzelnen Nachuntersuchungen in der Orthopädischen Klinik vor. Das Kniegelenk wurde dann auf Funktionalität, Bewegungsausmaß sowie eventuell bestehende Schmerzen hin untersucht. Ein besonderes Augenmerk galt den Wundverhältnissen und dem frühen Erkennen von Komplikationen oder einer Reinfektion der implantierten Knieendoprothese.

Reinfektion

Bis zum letzten erfassten Untersuchungszeitpunkt nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese wiesen in dieser Studienpopulation drei Patienten, alle aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter, eine erneute Infektion ihrer Knieendoprothese auf. Bei einer weiteren Patientin, aus der Gruppe der mobilen Spacer, war durch eine prolongierte Wundsekretion ein erneuter operativer Eingriff notwendig. Der Übersicht halber sind diese vier Patienten im Folgenden durchnummeriert und werden im Einzelnen kurz beschrieben.

Tabelle 13: Patienten mit einer Reinfektion der neuen Knieendoprothese

Nr.	Gruppe	Geschl.	Alter	Keimnachweis (Reimplantation)	Procedere	Zeitpunkt
1	B	w	64.3	nein	Revision	Nachunters. 2
2	B	w	61.8	unbekannt	Arthrodesse	Nachunters. 1
3	B	m	77.8	nein	Explantation der Prothese	Nachunters. 3
4	A	w	70.5	unbekannt	Spülung und Debridement	post reim- plantationem

Bei Patientin 1 war aus den intraoperativ, bei Implantation der starren Spacerprothese, gewonnenen Gewebeabstrichen ein Keimnachweis möglich gewesen. Staphylokokken waren angezüchtet worden. Nach erfolgreicher Infekteradikation konnte 19 Wochen später die Reimplantation einer neuen Knietotalendoprothese durchgeführt werden. Anfangs hatte die Patientin Wundheilungsstörungen mit Entleerung von Wundsekret. Als sich diese gebessert hatten, konnte die Patientin nach Hause entlassen werden.

Nach acht Wochen stellte sich die Patientin zur ersten Nachuntersuchung in der Orthopädischen Klinik des Universitätsklinikums Marburg vor. Zu diesem Zeitpunkt zeigte sich erneut eine sezernierende Wunde. Bei der nächsten Vorstellung der Patientin, weitere drei Wochen später, wurde unter der Annahme eines chronischen Kniegelenksinfektes eine Revision der Knietotalendoprothese durchgeführt.

Bei Patientin 2 wurde die infizierte Knieendoprothese explantiert und zur Sanierung der periprotetischen Infektion ein nicht-artikulierender Platzhalter implantiert. Aus den entnommenen Gewebeabstrichen konnten keine Keime angezüchtet werden. Nach keimfreier Kniegelenkspunktion erfolgte insgesamt 16 Wochen nach der ersten Wechseloperation die Reimplantation der neuen Knieendoprothese. Der

mikrobiologische Befund der intraoperativ gewonnenen Gewebeabstriche war nicht eruiert. Mit reizloser Narbe konnte die Patientin am 14. postoperativen Tag nach Hause entlassen werden. Sie war zu diesem Zeitpunkt subjektiv beschwerdefrei.

18 Wochen nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese stellte sich die Patientin zur Nachuntersuchung in unserer Klinik für Orthopädie vor. Dabei präsentierte sich ihr Kniegelenk mit einer Wundheilungsstörung. Eine Infektion der neuen Knieendoprothese mit multi-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) konnte nachgewiesen werden. Nach Sanierung des periprothetischen Kniegelenksinfektion musste bei der Patientin eine Arthrodesese des Kniegelenkes durchgeführt werden.

Vor Explantation der infizierten Knieendoprothese war beim dritten Patienten *Staphylococcus aureus* nachgewiesen worden. Zur Infektsanierung erhielt er einen nicht-artikulierenden Spacer und nach drei keimfreien Kniegelenkspunktionen wurde bei ihm die Reimplantation einer neuen Knieendoprothese durchgeführt. Die intraoperativ entnommenen Gewebeabstriche lieferten keinen Keimnachweis und so konnte der Patient fast fünf Wochen später nach Hause entlassen werden. Bei den darauf folgenden Nachuntersuchungen in unserer Orthopädischen Klinik wurde ein erneuter Knieendoprotheseninfekt mit Nachweis von Staphylokokken (29 Wochen nach Implantation der Endoprothese) festgestellt. Da der Infekt mit einer antibiotischen Therapie alleine nicht zu kontrollieren war, musste die neue Knieendoprothese ungefähr ein Jahr nach ihrer Implantation wieder explantiert werden.

Auch bei der vierten Patientin war *Staphylococcus aureus* nachgewiesen worden, sowohl in der präoperativ durchgeführten Kniegelenkspunktion als auch aus den intraoperativ entnommenen Gewebeabstrichen. Nach Explantation ihrer infizierten Knieendoprothese erhielt die Patientin einen mobilen Spacer und wurde nach keim-

freier Kniegelenkspunktion zehn Wochen später der zweiten Wechseloperation zugeführt. Aufgrund starker Wundsekretion wurde am 17. postoperativen Tag eine Kniegelenksspülung und ein ausgiebiges Debridement durchgeführt. Nach insgesamt sieben Wochen konnte die Patientin nach Hause entlassen werden. Sie stellte sich regelmäßig, neun Wochen, 23 Wochen und 19 Monate nach Reimplantation zur Nachuntersuchung in unserer Klinik vor. Innerhalb dieses Zeitraums bestanden bis zu ihrer letzten erfassten Nachuntersuchung gute Wundverhältnisse mit reizloser Narbe und fehlendem Gelenkerguß. Zu keiner Zeit bestanden erneute Infektionszeichen ihrer Knieendoprothese.

Bei den übrigen 33 Patienten dieser Studienpopulation, 15 Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer und 18 Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer, trat keine Reinfektion der implantierten Knieendoprothese auf.

Intra- und postoperative Komplikationen

Bei allen 37 Patienten des Studienkollektivs wurden neben der Reinfektion auch andere intra- und postoperative Komplikationen erfasst. Bei Explantation der infizierten Knieendoprothese und Implantation des Platzhalters traten bei keinem der Patienten Komplikationen auf. Auch der weitere postoperative Verlauf gestaltete sich bei allen Patienten komplikationslos.

Bei Reimplantation der neuen Knieendoprothese wurde die Quadricepssehne bei einem Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter verletzt. Um die Kontinuität des Streckapparates im Kniegelenk wiederherzustellen, wurde sie intraoperativ rekonstruiert. Bei keinem weiteren Patienten traten intraoperativ Komplikationen auf.

Allerdings hatte ein Patient aus der Gruppe der festen Platzhalter direkt postoperativ, nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese, eine fulminante Lungenembolie bei tiefer Beinvenenthrombose. Er wurde sofort auf eine Intensivstation in der Klinik verlegt. Drei Wochen später konnte er in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden. Ansonsten traten keine weiteren postoperativen Komplikationen bei diesem Studienkollektiv auf.

4.3 Wundheilung und Röntgenbefundung

4.3.1 Wundheilung

Nach jeder der beiden Wechseloperationen wurde der Wundheilungsprozess sorgfältig beobachtet (Tabelle 14). In dieser Studienpopulation wiesen insgesamt 30 Patienten (81,1 %) zum Entlassungszeitpunkt nach Spacerimplantation eine reizlose Narbe auf. Bei 93,8 % der Patienten aus Gruppe A und 71,4 % der Patienten aus Gruppe B war eine reizlose Narbe beschrieben worden. Nur in zwei Fällen, beide aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter, war die Narbe zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Krankenhaus gereizt (Tabelle 14). In weiteren fünf Fällen konnte der Narbenzustand retrospektiv nicht mehr eruiert werden.

Es wurde festgehalten, ob zum Entlassungszeitpunkt nach der ersten Wechseloperation Komplikationen in der primären Wundheilung auftraten. Dabei stellte sich heraus, dass in der Gruppe der mobilen Platzhalter in 15 Fällen und in der Gruppe der starren Platzhalter in 14 Fällen die primäre Wundheilung komplikationslos vonstatten gegangen war. Bei einem Patienten aus Gruppe A und fünf Patienten aus Gruppe B waren keine näheren Angaben zur primären Wundheilung zu finden und

nur bei zwei Patienten aus der Gruppe der festen Spacerprothesen ging die primäre Wundheilung mit Komplikationen einher.

Weiterhin war nach der ersten Wechseloperation bei insgesamt drei Patienten, ein Patient aus Gruppe A und zwei Patienten aus Gruppe B, das Weichteilgewebe um das Kniegelenk geschwollen. In Gruppe B wiesen zum Entlassungszeitpunkt zwei Patienten einen Kniegelenkserguss und zwei Patienten eine prolongierte seröse Wundsekretion auf. Ein Patient aus Gruppe A hatte eine verzögerte Wundheilung und ein Patient aus Gruppe B eine Hautnekrose im Bereich der Operationswunde.

Tabelle 14: Reizlose Narbe zum Entlassungszeitpunkt

	nach Spacerimplantation			nach Spacereplantation		
	Gesamt	mobil	statisch	Gesamt	mobil	statisch
reizlose Narbe	30	15	15	32	15	17
nicht reizlose Narbe	2	0	2	1	0	1
nicht eruierbar	5	1	4	4	1	3

Beim zweiten Krankenhausaufenthalt im Rahmen des zweizeitigen Wechselverfahrens konnten 32 Patienten des Studienkollektivs mit einer reizlosen Narbe aus der stationären Behandlung entlassen werden, davon 15 Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacerprothesen und 17 Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacerprothesen (Tabelle 14). Nur bei einem Patienten war die Narbe zum Entlassungszeitpunkt nicht reizlos. Dieser Patient aus der Gruppe der festen Spacer ist Patient 1 der im Kapitel 4.2.4 näher beschriebenen Patienten.

Bei insgesamt vier Patienten konnten keine näheren Angaben zum Reizzustand der Narbe ermittelt werden. Weitere zum Zeitpunkt der Entlassung nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese dokumentierte Angaben bezüglich der Wund- und

Kniegelenksverhältnisse können der Tabelle 15 entnommen werden.

Tabelle 15: Komplikationen in der primären Wundheilung

	nach Spacerexplantation		
	Gesamt	mobil	statisch
Gelenksschwellung	3	1	2
Gelenkserguß	4	3	1
Wundheilungsstörung	2	0	2
Wundrandnekrose	2	0	2
ausgedehntes Hämatom	1	0	1

4.3.2 Röntgenbefundung

Die Röntgenbefunde ergaben, dass bei allen Patienten des Studienkollektivs sowohl die Spacerlage als auch die Lage der neu implantierten Knieendoprothese korrekt waren (Tabelle 16). Es wurden keine Lockerungszeichen beobachtet.

Tabelle 16: Röntgenbefundung

	Lage des Spacers korrekt	Lage der neuen Endoprothese korrekt
Gesamt	37	37
mobil	16	16
statisch	21	21

4.4 Serologische Untersuchung

Bei allen 37 Patienten der Studienpopulation wurden regelmäßig die serologischen Entzündungsparameter überprüft. Im Folgenden sind die vor den beiden Wechseloperationen erfassten Infektparameter, C-reaktives Protein und Leukozytenzahlen, näher beschrieben. Pathologische Werte weisen auf ein entzündliches Geschehen hin.

In unserem Patientenkollektiv war das C-reaktive Protein zum Zeitpunkt der Knieendoprotheseninfektion bei insgesamt 28 Patienten (75,7 %) pathologisch erhöht, bei neun Patienten (56,3 %) aus Gruppe A und bei 19 Patienten (90,5 %) aus Gruppe B (Tabelle 17). Nach Sanierung einer Infektion normalisiert sich das C-reaktive Protein wieder. In unserer Studienpopulation hatten insgesamt 17 Patienten (46,0 %) vor der Reimplantationsoperation ein normwertiges CRP, davon waren 7 Patienten (43,8 %) aus der Gruppe der mobilen Spacer und 10 Patienten (47,6 %) aus der Gruppe der statischen Spacer (Tabelle 17).

Tabelle 17: C-reaktives Protein. Normbereich: <5 mg/l; 5 mg/l und höhere Werte sind pathologisch.

	vor Spacerimplantation			vor Spacerexplantation		
	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B
<5 mg/l	9	7	2	17	7	10
pathologisch	28	9	19	20	9	11

Als weiterer serologischer Infektparameter wurden die Leukozytenzahlen herangezogen (Tabelle 18). Insgesamt neun Patienten (24,3 %) hatten vor Explantation der infizierten Knieendoprothese pathologisch erhöhte Leukozytenwerte. In Gruppe A waren dies fünf Patienten und in Gruppe B vier Patienten. Vor der Reimplantationsoperation hatten sich bei den meisten Patienten die Leukozytenwerte normalisiert. Der Abfall der Leukozytenzahlen weist auf eine erfolgreiche Infektsanierung in beiden Gruppen hin (Tabelle 18). Nur noch zwei Patienten (5,4 %), beide aus der Gruppe der mobilen Spacer, wiesen grenzwertig erhöhte Leukozytenzahlen auf.

Tabelle 18: Leukozytenzahlen. Normbereich: 4000-10000/ μl ; höhere Werte sind pathologisch.

	vor Spacerimplantation			vor Spacerexplantation		
	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B	Gesamt	Gruppe A	Gruppe B
4000-10000/ μl	28	11	17	35	14	21
pathologisch	9	5	4	2	2	0

4.5 Bewegungsumfang

4.5.1 Maximales Bewegungsausmaß

Das ROM ist einer der Parameter, der in der hier vorliegenden Arbeit verwendet wurde, um die Kniegelenksfunktion zwischen den beiden Typen an temporären Platzhaltern, mobil versus nicht-artikulierend, beim zweizeitigen Knieendoprothesenwechsel zu vergleichen (Tabelle 19).

Beim ersten in dieser Arbeit erfassten Untersuchungszeitpunkt, vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese, wiesen die Patienten mit einer beweglichen Spacerprothese im Durchschnitt einen maximalen Bewegungsumfang von $98^\circ (\pm 15^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,7^\circ$ auf.

Im Vergleich dazu hatten die Patienten mit einem nachfolgend nicht-artikulierenden Spacer einen durchschnittlichen Bewegungsumfang von $79^\circ (\pm 23^\circ)$ mit einem Standardfehler von $6,0^\circ$. Hierbei ergab sich eine Differenz im mittleren ROM von 19° zwischen beiden Gruppen und damit eine im Durchschnitt schlechtere Ausgangsbeweglichkeit der Patienten aus Gruppe B im Vergleich zu den Patienten aus Gruppe A. Präoperativ vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese war das durchschnittliche maximale Bewegungsausmaß in der Gruppe der artikulierenden Spacer

signifikant höher als in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer ($p= 0,023$).

Am Entlassungstag nach Implantation der neuen Knie totalendoprothese lag die durchschnittliche Beweglichkeit in Gruppe A bei $85^\circ (\pm 19^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,9^\circ$ und in Gruppe B bei $74^\circ (\pm 20^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,5^\circ$ (Tabelle 19). Beide Gruppen wiesen also nach Sanierung der Infektion und Implantation der neuen Knie totalendoprothese einen durchschnittlich schlechteren maximalen Bewegungsumfang im Kniegelenk auf als vor Explantation der infizierten Totalendoprothese. Da der Abfall des mittleren ROM in der Gruppe der festen Spacer etwas geringfügiger ausfiel als in der Gruppe der beweglichen Spacer, kam es zu einer Annäherung der Ergebnisse in der Kniegelenksbeweglichkeit zwischen beiden Gruppen. Damit bestand zu diesem Messzeitpunkt kein statistisch signifikanter Unterschied im mittleren ROM zwischen beiden Gruppen mehr ($p= 0,103$).

Tabelle 19: Mittleres maximales Bewegungsausmaß MW mit Standardabweichung SA und Standardfehler des Mittelwertes m.F.; SI: vor Spacerimplantation; SE: zum Entlassungszeitpunkt nach Spacerexplantation; N: Nachuntersuchung

Zeitpunkt	Gruppe A		Gruppe B		P-Werte
	MW (SA) [°]	m.F. [°]	MW (SA)[°]	m.F. [°]	
SI	98 (± 15)	4,7	79 (± 23)	6,0	0,023
SE	85 (± 19)	4,9	74 (± 20)	4,5	0,103
N 1	93 (± 16)	4,7	79 (± 18)	4,0	0,030
N 2	88 (± 29)	9,6	86 (± 17)	4,5	0,809
N 3	102 (± 8)	3,7	79 (± 26)	8,2	0,026

Zum Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung, die in Gruppe A nach durchschnittlich 9,9 Wochen stattfand, ergab sich im Mittel ein Bewegungsumfang von $93^\circ (\pm 16^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,7^\circ$. In Gruppe B fand die erste Nachuntersuchung nach durchschnittlich 11,3 Wochen statt und ergab einen durchschnittlichen Bewegungsumfang von $79^\circ (\pm 18^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,0^\circ$. In beiden Gruppen

kann somit ein Wiederanstieg des mittleren ROM verzeichnet werden, in Gruppe A um durchschnittlich 8° und in Gruppe B um durchschnittlich 5° gegenüber dem zuvor erfassten Untersuchungszeitpunkt. Jetzt wies die Gruppe der mobilen Spacerprothesen ebenso wie zum ersten erfassten Messzeitpunkt ein statistisch signifikant besseres ROM auf als die Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer ($p=0,030$).

Bei Patienten, die mit einer mobilen Spacerprothese behandelt worden waren, war die zweite Wiedervorstellung in unserer Orthopädischen Klinik durchschnittlich 17,7 Wochen nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese. Hierbei betrug die maximale Beweglichkeit im Kniegelenk durchschnittlich $88^\circ (\pm 29^\circ)$ mit einem Standardfehler von $9,6^\circ$. Das mittlere ROM war im Vergleich zur ersten Nachuntersuchung um 5° von 93° auf 88° abgefallen.

Bei Patienten, die als Therapieregime einen nicht-artikulierenden Spacer erhalten hatten, fand die zweite Nachuntersuchung nach durchschnittlich 20,6 Wochen statt. Sie wiesen ein ROM von durchschnittlich $86^\circ (\pm 17^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,5^\circ$ auf. Das maximale Bewegungsausmaß war damit in der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter im Durchschnitt um 7° von 79° auf 86° angestiegen.

Demzufolge verliefen die Ergebnisse des maximalen Bewegungsausmaßes zu diesem Nachuntersuchungszeitpunkt nicht wie zu den anderen Zeitpunkten annähernd parallel, sondern näherten sich bezüglich des maximalen Bewegungsausmaßes einander leicht an (Abbildung 9). Zum Zeitpunkt dieser Nachuntersuchung war das durchschnittliche ROM nicht statistisch signifikant unterschiedlich zwischen den beiden Studiengruppen ($p=0,809$).

Zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung, nach durchschnittlich 39,6 Wochen, war in der Gruppe der mobilen Spacer das maximale Bewegungsausmaß im Vergleich

zu den vorangegangenen Untersuchungen wieder angestiegen und lag im Mittel bei 102° ($\pm 8^\circ$) mit einem Standardfehler von $3,7^\circ$. Demgegenüber lag das mittlere ROM in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer bei 79° ($\pm 26^\circ$) mit einem Standardfehler von $8,2^\circ$ und war damit gegenüber der zweiten Nachuntersuchung um 7° abgefallen. Somit wiesen auch bei der letzten Nachuntersuchung die Patienten, die mit einer mobilen Spacerprothese behandelt worden waren, ein statistisch signifikant besseres ROM ($p=0,026$) auf als die Patienten, die mit einem arthrodesierenden Spacer behandelt worden waren.

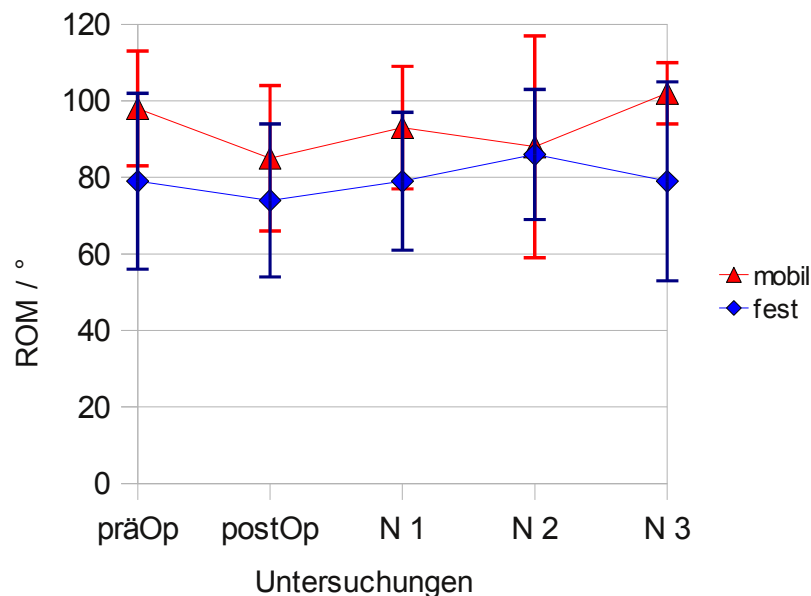


Abbildung 9: Durchschnittliches maximales Bewegungsausmaß mit Standardfehler des Mittelwertes vor Spacerimplantation (präop), nach Spacereplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)

In dieser Studienpopulation hatten die Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer das gute ROM mit durchschnittlich 98° , welches vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese gemessen worden war, nicht nur wiedererreicht, sondern mit 102° bis zur dritten Nachuntersuchung sogar noch übertroffen. Allerdings ist das mittlere ROM zu diesem Zeitpunkt nicht statistisch signifikant höher als das prä-

operativ vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese erfasste Untersuchungsergebnis.

Auch innerhalb der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer konnte keine statistisch signifikante Veränderung im mittleren ROM zwischen der dritten Nachuntersuchung und der präoperativ gemessenen Untersuchung festgestellt werden.

Insgesamt wiesen die Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer bereits präoperativ ein statistisch signifikant besseres ROM auf als die Patienten aus der Gruppe der arthrodesierenden Spacer. Sie erreichten mit 102° beim letzten erfassten Messzeitpunkt wieder dieses gute Ergebnis in der Kniegelenksbeweglichkeit und blieben somit im mittleren ROM statistisch signifikant besser als Patienten der Gruppe B. Doch auch die Patienten aus der Gruppe der festen Spacer erreichten im Durchschnitt ihr ursprüngliches maximales Bewegungsausmaß von 79° Kniegelenksbeweglichkeit bis zum letzten erfassten Nachuntersuchungszeitpunkt wieder.

4.5.2 Maximale Flexion

Ziel dieser Arbeit war es die Beweglichkeit des Kniegelenkes zwischen beiden Studiengruppen zu vergleichen. Dabei wurde neben dem maximalen ROM auch die maximale Flexion im Kniegelenk im zeitlichen Verlauf betrachtet. Sie gibt an, wie weit ein Patient sein Kniegelenk maximal beugen kann. Die Untersuchungsergebnisse der durchschnittlichen maximalen Flexion verlaufen in den beiden Studiengruppen ähnlich den Untersuchungsbefunden des mittleren ROM (Tabelle 20).

Vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese betrug die durchschnittliche Flexion in der Gruppe der beweglichen Platzhalter $101^\circ (\pm 13^\circ)$ mit einem Stan-

Standardfehler von $4,1^\circ$ und in der Gruppe der festen Platzhalter $84^\circ (\pm 17^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,4^\circ$ (Tabelle 20). Somit starteten auch hier die Patienten aus Gruppe A insgesamt mit einer statistisch signifikant besseren Flexion ($p= 0,010$) als die Patienten aus Gruppe B.

Am Ende ihres stationären Aufenthaltes nach Explantation der mobilen Spacerprothese konnten die Patienten in Gruppe A ihr Knie durchschnittlich $85^\circ (\pm 19^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,9^\circ$ beugen. Bei den Patienten aus Gruppe B war nach Explantation der nicht-artikulierenden Spacerprothese eine maximale Flexion von durchschnittlich $74^\circ (\pm 20^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,5^\circ$ möglich. Demzufolge konnten Patienten beider Gruppen nach der zweiten Wechseloperation ihr Kniegelenk schlechter¹ beugen als noch präoperativ vor der ersten Wechseloperation. Die maximal mögliche Flexion war jetzt nicht mehr statistisch signifikant unterschiedlich zwischen beiden Studiengruppen ($p= 0,103$).

Bei der ersten Nachuntersuchung, im Mittel 10,7 Wochen post reimplantationem, betrug die durchschnittliche Flexion $94^\circ (\pm 17^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,8^\circ$ in Gruppe A und $80^\circ (\pm 18^\circ)$ mit einem Standardfehler von $3,9^\circ$ in Gruppe B. Damit war die maximale Flexion im Kniegelenk in beiden Studiengruppen wieder angestiegen und zum jetzigen Zeitpunkt statistisch signifikant unterschiedlich ($p= 0,029$) zwischen Gruppe A und Gruppe B.

Nach durchschnittlich 19,4 Wochen, zum Zeitpunkt der zweiten Kontrolluntersuchung, konnten die Patienten aus Gruppe A ihr Kniegelenk bis durchschnittlich $89^\circ (\pm 29^\circ)$ mit einem Standardfehler von $9,7^\circ$ beugen und die Patienten aus Gruppe B bis durchschnittlich $86^\circ (\pm 17^\circ)$ mit einem Standardfehler von $4,5^\circ$. Es fällt auf, dass sich die durchschnittliche Flexion zu diesem Untersuchungszeitpunkt ähnlich

¹allerdings nicht statistisch signifikant

verhielt wie das maximale ROM. Die Patienten aus Gruppe A konnten ihr Kniegelenk weniger weit beugen als noch zur ersten Nachuntersuchung. Dahingegen war die mittlere Flexion in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer gegenüber der vorangegangenen Nachuntersuchung um 6° angestiegen. Keine der beiden Gruppen wies zur zweiten Nachuntersuchung eine statistisch signifikant bessere Flexion im Kniegelenk auf ($p= 0,699$).

Zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung war die Flexion in Gruppe A im Mittel bis $102^\circ (\pm 8^\circ)$ mit einem Standardfehler von $3,7^\circ$ möglich und in Gruppe B bis $79^\circ (\pm 26^\circ)$ mit einem Standardfehler von $8,2^\circ$. Während in der Gruppe der beweglichen Platzhalter die durchschnittliche Beugung im Kniegelenk gegenüber der vorangegangenen Nachuntersuchung wieder um 13° angestiegen war, kam es in der Gruppe der starren Platzhalter zu einem Abfall der durchschnittlichen Beugung um 7° .

Somit konnten die Patienten aus der Gruppe der mobilen temporären Platzhalter ihr Kniegelenk zum Zeitpunkt der letzten erfassten Nachuntersuchung um durchschnittlich 23° weiter beugen als die Patienten, die zwischen beiden Wechseloperationen einen nicht-artikulierenden Platzhalter erhalten hatten. Der Unterschied in der maximalen Flexion zwischen beiden Studiengruppen war jetzt wieder statistisch signifikant ($p=0,026$).

Tabelle 20: Mittlere Flexion MW im Kniegelenk mit Standardabweichung SA und Standardfehler des Mittelwertes m.F.; SI: vor Spacerimplantation; SE: zum Entlassungszeitpunkt nach Spacereplantation; N: Nachuntersuchung

Zeitpunkt	Gruppe A		Gruppe B		P-Werte
	MW (SA) [°]	m.F. [°]	MW (SA) [°]	m.F. [°]	
SI	101 (±13)	4,1	84 (±17)	4,4	0,010
SE	85 (±19)	4,9	74 (±20)	4,5	0,103
N 1	94 (±17)	4,8	80 (±18)	3,9	0,029
N 2	89 (±29)	9,7	86 (±17)	4,5	0,699
N 3	102 (±8)	3,7	79 (±26)	8,2	0,026

Bei Betrachtung der maximalen Flexion in beiden Gruppen fällt auf, dass Patienten der Gruppe A mit 101° zum ersten erfassten Untersuchungszeitpunkt statistisch signifikant besser starteten als Patienten der Gruppe B mit 84°. Allerdings erreichten die Patienten der Gruppe A bis zum letzten erfassten Untersuchungszeitpunkt auch wieder eine maximal mögliche Flexion von 102° gegenüber 79° bei den Patienten der Gruppe B und blieben damit statistisch signifikant besser, was die Kniegelenksbeweglichkeit betrifft.

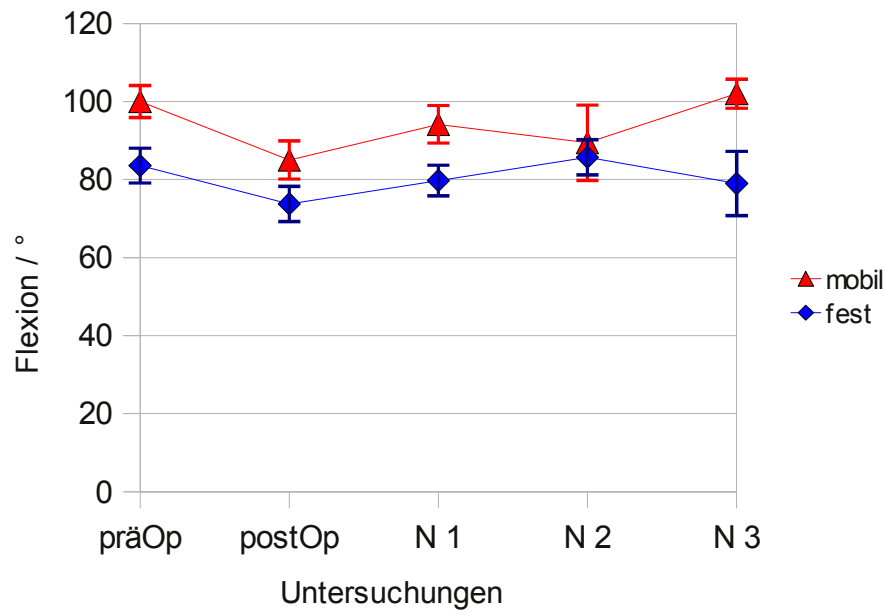


Abbildung 10: Mittlere Flexion mit Standardfehler des Mittelwertes vor Spacerimplantation (präop), nach Spacereplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)

5 Diskussion

5.1 Vorbemerkungen

Die Infektion des künstlichen Kniegelenksersatzes hat schwerwiegende Probleme zur Folge. Ein Großteil der Patienten leidet unter starken Schmerzen [31, 52], häufig verbunden mit einer eingeschränkten Beweglichkeit des Kniegelenkes [5, 39]. Dazu kommen die hohen Kosten für das Gesundheitssystem [21, 30, 64]. Der Goldstandard zur Behandlung einer periprothetischen Knieendoprotheseninfektion ist der zweizeitige Knieendoprothesenwechsel mit einer Erfolgsrate von 90 % - 96 % [2, 4, 21, 34, 35, 64].

Im Rahmen dieses Therapieverfahrens wird bei der ersten Operation die infizierte Knieendoprothese explantiert und meistens ein antibiotikahaltiger Platzhalter implantiert [50]. In der Regel folgt eine mehrwöchige Antibiotikatherapie, zunächst empirisch, später gemäß Keimnachweis und Antibiogramm [2, 26]. Nach Sanierung der Infektion erfolgt die zweite Wechseloperation mit Explantation des Spacers und Reimplantation einer neuen Knieendoprothese [50]. Es können starre Monoblockplatzhalter verwendet werden. Ihre Aufgabe ist es, den Gelenkspalt nach Explantation der infizierten Knieendoprothese zu erhalten, sowie eine Schrumpfung des Weichteilgewebes möglichst zu verhindern [21]. Des Weiteren haben sie den Vorteil, dass sie Antibiotika enthalten. Dadurch kommt es zu einer hohen Antibiotikakonzentration direkt im Kniegelenksspalt [5, 34, 69].

Als nachteilig anzusehen ist die komplette Versteifung des betroffenen Kniegelenkes für mindestens sechs Wochen [21]. Dies kann nicht nur zu Unzufriedenheit bei den Patienten führen [15, 35], sondern auch zu partiellem Knochenverlust, sowie

Muskelkontrakturen [26, 50]. Es kann sich eine Fibrosierung des Kniegelenkes mit dadurch eingeschränkter Beweglichkeit nach der Reimplantationsoperation entwickeln [15, 50].

Bei Fehring et al. [20] wiesen 60 % der Patienten mit einem statischen Platzhalter einen Knochenverlust auf, während keiner seiner Patienten mit einem artikulierenden Platzhalter einen Knochenverlust an Femur oder Tibia hatte. Ähnliche Ergebnisse erzielten Hsu et al. [31]: einen Verlust an Knochensubstanz an Femur und Tibia wiesen 100 % der Patienten in der statischen Gruppe und 48 % der Patienten in der artikulierenden Gruppe auf.

Um die Nachteile, die sich durch einen festen Monoblockplatzhalter ergeben, zu verbessern, wurden artikulierende Spacer für den temporären Kniegelenksersatz entwickelt [34, 50]. Die Hoffnung ist, dass sie durch den teilweisen Erhalt der Beweglichkeit im Kniegelenk zwischen beiden Wechseloperationen die Patientenzufriedenheit erhöhen und die Beweglichkeit des Kniegelenkes auch nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese verbessern [34, 35, 50]. Somit ergibt sich die Frage, ob das funktionelle Endergebnis im Kniegelenk in der Gruppe der mobilen Spacer besser ist als in der Gruppe der statischen Spacer. Gegenstand aktueller Diskussion ist zudem, ob die periprothetische Kniegelenksinfektion durch die Behandlung mit einem mobilen Spacer genauso erfolgreich saniert werden kann wie mit einem nicht-artikulierenden Monoblockplatzhalter.

Derzeit sind verschiedene Ausführungen an mobilen Spacern in Gebrauch [47, 64]. Anderson et al. [2] und Hofmann et al. [34] entfernten die infizierte Knieendoprothese und verwendeten die gereinigte und während der Operation resterilisierte Femurkomponente für den Spacer. Für die Tibia wurde eine neue Polyethylentibiakomponente

benutzt. Auf ähnliche Weise fertigten Cuckler et al. [12] ihren temporären Spacer an. Sie reinigten und sterilisierten die ursprüngliche Femur- sowie die tibiale Polyethylenkomponente und bauten diese zusammen mit dem Knochenzement als Platzhalter wieder ein [12].

Die dabei verwendete relativ geringe Menge an antibiotikahaltigem Zement, sowie der relativ große Anteil des ursprünglichen Metall- oder Polyethylenimplantates, das bei diesem Verfahren wieder in das Kniegelenk eingebaut wird, werden von manchen Autoren kritisch betrachtet [24, 26]. Sie befürchten, dass die wieder implantierten Fremdmaterialien erneut eine bakterielle Adhäsion begünstigen könnten [50].

Einige Autoren, unter anderem Pascale et al. [47], Villanueva-Martinez et al. [64] und Goldstein et al. [24], fertigten den artikulierenden Spacer während der Operation aus Knochenzement manuell an. Ein Nachteil dieser Technik ist, dass sie aufgrund der manuellen Formung des Knochenzementes stärker als bei den anderen Techniken von den Fähigkeiten des Operateurs abhängig ist und dadurch mit mehr Anstrengungen und Zeitaufwand einhergehen kann [26]. Auch kann sich bei der Implantation des manuell hergestellten Spacers die Form verändern und dadurch die Beweglichkeit im Kniegelenk einschränken [26]. Pitto et al. [50] gehen von einem erhöhten Frakturrisiko bei manuell geformten Zementspacern aus.

Hsu et al. [31], Durbhakula et al. [15], Freeman et al. [21] und Fehring et al. [20] verwendeten vorgefertigte Gussformen, in die sie den Zement gossen und daraus den artikulierenden Spacer fertigten. Auch in dieser Untersuchung wurden Gussformen in verschiedenen Größen zur Herstellung des beweglichen Platzhalters verwendet (Kapitel 3.2.5).

Bislang ist in der Literatur kein Modell beschrieben, das eindeutig den anderen über-

legen wäre. Dadurch werden die verschiedenen Formen an artikulierenden Platzhaltern nebeneinander verwendet [31, 47, 64].

5.2 Keime und Infektionen

5.2.1 Keimnachweis bei Explantation der infizierten Knieendoprothese

Der Keimnachweis spielt eine zentrale Rolle, wenn man eine Knieendoprotheseninfektion mit Sicherheit diagnostizieren möchte [15, 48, 52]. Zudem können die gefundenen Keime auf ihre Resistenz gegenüber verschiedenen Antibiotika getestet und so die antibiotische Therapie angepasst werden.

Manche Autoren vermuten, dass ein Keimnachweis bereits durch präoperative Gelenkspunktion in über 90 % der Fälle einer infizierten Knieendoprothese möglich ist [62]. Anderson et al. [2] konnten bei 20 Patienten ihres Studienkollektivs (80 %) Kulturen anzüchten. Bei den übrigen 20 % war kein Keimnachweis möglich. Dahingegen wiesen Hsu et al. [31] nur bei 71,4 % ihrer Patienten einen infektauslösenden Keim nach. Hofmann et al. [34] führten präoperative Kniegelenkspunktionen durch und entnahmen intraoperativ Gewebeabstriche. Ihre Erfolgsrate des positiven Keimnachweises lag bei 76 %. Bei den übrigen zwölf Patienten stellten sie die Diagnose einer tiefen Knieendoprotheseninfektion aufgrund eines eitrigen Gelenkpunktates sowie laborchemischer Entzündungsparameter und histopathologischer Untersuchung.

In dem in dieser Arbeit betrachteten Studienkollektiv konnten in 18 Fällen bereits präoperativ Keime angezüchtet werden. In weiteren vier Fällen, drei Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer und ein Patient aus der Gruppe der

beweglichen Spacer, konnten Keime aus den intraoperativ entnommenen Gewebeabstrichen nachgewiesen werden. Diese Gruppe an keimpositiven Patienten ist mit einem Anteil von 59,5 % an allen Patienten der Studienpopulation als vergleichsweise niedrig zu bezeichnen.

Ein wesentlicher Grund ist sicherlich, dass bei einigen Patienten bereits vor Explantation der infizierten Knieendoprothese mit einer antibiotischen Therapie begonnen worden war. Bei manchen Patienten war sogar vor den vorangegangenen Kniegelenkspunktionen beziehungsweise den vorangegangenen Revisionsoperationen eine Antibiotikatherapie eingeleitet worden. Dies könnte die erfolglose kulturelle Keimanzüchtung in der Gruppe der keimnegativen Patienten erklären.

Eine weitere Ursache könnte sein, dass die Bakterien einen Biofilm um die infizierte Knieendoprothese bildeten. Durch diesen ist es häufig sehr schwierig, mit Hilfe der üblichen, mikrobiologischen Diagnosemethoden die infektauslösenden Bakterien zu kultivieren [27, 61]. Auch dies könnte zu der relativ großen Zahl an negativen Kulturergebnissen trotz klinischer Symptome einer Knieendoprotheseninfektion beigetragen haben. Stoodley et al. [61] berichteten von einem Patienten mit infizierter Ellenbogenendoprothese, bei dem mehrfach gewonnene Kulturergebnisse aufgrund eines Biofilms um das künstliche Gelenk negativ ausfielen. Neuere molekularbiologische Untersuchungsmethoden wie die fluoreszenzmarkierte In-situ-Hybridisierung könnten den Nachweis von Keimen in Zukunft verbessern [27].

Häufig wird die Knieendoprotheseninfektion durch einen einzelnen Erreger ausgelöst und nur bei wenigen Patienten liegt eine Mischinfektion vor [31, 64]. Hsu et al. [31] fanden bei 15 (54 %) von insgesamt 28 infizierten Knieendoprothesen eine Einzelinfektion und bei 5 (18 %) eine Mischinfektion. Dies deckt sich mit den Ergebnissen

dieser Untersuchung, bei der in 14 Fällen (38 %) ein einzelner Erreger und in 8 Fällen (22 %) mehrere Erreger für das Infektgeschehen verantwortlich gemacht werden konnten.

Das Keimspektrum dieser Studienpopulation ist in Verteilung und Häufigkeit der einzelnen Keime vergleichbar mit dem in der aktuellen Literatur beschriebenen [17, 28, 36, 63]. Am häufigsten konnten Staphylokokken angezüchtet werden [36, 39, 40, 44, 63]. Auch in dieser Untersuchung waren sie in 24 Fällen vertreten und damit führend (Tabelle 9). *Staphylococcus epidermidis*, als einer der häufigsten Erreger von Endoprotheseninfektionen [12, 36, 17], war der häufigste infektauslösende Keim bei 18 von 40 keimpositiven Patienten bei Haddad et al. [28] und bei 12 von 48 keimpositiven Patienten bei Emerson et al. [17]. In dem in dieser Arbeit betrachteten Studienkollektiv war *Staphylococcus epidermidis* bei 10 der 22 keimpositiven Patienten isoliert worden und auch in den beiden Untergruppen konnte er jeweils am häufigsten angezüchtet werden.

Der gleichfalls häufige Erreger einer Knieendoprotheseninfektion *Staphylococcus aureus* [17, 28, 32] war auch in diesem Studienkollektiv an zweiter Stelle zu nennen. Fast gleich häufig waren andere Staphylokokkenarten, sowie weitere grampositive Kokken. Auch dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. Nicht näher klassifizierte grampositive Stäbchen, sowie *Escherichia coli*, die als Problemkeime anzusehen sind, traten ähnlich wie in der aktuellen Literatur beschrieben nur in insgesamt zwei Fällen auf [17, 28, 32].

5.2.2 Keimnachweis bei Reimplantation der neuen Knieendoprothese

Das zweizeitige Wechselverfahren mit Implantation eines festen Monoblockspacers in den Kniegelenksspalt ist ein bewährtes Verfahren zur erfolgreichen Sanierung der tiefen Knieendoprotheseninfektion [37, 70]. Nach Entwicklung mobiler Spacerprothesen wurde die Frage aufgeworfen, ob der mobile Spacer trotz teilweise erhaltener Bewegung zwischen den Operationen zu einer ebenso guten Infektionssanierung führt wie der nicht-artikulierende Spacer [12, 64, 15].

Cuckler et al. [12] berichteten von einem Patienten (2 %) ihrer Studienpopulation, der noch vor Reimplantation der neuen Knieendoprothese, 6 Monate nach Implantation des artikulierenden Spacers, eine Reinfektion erlitt. Bei allen anderen Patienten ihrer Studienpopulation (98 %) konnte die Knieendoprotheseninfektion erfolgreich saniert werden.

Ein ähnliches Ergebnis erzielten Villanueva-Martinez et al. [64]. 97 % ihrer mit einem mobilen Spacer behandelten Patienten konnten nach erfolgreicher Infektsanierung einer Reimplantationsoperation zugeführt werden. Bei nur einem Patienten musste der Spacer aufgrund persistierender Infektion mehrmals gewechselt werden bis die Implantation einer neuen Knieendoprothese erfolgreich durchgeführt werden konnte [64]. Bei den von Incavo et al. [35] mit einem mobilen Spacer behandelten Patienten konnte ein Patient (9 %) aufgrund verschiedener Komplikationen, darunter dem Auftreten einer zweifachen Rückkehr seiner Infektion, nicht einer Reimplantationsoperation zugeführt werden.

Die Ergebnisse der in dieser Arbeit betrachteten Studienpopulation decken sich mit

den in der aktuellen Literatur beschriebenen, guten Infektionssanierungsraten in der Behandlung mit mobilen Platzhaltern. Bei keinem Patienten dieser Studienpopulation persistierte die tiefe Kniegelenksinfektion, weshalb alle Patienten einer erfolgreichen Reimplantationsoperation zugeführt werden konnten.

Auch konnten bei keinem Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer Keime aus den Reimplantationsabstrichen angezüchtet werden. In der Gruppe der statischen Spacer war bei einem Patienten eine kulturelle Anzüchtung aus den Gewebeabstrichen der Reimplantationsoperation gefunden worden. Dieser Patient konnte am 16. postoperativen Tag mit guten Wundverhältnissen und ohne Anzeichen einer persistierenden Infektion in die ambulante Weiterbehandlung entlassen werden. Auch bei der ersten Nachuntersuchung, fast drei Monate nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese, wies der Patient ein gutes funktionelles sowie infektfreies Kniegelenk auf.

Dies zeigt eine vergleichbare Infekteradikationsrate in beiden Studiengruppen und bestätigt die in der aktuellen Literatur [12, 35, 64] beschriebene hervorragende Sanierung eines Knieendoprotheseninfekts auch unter Behandlung mit einer mobilen Spacerprothese. Beachtet werden sollte aber, dass eine erfolgreiche Infekteradikation im Wesentlichen auch von folgenden Faktoren abhängig ist: der Art des infektauslösenden Keimes beziehungsweise seiner Resistenz gegenüber verschiedenen Antibiotika, sowie der Potenz des eingesetzten Antibiotikums.

5.2.3 Reinfektionen

Neben einer erfolgreichen Infektionssanierung ist die dauerhafte Infekteradikation ohne Rückkehr der Infektion in der neuen Knieendoprothese von großer Bedeutung.

Inwiefern dies auch mit einem beweglichen Platzhalter erreicht werden kann, wird in der aktuellen Literatur diskutiert [28, 34, 41].

MacAvoy et al. [41] fanden eine hohe Reinfektionsrate ihrer mit einer mobilen Spacerprothese behandelten Patienten. Bei 31 % der behandelten Patienten trat innerhalb der ersten 18 Monate nach Reimplantation ein erneuter Infekt der implantierten Knieendoprothese auf. Als Grund für die hohe Reinfektionsrate wird das in die Studie eingeschlossene Patientenkollektiv mit größtenteils sehr schlechten Ausgangsbedingungen wie starke Knochendefekte, Fehlen der Kollateralbänder, multiple Voroperationen und Komorbiditäten angegeben. Bei Hofmann et al. [34] entwickelten 12 % (sechs Patienten) seiner mit einer artikulierenden Spacerprothese behandelten Patienten eine Reinfektion und wurden daraufhin erneut mit einem artikulierenden Spacer behandelt. Bei Haddad et al. [28] blieben 91 % und bei Anderson et al. [2] 96 % der mit einem mobilen Spacer behandelten Patienten bis zur letzten Nachuntersuchung infektfrei.

Villanueva-Martinez et al. [64] erzielten ein ausgezeichnetes Ergebnis, was die langfristige Infekteradikation betrifft. Sie hatten 30 Patienten mit einem manuell geformten artikulierenden Zementspacer behandelt. Keiner ihrer Patienten erlitt eine Reinfektion bis zur letzten Nachuntersuchung, welche frühestens zwei Jahre nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese stattfand. Dieses hervorragende Ergebnis wurde auch durch andere Studien bestätigt [26, 35, 15, 47, 50]: Auch hier wies keiner der mit einem mobilen Spacer behandelten Patienten über einen langen Nachuntersuchungszeitraum eine erneute Infektion der Knieendoprothese auf.

Weitere Studien stellen die mobilen Spacer direkt den nicht-artikulierenden Spacern gegenüber:

Bei Emerson et al. [17] lag die Reinfektionsrate innerhalb eines 3,6-jährigen Nachuntersuchungszeitraums bei den statischen Spacern bei 7,6 %, bei den beweglichen Spacern bei 9,0 %. Die Ergebnisse waren nicht statistisch signifikant unterschiedlich ($p = 0.8$). Es konnte keine höhere Komplikations- oder Reinfektionsrate in der Gruppe der mobilen Spacer festgestellt werden [17]. Hsu et al. [31] beschreiben eine Rückkehr der Knieendoprotheseninfektion bei 9 % der Patienten mit einem mobilen Spacer und bei 14 % der Patienten mit einem statischen Spacer.

Die in verschiedenen Studien präsentierten Ergebnisse mit einer langfristigen Infekteradikation zwischen 91 % und 100 % in der Gruppe der mobilen Spacer und zwischen 86 % und 92 % in der Gruppe der statischen Spacer [2, 12, 17, 20, 21, 28, 31, 44, 64], konnten auch in unserer Untersuchung bestätigt werden.

In diesem Studienkollektiv wiesen insgesamt vier Patienten eine Reinfektion ihrer Knieendoprothese auf, davon gehörten drei Patienten zur Gruppe, der mit einem starren Spacer therapierten Patienten und nur ein Patient zur Gruppe, der mit einem beweglichen Spacer therapierten Patienten.

Somit war die Rate an Reinfektionen in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer mit 14 % höher als in der Gruppe der mobilen Spacer mit einer Reinfektionsrate von nur 6 %. Begünstigend könnte zu diesem guten Ergebnis beigetragen haben, dass die Flexion mit der artikulierenden Spacerprothese auf maximal 60° zwischen den beiden Wechseloperationen begrenzt worden und nicht uneingeschränkt möglich war.

Damit haben sich die Bedenken, dass mobile Spacer das Risiko einer Reinfektion der neuen Knieendoprothese erhöhen, in unserer Untersuchung nicht bestätigt.

Als Kritikpunkt muss der kurze Nachuntersuchungszeitraum genannt werden. Patienten mit tiefer Knieendoprotheseninfektion sollten auch nach einer suffizienten Infektsanierung langjährig nachbeobachtet werden, um einer erneuten Endoprotheseninfektion vorzubeugen bzw. diese frühzeitig zu erkennen [17].

5.2.4 Komplikationen

Villanueva-Martinez et al. [64] berichteten von drei Fällen, in denen Komplikationen auftraten, die im direkten Zusammenhang mit der mobilen Spacerprothese standen. Es waren zwei Subluxationen, die mittels Lachman-Test behoben werden konnten, und ein Spacerbruch aufgetreten [64]. Auch Meek et al. [44] fanden einen Spacerbruch bei einem von 47 mit einem mobilen Spacer behandelten Patienten. Eine Ruhigstellung des Kniegelenkes aufgrund der Fraktur war nicht nötig.

In anderen Studien konnten keine mit dem Spacer assoziierten Komplikationen wie eine Spacerfraktur, Spacerluxation oder Instabilität festgestellt werden [15, 50]. Auch in diesem Studienkollektiv kam es bei keinem Patienten zu intra- oder postoperativen Komplikationen im Zusammenhang mit der Implantation der Spacerprothese. Ein Grund könnte sein, dass in dieser Klinik für Orthopädie der artikulierende Spacer mit Hilfe von Gussformen und nicht wie bei Villanueva-Martinez et al. [64] komplett manuell hergestellt wird.

Mehrere Autoren [15, 21, 26, 31] fanden, dass artikulierende Spacer die Reimplantationsoperation im Vergleich zu statischen Spacern erleichtern. Statische Spacer können zu Kontrakturen im Strecksehnenapparat führen, die einen erweiterten Zugang mit Schnitt des Musculus rectus femoris und manchmal eine komplette V-Y-Quadricepsplastik nötig machen [15, 26, 43, 47, 52]. Gleichfalls können nicht-

artikulierende Spacer das Risiko für eine Patellarsehnenruptur erhöhen [26].

Während bei Hsu et al. [31] 29 % der Patienten der statischen Spacergruppe einen erweiterten Zugang im Strecksehnenapparat benötigten, waren dies in der mobilen Spacergruppe nur 5 % der Patienten. Ein ähnliches Ergebnis wurde in dieser Untersuchung festgestellt. Nur bei einem Patienten (5 %) aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter war die Rekonstruktion der Quadricepssehne während der Reimplantationsoperation notwendig geworden. Bei keinem weiteren Patienten waren intraoperativ Besonderheiten oder Komplikationen aufgetreten. Die postoperativ aufgetretene Lungenembolie bei Reimplantation der Knieendoprothese trat bei einem Patienten aus Gruppe B auf.

Ähnlich wie in der aktuellen Literatur beschrieben [26, 34] lassen damit auch die vorliegenden Ergebnisse vermuten, dass mobile Spacer die zweite Wechseloperation erleichtern und möglicherweise zu weniger Komplikationen führen.

5.3 Wundheilung

Die Wundheilung nach beiden Wechseloperationen verlief insgesamt und in jeder Untergruppe sehr gut. Komplikationen in der primären Wundheilung, wie prolongierte Wundsekretion, Wundrandnekrose und Weichteilschwellung, waren selten. Sie traten allerdings in der Gruppe der Patienten mit einer nicht-artikulierenden Spacerprothese geringfügig häufiger auf als in der Gruppe der Patienten mit einer artikulierenden Spacerprothese.

Damit konnte in dieser Untersuchung gezeigt werden, dass die Therapie mit den mobilen Spacern nicht zu einer schlechteren Wundheilung führte als mit den sta-

tischen Spacern. Auch in anderen Studien ist dieses Ergebnis in der Wundheilung beschrieben [2, 34]. Bei Anderson et al. [2] entwickelte keiner der Patienten mit der mobilen Spacerprothese postoperative Komplikationen wie Wundheilungsstörungen oder eine tiefe Beinvenenthrombose bzw. eine Lungenembolie.

Fraglich bleibt, ob möglicherweise die Patienten mit bereits schlechteren Ausgangsbedingungen einen nicht-artikulierenden Spacer im Rahmen des zweizeitigen Wechselfahrens erhielten. Demgegenüber steht jedoch, dass drei Patienten aus Gruppe A und nur ein Patient aus Gruppe B einen Kniegelenkserguss nach Implantation der neuen Knieendoprothese aufwiesen.

Insgesamt konnte in dieser Studienpopulation die Mehrzahl der Patienten aus beiden Untergruppen mit einer guten Wundsituation entlassen werden. Das Studienkollektiv ist allerdings zu klein, um die Überlegenheit eines Spacertyps im Hinblick auf die primäre Wundheilung mit Sicherheit bestätigen oder ausschliessen zu können. Um einen sicheren Unterschied in der Wundheilung zwischen beiden Spacertypen ermitteln zu können, müsste eine grössere Fallzahl herangezogen werden.

5.4 Serologische Untersuchung

Im Rahmen dieser Untersuchung wäre zu erwarten, dass das C-reaktive Protein bei allen Patienten zum Zeitpunkt der Knieendoprotheseninfektion im pathologischen Messbereich liegt [52] und nach Sanierung der Infektion in den Normbereich zurückkehrt [44, 63]. Wie erwartet hatten in diesem Studienkollektiv auch deutlich mehr Patienten ein pathologisch erhöhtes C-reaktives Protein als ein normwertiges C-reaktives Protein zum Zeitpunkt der Knieendoprotheseninfektion. Allerdings ist die Normalisierung bis zur Spacerexplantation bei nur acht Patienten insgesamt,

davon alle aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter, eingetreten.

Vor Reimplantation hatten in Gruppe A noch genauso viele Patienten ein pathologisches C-reaktives Protein wie vor Explantation der infizierten Knieendoprothese. Dies könnte daran liegen, dass das C-reaktive Protein erst zeitlich verzögert dem Abklingen des Infektgeschehens folgt [44]. Diese Vermutung wird bekräftigt, wenn man die unterschiedliche mittlere Standzeit des Spacers zwischen beiden Untergruppen betrachtet.

Während in Gruppe A bereits nach durchschnittlich zehn Wochen die zweite Wechsellagerung stattfand, wurde bei den Patienten mit einem nicht-artikulierenden Platzhalter erst nach durchschnittlich 17 Wochen der Spacer wieder explantiert. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Infektion in Gruppe A zwar bereits saniert war, das C-reaktive Protein aber zu diesem frühen Zeitpunkt erst im abfallenden Stadium war. Daraus ersichtlich ist ein sicherer Vergleich des C-reaktiven Proteins zwischen beiden Untergruppen nur unzureichend möglich. Meek et al. [44] machten eine ähnliche Beobachtung. Das C-reaktive Protein wies auch hier nach Sanierung der Infektion noch pathologische Werte auf und sank erst nach einigen Wochen in den Normbereich ab [44].

Die Leukozytenzahlen des Patientenkollektivs verhielten sich ähnlich wie das C-reaktive Protein. Auch hier konnte ein Abfall der Werte während des Zeitraumes der Infektionssanierung festgestellt werden. In beiden Untergruppen sanken die Leukozytenzahlen und so wiesen vor Reimplantation der neuen Knieendoprothese nur noch zwei Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer pathologisch erhöhte Leukozytenwerte auf.

Auffällig ist jedoch, dass präoperativ während des Zeitraumes der infizierten Knieen-

doprothese bei insgesamt nur neun Patienten unserer Studienpopulation überhaupt pathologisch erhöhte Werte gemessen wurden. Diese Zahl ist relativ gering und zeigt, dass die Bestimmung der Leukozytenzahlen höchstens als zusätzlicher Marker für eine Infektion herangezogen werden kann. Dies ist ebenso in der aktuellen Literatur beschrieben [36, 40, 52, 63, 72]: Nur in seltenen Fällen kann bei einem Spätinfekt eine Leukozytose gefunden werden. Inman et al. [36] wiesen sogar nur bei 10 % ihres Studienkollektivs, die eine periprothetische Infektion hatten, eine Leukozytose nach.

5.5 Bewegungsumfang

5.5.1 Analyse des ROM und der Flexion innerhalb der Gruppe der beweglichen Spacer

Mit durchschnittlich $101^\circ (\pm 13^\circ)$ Flexion und $98^\circ (\pm 15^\circ)$ ROM hatten die Patienten, die im Folgenden mit einem mobilen Spacer behandelt wurden, bereits präoperativ vor der ersten Wechseloperation eine gute Beweglichkeit im Kniegelenk (Tabellen 19 und 20). Sie übertreffen die in der Literatur beschriebenen Messwerte. Diese liegen in der Gruppe der mobilen Spacer zwischen 62° und 79° ROM [26, 28, 31, 44] und zwischen 71° und 83° Flexion [26, 28, 31]. Hier muss kritisch hinterfragt werden, ob es aufgrund des retrospektiven Studiendesigns mit fehlender Randomisierung der Patienten in die beiden Gruppen, möglicherweise zu einer ungleichen Gruppenverteilung gekommen ist. Nähere Erläuterungen dazu in Kapitel 5.5.3.

Zum Entlassungszeitpunkt nach der zweiten Wechseloperation waren das ROM und die maximal mögliche Flexion abgefallen. Der Verlust an Kniegelenksbeweglichkeit innerhalb dieses Zeitraumes hat vermutlich mehrere Gründe:

Zwischen den beiden Wechseloperationen lagen durchschnittlich zehn Wochen. In diesem Zeitraum war den Patienten eine passive Flexion ihres Kniegelenkes bis maximal 60° möglich. Eine darüber hinausgehende Flexion oder gar aktive Bewegung des Kniegelenkes war den Patienten auch in dieser Studiengruppe nicht erlaubt. Durch die eingeschränkte Bewegung im Kniegelenk während dieses Zeitraumes kam es vermutlich zu Fibrosierungen sowie Muskelatrophie, welche das ROM sowie die Flexion dementsprechend eingeschränkt haben könnten.

Des Weiteren lag der hier erfasste Untersuchungszeitpunkt durchschnittlich 16 Tage nach Implantation der neuen Knie totalendoprothese. Obwohl in Abhängigkeit von der jeweiligen Wundsituation zügig nach der Reimplantationsoperation mit der schrittweisen Mobilisierung des Kniegelenkes begonnen worden war, konnte aufgrund des frühen Messzeitpunktes eine stärker eingeschränkte Kniegelenksbeweglichkeit als zum ersten Messzeitpunkt in dieser Untersuchung festgestellt werden. Zudem trug die noch andauernde Wundheilung ebenso zu einer limitierten Beweglichkeit im Kniegelenk bei.

Im weiteren postoperativen Verlauf konnte sich aufgrund der zunehmenden Beübung der neuen Knieendoprothese eine gute Kniegelenksbeweglichkeit zeigen. Bereits bei der ersten Nachuntersuchung in der Orthopädischen Klinik konnte ein Wiederanstieg der maximalen Beweglichkeit im Kniegelenk verzeichnet werden.

Zum Zeitpunkt der zweiten Nachuntersuchung, durchschnittlich 18 Wochen nach der Reimplantation, war das mittlere ROM um 5° auf 88° in der Gruppe der Patienten mit mobilen Platzhaltern abgefallen. Der hier erfasste Rückgang des mittleren ROM im postoperativen Verlauf erstaunt, da ein zunehmender Anstieg der Beweglichkeit im Kniegelenk zu erwarten wäre, ähnlich dem in der ersten Nachuntersuchung.

Ein Grund könnte sein, dass der zu diesem Zeitpunkt erfasste durchschnittliche Bewegungsumfang mit einem hohen Fehler behaftet ist. Bei den vorangegangenen Untersuchungszeitpunkten lag der Standardfehler des Mittelwertes zwischen 4° und 5° . Bei der zweiten Nachuntersuchung stieg der Standardfehler des Mittelwertes jedoch auf $9,7^\circ$ an. Somit könnte der große Standardfehler des Mittelwertes bei der zweiten Nachuntersuchung der Grund sein, warum die durchschnittliche Kniegelenksbeweglichkeit gegenüber der ersten Nachuntersuchung wieder abgefallen war. Der Rückgang muss deshalb kritisch hinterfragt werden.

Zudem ist die Streuung der Kniegelenksbeweglichkeit bei den Patienten mit $\pm 29^\circ$ um den Mittelwert relativ groß. Somit könnte der einmalige Rückgang der durchschnittlichen Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf vielmehr eine große Streuung der Messwerte in der Beweglichkeit bei den einzelnen Patienten widerspiegeln als einen grundsätzlichen Rückgang der maximalen Kniegelenksbeweglichkeit.

Das funktionelle Endergebnis der neu implantierten Knie totalendoprothese nach Behandlung mit einem beweglichen Platzhalter war mit durchschnittlich 102° ($\pm 8^\circ$) Flexion nach 40 Wochen sehr gut. Damit konnten die Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer in diesem Studienkollektiv ihr Kniegelenk ähnlich gut bewegen wie in aktuellen Studien mit ähnlichen Fragestellungen. Es konnten dort Werte zwischen 98° und 115° Flexion bis zur letzten Nachuntersuchung erreicht werden [2, 12, 15, 17, 33, 34, 41].

In der Gruppe der Patienten, die mit einem mobilen temporären Spacer behandelt worden waren, konnte damit das mittlere ROM mit 102° wieder den guten Ausgangswert vor Explantation der infizierten Knie totalendoprothese erreichen. Allerdings waren die Untersuchungsergebnisse innerhalb der Gruppe zu den verschiedenen

Messzeitpunkten nicht statistisch signifikant unterschiedlich. Es konnte demzufolge keine signifikante Verbesserung des ROM oder der Flexion innerhalb der Gruppe der mobilen Spacer über die verschiedenen Zeiträume festgestellt werden.

Ein möglicher Grund könnte sein, dass die Flexion mit dem mobilen Spacer bei den Patienten unseres Studienkollektivs auf 60° begrenzt war, um die Komplikation einer Spacerluxation weitgehendst zu minimieren. Das maximal zulässige Bewegungsausmaß mit dem artikulierenden Spacer variiert zwischen den einzelnen Kliniken und Instituten. In der aktuellen Literatur liegt das durchschnittliche ROM mit dem mobilen Spacer zwischen 40° und 100° , meist bei ungefähr 80° [41, 64, 31]. Incavo et al. [35] beschrieben ein mittleres ROM von $58^\circ (\pm 21^\circ)$ mit der mobilen Spacerprothese, ähnlich dem in unserer Klinik. Dagegen war in manchen Studien den Patienten die uneingeschränkte Flexion des Kniegelenkes mit dem mobilen Spacer erlaubt worden [34, 17]. Bei Hofmann et al. [34] betrug das mittlere ROM mit dem mobilen Spacer 91° . Somit kamen möglicherweise im Studienkollektiv dieser Untersuchung die Vorteile des mobilen Spacers wie Erhaltung der Beweglichkeit nicht in einem so großen Ausmaß im Endergebnis zum Tragen.

Daraus könnte man schlussfolgern, dass bei größerem Bewegungsausmaß mit dem mobilen Platzhalter zwischen den beiden Wechseloperationen noch bessere funktionelle Langzeitergebnisse in der Kniegelenksbeweglichkeit erzielt werden könnten. Dies sollte allerdings vor dem Hintergrund eines möglicherweise höheren Risikos für eine Reinfektion der neuen Endoprothese und weiteren Komplikationen kritisch hinterfragt werden [20]. Zudem konnten Cuckler et al. [12] keine statistisch signifikante Verbesserung des ROM bei ihren mit einer mobilen Spacerprothese behandelten Patienten über den Zeitverlauf finden. Und dies obwohl die Patienten ihrer Studie ein durchschnittliches Bewegungsausmaß von 110° mit der artikulierenden Spacerpro-

these zwischen den beiden Wechseloperationen aufwiesen [12].

Insgesamt konnte in der Patientengruppe, die mit einer mobilen Spacerprothese behandelt worden war, von einem erfolgreichen Wiedererlangen des durchschnittlichen ROM sowie der durchschnittlichen Flexion im Verlauf bis zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung gesprochen werden.

Somit zeigt sich, durchschnittlich 40 Wochen nach Implantation der neuen Knieendoprothese, ein gutes funktionelles Endergebnis in der Gruppe der mit einem mobilen Spacer therapierten Patienten.

5.5.2 Analyse des mittleren ROM und der mittleren Flexion innerhalb der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer

Auch die Patienten mit einem nicht-artikulierenden Platzhalter starteten präoperativ vor Explantation der infizierten Knieendoprothese mit einer guten funktionellen Kniegelenksbeweglichkeit, wenn auch mit einer geringeren als die Patienten mit einem nachfolgend mobilen Spacer. Der durchschnittliche Bewegungsumfang in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer war mit 79° etwas niedriger als in der aktuellen Literatur beschrieben [31]. Bei Hsu et al. [31] wiesen die Patienten vor Implantation des starren Monoblockplatzhalters ein durchschnittliches ROM von 95° auf.

Nach Sanierung der periprothetischen Infektion und Explantation der festen Platzhalterprothese waren auch in dieser Gruppe die Flexion sowie das durchschnittliche ROM abgefallen. Ähnlich wie in Gruppe A ist auch hier als Ursache die eingeschränkte Beweglichkeit im Kniegelenk zwischen den beiden Wechseloperationen

zu nennen. Anders als in Gruppe A war jedoch bei den Patienten aus Gruppe B keinerlei Bewegungsmöglichkeit im betreffenden Kniegelenk für durchschnittlich 17 Wochen gegeben. Das Kniegelenk musste in dieser Gruppe durch den arthrodesierenden Spacer komplett ruhig gestellt werden. Dies könnte im Vergleich zu Gruppe A zu noch stärkeren Fibrosierungen um das Kniegelenk sowie zu Muskelatrophie und Bänderverkürzung geführt haben [26, 49].

Als weitere Gründe für den Rückgang in der Kniegelenksbeweglichkeit sind ähnlich wie in Gruppe A die zu diesem Zeitpunkt noch andauernde Wundheilung sowie die durchschnittlich erst 16 Tage zuvor begonnene Mobilisation zu nennen.

Im weiteren postoperativen Verlauf führten die Beübung und die weiter zunehmende Mobilisation des Kniegelenkes zu einem der Gruppe A vergleichbaren Trend. Durchschnittlich stiegen sowohl das ROM als auch die maximal mögliche Flexion an. Dies setzte sich bis zur zweiten Nachuntersuchung fort.

Allerdings war von der zweiten zur dritten Nachuntersuchung, die nach durchschnittlich 31 Wochen stattfand, ein Rückgang von 86° Flexion auf 79° in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer zu vermerken. Möglicherweise ist dies, ebenso wie bei Gruppe A bei der zweiten Nachuntersuchung beschrieben, eine Folge des zu diesem Zeitpunkt relativ großen Standardfehlers des Mittelwertes. Während dieser bei den vorangegangenen Untersuchungszeitpunkten zwischen $3,9^\circ$ und $4,5^\circ$ Flexion lag, betrug er bei der letzten Nachuntersuchung $8,2^\circ$. Damit muss auch in dieser Gruppe der Abfall in der Kniegelenksbeweglichkeit kritisch hinterfragt werden.

Obwohl das ROM zum letzten Untersuchungszeitpunkt im Mittel wieder leicht abgefallen war, entsprach es doch dem präoperativen Ergebnis vor Explantation der infizierten Knieendoprothese. Somit konnte auch in dieser Gruppe eine gute Knie-

gelenksfunktion im Langzeitverlauf erreicht werden.

Signifikante Unterschiede in der Kniegelenksbeweglichkeit zwischen den einzelnen Messzeitpunkten bestanden auch innerhalb der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer nicht.

5.5.3 Vergleich der beiden Studiengruppen

Ziel dieser Untersuchung war es herauszufinden, ob das zweizeitige Wechselverfahren mit einer beweglichen Spacerprothese zu einem besseren ROM und einer besseren Flexion im zeitlichen Verlauf führt als die Behandlung mit einer nicht-artikulierenden Spacerprothese. Die dazu durchgeführten Studien lieferten ganz unterschiedliche Ergebnisse.

Bei Hsu et al. [31] starteten die Patienten, die im Nachfolgenden mit einem statischen Spacer behandelt wurden, bei durchschnittlich 95° Flexion und die Patienten, die einen mobilen Spacer bekamen, bei durchschnittlich 83° Flexion. Obwohl der Unterschied nicht signifikant war, konnten die Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Platzhalter dennoch ihr Kniegelenk vor Explantation der infizierten Endoprothese weiter bewegen. Nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese veränderten sich die Bewegungsausmaße jedoch stark. Die Beweglichkeit in der Gruppe der mobilen Spacer wurde deutlich besser und zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung bestand ein signifikanter Unterschied im maximalen Flexionsgrad zugunsten der Patienten mit einem artikulierenden Spacer (95° Flexion im Vergleich zu 78° Flexion, $p=0.019$) [31].

Ein ähnlich gutes Ergebnis konnten Emerson et al. [17] mit einem durchschnittli-

chen Nachuntersuchungszeitraum von 3,8 Jahren in der Gruppe der mobilen Spacer und 7,5 Jahren in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer präsentieren: Ihren mit einem mobilen Platzhalter behandelten Patienten war eine statistisch signifikant höhere Flexion mit $107,8^\circ$ im Vergleich zu $93,7^\circ$ ($p= 0.01$) bei den statischen Platzhaltern zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung möglich. Zum präoperativen Untersuchungszeitpunkt hatte kein signifikanter Unterschied in der Kniegelenksbeweglichkeit zwischen beiden Gruppen bestanden [17].

Diese Publikationen konnten die Vermutung bestätigen, dass die Behandlung mit einem mobilen Spacer zu einer statistisch signifikant besseren Beweglichkeit im Kniegelenk führt. Fehring et al. [20] kamen zu ähnlichen Ergebnissen, wenn auch nicht statistisch signifikant: Hier konnten die Patienten, die mit einer beweglichen Spacerprothese behandelt worden waren, ihr Kniegelenk bis zum letzten Messzeitpunkt bis durchschnittlich 105° beugen und die Patienten, die mit einem starren Spacer behandelt worden waren, bis durchschnittlich 98° .

In dieser Untersuchung sind bis zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung beide Gruppen wieder auf gute maximale Bewegungsausmaßwerte entsprechend ihrem ursprünglichen Wert zurückgekehrt. Die Patienten aus der Gruppe der beweglichen Spacer konnten ihr präoperativ bestimmtes mittleres ROM mit 102° sogar noch leicht übertreffen. Damit haben beide Gruppen ein mit der aktuellen Literatur vergleichbares Bewegungsausmaß. Dort betrug die Flexion im Langzeitverlauf in der Gruppe der mobilen Spacer zwischen 90° und 126° und in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer zwischen 50° und 120° [20].

Beim Vergleich der beiden Studiengruppen fällt auf, dass im Durchschnitt sowohl das ROM als auch die maximale Flexion zu jedem der erfassten Untersuchungszeitpunkte

in der Studiengruppe höher waren, die mit einem mobilen Spacer behandelt worden waren als in der Studiengruppe mit den festen Spacern.

Bereits zum ersten erfassten Untersuchungszeitpunkt, vor Explantation der infizierten Knieendoprothese, wiesen die Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer ein statistisch signifikant besseres ROM und eine statistisch signifikant bessere Flexion auf als die Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung könnte sein, dass diejenigen Patienten eher einen mobilen Platzhalter erhielten, die zu Beginn eine bessere Knochenqualität und einen weniger ausgedehnten Weichteilschaden aufwiesen, als diejenigen Patienten, deren Knochen und umgebendes Weichteilgewebe bereits stärker geschädigt waren.

Die Entscheidung, welcher Platzhalter implantiert werden sollte, wurde jeweils intraoperativ durch den Operateur getroffen. Möglicherweise hat dieser sich dann bei Patienten, deren Knochenqualität sich während der Operation als eher schlecht präsentierte, gegen einen mobilen Platzhalter und für einen statischen Monoblockplatzhalter entschieden. Der intraoperativ ersichtliche Knochendefekt bei den einzelnen Patienten der Studienpopulation war nicht klassifiziert worden. Somit könnte es zu einer ungleichen Verteilung der Patienten in beide Studiengruppen gekommen sein. Beachtet werden muss aber, dass diejenigen Patienten aus der Studienpopulation ausgeschlossen worden waren, welche retrospektiv ersichtlich eine schlechte Knochen- oder Bandqualität vor Explantation der infizierten Knieendoprothese hatten. Diese Patienten wären aufgrund der schlechten Voraussetzungen mit Instabilität und hohem Knochenverlust nicht für einen mobilen Spacer in Frage gekommen und hätten somit zu einer ungleichen Verteilung der Patienten in die beiden Gruppen geführt.

Bei der ersten Nachuntersuchung in der Orthopädischen Klinik waren die Patienten

aus der Gruppe der beweglichen Spacer wieder statistisch signifikant besser im Hinblick auf die Kniegelenksbeweglichkeit als die Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer. Somit konnten die Patienten aus Gruppe A ihre präoperativ bessere Kniegelenksbeweglichkeit gegenüber Gruppe B zu diesem Zeitpunkt wieder erlangen. Die Bewegung des Kniegelenkes zwischen den beiden Wechseloperationen hat vermutlich zu dem erfolgreichen Wiederansteigen der Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf beigetragen.

Sowohl das durchschnittliche maximale Bewegungsausmaß als auch die durchschnittliche maximale Flexion sind zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung in der Gruppe der Patienten mit den beweglichen Platzhaltern signifikant besser als in der Gruppe der Patienten, die mit einem nicht-artikulierenden Monoblockplatzhalter therapiert wurden. Demzufolge konnte die statistisch signifikant bessere Beweglichkeit im Kniegelenk bei den Patienten aus der Gruppe der beweglichen Platzhalter gegenüber den Patienten mit dem festen Platzhalter beibehalten werden.

Da aber die Gruppe der mobilen Spacer bereits präoperativ statistisch signifikant besser startete und es in keiner der beiden Studiengruppen zu einer statistisch signifikanten Verbesserung des mittleren ROM oder der mittleren Flexion über den zeitlichen Verlauf hinweg kam, konnte mit dieser Untersuchung nicht bestätigt werden, dass die Behandlung mit einer mobilen Spacerprothese eine bessere Kniegelenksbeweglichkeit im Langzeitverlauf zur Folge hat als die Behandlung mit einer nicht-artikulierenden Spacerprothese.

Das funktionelle Ergebnis in der Gruppe der mobilen Spacer könnte eventuell noch gesteigert werden, indem ein intensiveres Physiotherapieprotokoll mit einem größeren Bewegungsausmaß zugelassen wird [17, 34]. Zusätzlich könnte die Eingruppie-

rung der Patienten anhand ihres Aktivitätslevels und ihrer Konstitution zu neuen Erkenntnissen für die Wahl des für sie besseren Spacertyps führen.

Die Trennung der Parameter in aktive und passive Kniegelenksbeweglichkeit konnte in dieser retrospektiven Untersuchung nicht durchgeführt werden. Sie könnte einen zusätzlichen Hinweis im Vergleich der Kniegelenksbeweglichkeit zwischen den Patienten mit einem mobilen Spacer und den Patienten mit einem nicht-artikulierenden Spacer geben. Weitere Studien, die den Aktivitätslevel, sowie die aktive und passive Kniegelenksbeweglichkeit des Patienten getrennt erfassen, sollten durchgeführt werden.

Zur Einschätzung der Kniegelenksfunktion benutzten Hirakawa et al. [32] und Fehring et al. [20] zusätzlich standardisierte Fragebögen. Diese ermöglichen einen objektiveren Vergleich in der Kniegelenksfunktion zwischen den beiden Gruppen. Zusätzlich setzten Freeman et al. [21] Fragebögen zur Erfassung der Kniegelenksschmerzen bei beiden Gruppen ein. In ihrer Studie zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied bei den Schmerzen zwischen den Patienten, die mit einer mobilen Spacerprothese behandelt worden waren und den Patienten die mit einem nicht-artikulierenden Spacer behandelt worden waren. Weitere Studien, die standardisierte Fragebögen und andere objektive Parameter wie beispielsweise die Messung der Kniegelenksbeweglichkeit unter Narkose verwenden, sind zu empfehlen. Hierbei wäre eine Messung des tatsächlichen ROM möglich, da eine Bewegungseinschränkung aufgrund der Kniegelenksschmerzen ausgeschaltet ist.

Um zufällige Fehler zu reduzieren, sollten mehrere Untersucher an der Studie teilnehmen. Beispielsweise werden durch die wiederholte Messung der Beweglichkeit im Kniegelenk durch mehrere Untersucher die Untersuchungsbefunde genauer.

Randomisierte Studien, die den mobilen Spacer mit einem nicht-artikulierenden Spacer im Rahmen des zweizeitigen Wechselfahrens vergleichen und dabei verschiedene objektive Messparameter heranziehen, stehen noch aus und sollten prospektiv durchgeführt werden.

5.6 Fazit

In dieser Arbeit konnten sowohl bei den Patienten aus der mobilen Spacergruppe als auch aus der statischen Spacergruppe ähnlich gute Endresultate in der Beweglichkeit im Kniegelenk erzielt werden, wie in der Literatur beschrieben [20].

Auch wiesen die Patienten aus der Gruppe der mobilen Spacer zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt ein statistisch signifikant besseres Bewegungsausmaß auf als die Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer. Die Aussagekraft dieses Ergebnisses ist allerdings aufgrund der bereits besseren Ausgangswerte in der Kniegelenksbeweglichkeit zum präoperativen Untersuchungszeitpunkt eingeschränkt. Es konnte gezeigt werden, dass die Beweglichkeit der Patienten mit mobilen Spacern statistisch signifikant besser blieb als bei den Patienten mit nicht-artikulierenden Spacern. Offen bleibt, ob die Behandlung mit mobilen Spacern den statischen Spacern im Hinblick auf die Beweglichkeit im Langzeitverlauf überlegen ist. Möglicherweise könnten weitere, randomisiert durchgeführte Studien zu einer im Hinblick auf das präoperative Bewegungsausmaß gleichwertigeren Patientenverteilung führen.

Die Sanierung der periprothetischen Knieendoprotheseninfektion verlief bei allen Patienten in dieser Untersuchung gut. Die Behandlung mit einem mobilen Spacer führte zu einer erfolgreichen Infekteradikation, vergleichbar der mit nicht-artikulierenden

Spacern. Die Rate an Reinfektionen der neuen Knieendoprothese war ebenso in beiden Studiengruppen niedrig. Somit scheint die Bewegung des Kniegelenkes zwischen beiden Wechseloperationen eine sichere Alternative beim zweizeitigen Wechselverfahren darzustellen. Da die Behandlung der periprothetischen Infektion mit einem mobilen Spacer zu einer höheren Patientenzufriedenheit führt [15, 34, 35], können diese in der Regel vorgezogen werden.

Die Hauptlimitationen dieser Untersuchung sind, dass es sich um eine retrospektive Studie handelt, sowie der im Vergleich zu anderen Studien [20, 21, 31] relativ kurze Nachuntersuchungszeitraum mit durchschnittlich 34 Wochen bis zur dritten Nachuntersuchung. Falls Reinfektionen der neuen Knieendoprothese erst nach dem hier erfassten Endzeitpunkt auftraten, konnten diese nicht berücksichtigt werden. Hier empfiehlt sich die Durchführung randomisierter, klinischer Studien mit einem längeren Nachuntersuchungszeitraum.

6 Zusammenfassung

Einleitung: Die periprothetische Infektion der Knieendoprothese ist eine seltene, jedoch schwerwiegende Komplikation nach alloplastischem Kniegelenksersatz. Als der Goldstandard zur Behandlung der tiefen Knieendoprotheseninfektion gilt der zweizeitige Knieendoprothesenwechsel.

Neben nicht-artikulierenden Monoblockplatzhaltern werden mobile Spacerprothesen verwendet. Die nicht-artikulierenden Spacer führen zu einer temporären Arthrodese mit verschiedenen Komplikationen wie die einer tiefen Beinvenenthrombose, KniestEIFigkeit und Schmerzen beim Patienten. Weiterhin kann es durch Weichteilkontrakturen und Muskelatrophie zu einer erschwerten Reimplantationsoperation und einer beeinträchtigten Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf kommen. Um diese Probleme zu lösen, wurden mobile Spacer entwickelt. Sie erhalten die Beweglichkeit im Kniegelenk zwischen den beiden Wechseloperationen.

Zielsetzung dieser Untersuchung: In dieser Arbeit wird untersucht, ob mobile Spacer die Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf verbessern und dabei eine den nicht-artikulierenden Spacern vergleichbar gute Infekteradikationsrate aufweisen. Weiterhin werden die intra- und postoperativen Komplikationen, sowie die Rate an Reinfektionen zwischen beiden Spacertypen verglichen.

Material und Methoden: In dieser retrospektiven Untersuchung wurden 37 Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum zwischen 2001 und 2008 in der Klinik für Orthopädie des Universitätsklinikums Marburg mit einem zweizeitigen Wechselverfahren nach infizierter Knieendoprothese behandelt wurden und aufgrund ausreichender Knochen- und Bandqualität für beide Spacermodelle in Frage kamen. In 16

Fällen wurde ein mobiler Spacer implantiert und in 21 Fällen ein starrer Spacer. Die Wahl des Spacertyps erfolgte intraoperativ durch den Operateur.

Bei Implantation des mobilen Platzhalters wurde flüssiger Knochenzement in verschieden große Silikonformen gegossen, ausgehärtet und anschließend in den Gelenkspalt eingebracht. Bei den 21 Patienten, die mit einem nicht-artikulierenden Spacer behandelt wurden, wurden feste Metallstäbe in den Markkanal von Femur und Tibia eingebracht und der Knochenzement manuell zu einem einzigen Block geformt. Dem Knochenzement beider Spacermodelle war Gentamycin beigemischt.

Die Nachbehandlung erfolgte in beiden Gruppen frühfunktionell mit Abrollbelastung. In der Gruppe der mobilen Spacer war eine passive Flexion des Kniegelenkes bis 60° möglich, Patienten der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer konnten ihr Kniegelenk nicht bewegen.

Zum Vergleich der Kniegelenksbeweglichkeit zwischen beiden Gruppen wurden das Range of motion (ROM), sowie die Flexion im Kniegelenk zu den verschiedenen Zeitpunkten einander gegenübergestellt: vor Revision der infizierten Knieendoprothese, nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese und zu drei darauffolgenden Nachuntersuchungen: durchschnittlich 11, 19 und 34 Wochen nach Reimplantation.

Ergebnisse: Bei den Patienten beider Gruppen war die tiefe Kniegelenksinfektion erfolgreich saniert worden, so dass alle Patienten einer Reimplantation der neuen Knieendoprothese zugeführt werden konnten. Im postoperativen Verlauf erlitt ein Patient aus der Gruppe der mobilen Spacer und drei Patienten aus der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer eine Reinfektion. An Komplikationen traten die intraoperative Verletzung einer Quadricepssehne und eine postoperative Lungenembolie bei jeweils einem Patienten aus der Gruppe der statischen Spacer auf.

Das durchschnittliche ROM betrug $98^\circ (\pm 15^\circ)$ in der Gruppe der mobilen Spacer (Gruppe A) und $79^\circ (\pm 23^\circ)$ in der Gruppe der nicht-artikulierenden Spacer (Gruppe B) vor Revision der infizierten Knieendoprothese. Zum Entlassungszeitpunkt nach Reimplantation der neuen Knieendoprothese lag das durchschnittliche ROM bei $85^\circ (\pm 19^\circ)$ in Gruppe A und bei $74^\circ (\pm 20^\circ)$ in Gruppe B. Im weiteren postoperativen Verlauf stieg die Kniegelenksbeweglichkeit in beiden Studiengruppen an und lag bei der letzten erfassten Nachuntersuchung bei $102^\circ (\pm 8^\circ)$ in Gruppe A und bei $79^\circ (\pm 26^\circ)$ in Gruppe B.

Beim ersten erfassten Untersuchungszeitpunkt konnten die Patienten mit einem nachfolgend mobilen Spacer ihr Kniegelenk statistisch signifikant besser bewegen als die Patienten mit einem nachfolgend starren Platzhalter. Bis zum letzten erfassten Untersuchungszeitpunkt erreichten beide Studiengruppen ihre ursprüngliche Kniegelenksbeweglichkeit, welche in Gruppe A wieder statistisch signifikant besser war als in Gruppe B. Innerhalb der einzelnen Gruppen hatte sich die Kniegelenksbeweglichkeit über die verschiedenen Zeiträume nicht statistisch signifikant verändert.

Diskussion und Schlussfolgerung: In dieser Untersuchung wurden unter anderem die Kniegelenksbeweglichkeit sowie die langfristige Infekteradikationsrate zwischen den beiden Platzhaltermodellen verglichen. Trotz erhaltener Bewegung des Kniegelenkes zwischen den beiden Wechseloperationen wiesen die Patienten mit einem mobilen Spacer keine höhere Rate an Reinfektionen und Komplikationen auf als die Patienten mit einem nicht-artikulierenden Spacer. Der mobile Platzhalter stellt eine sichere Alternative in der Therapie der infizierten Knieendoprothese dar.

Die Patienten beider Studiengruppen erreichten eine gute Kniegelenksfunktion bis zur dritten Nachuntersuchung. Eine signifikante Verbesserung der Kniegelenksbe-

weglichkeit durch die Behandlung mit einem mobilen Spacer konnte in dieser Untersuchung nicht nachgewiesen werden.

Zusammenfassend konnte in dieser Untersuchung gezeigt werden, dass mobile Spacer die periprothetische Knieendoprotheseninfektion erfolgreich sanieren und dabei zu einer guten Kniegelenksbeweglichkeit im postoperativen Verlauf führen.

7 Summary

Introduction: Deep infection after total knee arthroplasty is a rare, but serious complication. The gold standard in the treatment of an infected total knee arthroplasty involves a two-stage protocol with implantation of a temporary spacer. Different types of spacers are used: non-articulating spacers and articulating spacers. The non-articulating spacer causes a temporary arthrodesis of the joint with various complications like deep vein thrombosis, knee stiffness and pain. Further, soft tissue contracture and muscle atrophy complicate the reimplantation and limit the postoperative function of the joint. In order to solve these problems, articulating spacers were developed. They allow for a certain range of motion until the spacer is removed and a revision arthroplasty is performed.

Objective of this Investigation: The purpose of this study was to examine whether articulating spacers improve the postoperative range of motion in comparison to non-articulating spacers. Furthermore, the eradication rate of the infection, the rate of recurrent infections and intra- and postoperative complications were compared between the two different types of spacers.

Material and Methods: 37 patients were included in this retrospective study. They all were treated with a two-stage revision after infected total knee arthroplasty in the Hospital for Orthopedics in Marburg between 2001 and 2008. All patients, with massive bone loss prior to revision, were excluded from this study, because the implantation of an articulating spacer would not have been possible. It was the surgeon's decision, which type of spacer was implanted in each patient. In 16 cases an articulating spacer and in 21 cases a non-articulating spacer was implanted.

With implantation of the articulating spacer the fluid bone cement was filled into different sized, preformed molds. After setting of the cement the spacers were implanted in the joint. In 21 cases where a non-articulating spacer was used, firm metal rods were implanted in the medullary canal of femur and tibia. The bone cement was formed manually to a single block and implanted in the joint. In both types of spacers, Gentamycin loaded bone cement was used.

All patients received early mobilisation under supervision of physical therapists. In both groups, no weight bearing of the afflicted leg was allowed. In the group of articulating spacers, the patients were allowed to passively bend the knee until 60°. In the group of the non-articulating spacer, no knee movement was possible. To compare the knee function between both groups, the range of motion (ROM) was evaluated at different times prior to revision of the infected total knee arthroplasty, after reimplantation of the new total knee arthroplasty and at three follow ups: at an average of 11, 19 and 34 weeks after reimplantation.

Results: The eradication of the deep infection was successful in all patients. So all patients were treated with a second stage procedure with removal of the spacer and implantation of a new total knee arthroplasty.

One recurrence of infection was found in the group treated with non-articulating spacers and three cases were found in the group treated with a non-articulating spacer until the last evaluated follow-up. A single case of intraoperative injury of the quadriceps tendon and one single case with pulmonic embolism were the only complications found in this study, each in the group with non-articulating spacers.

The average ROM was 98° ($\pm 15^\circ$) in the group of articulating spacer (group A) and 79° ($\pm 23^\circ$) for the group of non-articulating spacer (group B) before revision of the

infected total knee arthroplasty. At the time of discharge from the hospital after reimplantation of the new total knee arthroplasty the average ROM was 85° ($\pm 19^{\circ}$) for group A and 74° ($\pm 20^{\circ}$) for group B. There was an improvement of the average ROM in both study groups until the last follow up. At this point of time, 34 weeks after reimplantation, the average ROM was 102° ($\pm 8^{\circ}$) for group A and 79° ($\pm 26^{\circ}$) for group B.

Both groups approached the preoperative ROM. There was a significant difference in the ROM between both study groups, at the time prior to revision and at the last follow up. The patients who were treated with an articulating spacer had a better ROM. No significant change in ROM within each group was found between the last follow-up and the preoperative investigation.

Discussion: In this study the ROM and the infection eradication rates between the two different types of spacers were compared. Although the patients who were treated with an articulating spacer were allowed to move the joint, their infection eradication rate was similar to the one in the non-articulating spacer group. The recurrence of the infection, as well as the rate of complications were low in both groups. The use of an articulating spacer in two-stage revision for infected total knee arthroplasty is a safe alternative to non-articulating spacers.

Patients of both study groups achieved a good level of ROM until the last follow up. A significant improvement of the knee joint mobility by use of articulating spacers could not be demonstrated.

In conclusion, it was shown that the treatment with articulating spacers in two-stage revision for infected total knee arthroplasty is a safe alternative to non-articulating spacers with good knee function and equal infection eradication rates.

8 Verzeichnisse

Literatur

- [1] Abudu A., Sivardeen K. A. Z., Grimer R. J., Pynsent P. B., Noy M.
The outcome of perioperative wound infection after total hip and knee arthroplasty
International Orthopaedics 26 (1): 40-43 (2002)
- [2] Anderson J., Sculco P. K., Heitkemper S., Mayman D. J., Bostrom M. P., Sculco T. P.
An Articulating Spacer to Treat and Mobilize Patients with Infected Total Knee Arthroplasty
The Journal of Arthroplasty Vol. 24 (4): 631-635 (2008)
- [3] Blauth W., Donner K.
Zur Geschichte der Arthroplastik
Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie 117: 997-1006 (1979)
- [4] Blom A. W., Brown J., Taylor A. H., Pattison G., Whitehouse S., Bannister G. C.
Infection after total knee arthroplasty.
Journal of Bone and Joint Surgery 86-B: 688-691 (2004)
- [5] Borden L. S., Gearen P. F.
Infected total knee arthroplasty. A protocol for management.
The Journal of Arthroplasty 2: 27-36 (1987)

- [6] Bori G., Soriano A., García S., Gallart X., Casanova L., Mallofre C., Almela M., Martínez J. A., Riba J., Mensa J.
Low sensitivity of histology to predict the presence of microorganisms in suspected aseptic loosening of a joint prosthesis
Modern Pathology 19: 874–877 (2006)
- [7] Booth R. E., Lotke P. A.
The results of spacer block technique in revision of infected total knee arthroplasty.
Clinical Orthopaedics & Related Research. Vol. 248: 57-60 (1989)
- [8] Brandt C. M., Duffy M. C., Berbari E. F., Hanssen A. D., Steckelberg J. M., Osmon D. R.
Staphylococcus aureus prosthetic joint infection treated with prosthesis removal and delayed reimplantation arthroplasty
Mayo Clinic proceedings 74 (6): 553-558 (1999)
- [9] Buechel F. F., Femino F. P., D'Alessio J.
Primary exchange revision arthroplasty for infected total knee replacement: a long-term study.
Am J Orthop. Vol. 33 (4): 190-198 (2004)
- [10] Burnett R. S. J., Kelly M. A., Hanssen A. D., Barrack R. L.
Technique and Timing of Two-stage Exchange for Infection in TKA
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 464: 164-178 (2007)
- [11] Calton T. F., Fehring T. K., Griffin W. L.
Bone Loss Associated With the Use of Spacer Blocks in Infected Total Knee

Arthroplasty

Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 345: 148-154 (1997)

- [12] Cuckler J. M.

The Infected Total Knee Management Options

The Journal of Arthroplasty 20 (4) Suppl. 2: 33-36 (2005)

- [13] Costerton W., Veeh R., Shirtliff M., Pasmore M., Post C., Ehrlich G.

The application of biofilm science to the study and control of chronic bacterial infections

Journal of Clinical Investigation 112 (10): 1466-1477 (2003)

- [14] Donald S. M.

Sir John Charnley (1911-1982): Inspiration to future generations of orthopaedic surgeons.

Scottish Medical Journal 52(2): 43-46 (2007)

- [15] Durbhakula S. M., Czajka J., Fuchs M. D., Uhl R. L.

Antibiotic-Loaded Articulating Cement Spacer in the 2-Stage Exchange of Infected Total Knee Arthroplasty

The Journal of Arthroplasty 19 (6): 768-774 (2004)

- [16] Eftekhari N. S.

The life and work of John Charnley (August 29, 1911-August 5, 1982)

Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 211: 10-22 (1986)

- [17] Emerson R. H., Muncie M., Tarbox T. R., Higgins L. L.

Comparison of a Static with a Mobile Spacer in Total Knee Infection

Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 404: 132-138 (2002)

- [18] Ewerbeck V., Thomsen M.
Die Wiederentdeckung und fruchtbare Nutzung der Biomechanik
Heidelberger Jahrbücher Vol. 50: 215-230 (2007)
- [19] Eynon-Lewis N. J., Ferry D., Pearse M. F.
Themistocles Gluck: an unrecognised genius.
British Medical Journal 305: 1534–1536 (1992)
- [20] Fehring T. K., Odum S., Calton T. F., Mason J. B.
*Articulating versus Static Spacers in Revision Total Knee Arthroplasty for Sep-
sis*
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 380: 9-16 (2000)
- [21] Freeman M. G., Fehring T. K., Odum S., Fehring K., Griffin W. I., Mason J.
B.
*Functional Advantage of Articulating Versus Static Spacers in 2-Stage Revision
for Total Knee Arthroplasty Infection*
The Journal of Arthroplasty Vol. 22 No. 8: 1116-1121 (2007)
- [22] Friesecke C., Wodtke J.
Management of periprosthetic infection
Chirurg 79: 777-794 (2008)
- [23] Goldman R. T., Scuderi G. R., Insall J. N.
2-Stage Reimplantation for Infected Total Knee Replacement.
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 331: 118-124 (1996)
- [24] Goldstein W. M., Kopplin M., Wall R., Berland K.
Temporary articulating methylmethacrylate antibiotic spacer (TAMMAS)

- Journal of Bone and Joint Surgery 83-Am: 92-97 (2001)
- [25] Grundei H.
Geschichtliche Entwicklung der Endoprothetik und der Fixation durch Spongiosa-Metal
Ossäre Integration. Springer, Berlin: 2-13 (2006)
- [26] Ha C.
A technique for intraoperative construction of antibiotic spacers
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 445: 204-209 (2006)
- [27] Haaker R., Senge A., Krämer J., Rubenthaler F.
Osteomyelitis nach Endoprothesen
Der Orthopäde 33 (4): 431-438 (2004)
- [28] Haddad F. S., Masri B. A., Campbell D., McGraw R. W., Beauchamp C. P.,
Duncan C. P.
*The PROSTALAC functional spacer in two-stage revision for infected knee re-
placements*
Journal of Bone and Joint Surgery 82-B: 807-812 (2000)
- [29] Haleem A. A., Berry D. J., Hanssen A. D.
*Mid-Term to Long-Term Followup of Two-stage Reimplantation for Infected
Total Knee Arthroplasty*
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 428: 35-39 (2004)
- [30] Herbert C. K., Williams R. E., Levy R. S., Barrack, R. L.
Cost of Treating an Infected Total Knee Replacement
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 331: 140-145 (1996)

- [31] Hsu Y. C., Cheng H. C., Ng T. P., Chiu K. Y.
Antibiotic-Loaded Cement Articulating Spacer for 2-Stage Reimplantation in Infected Total Knee Arthroplasty
The Journal of Arthroplasty Vol. 22 (7): 1060-1066 (2007)
- [32] Hirakawa K., Stulberg B. N., Wilde A. H., Bauer T. W., Secic M.
Results of 2-Stage Reimplantation for Infected Total Knee Arthroplasty
The Journal of Arthroplasty Vol. 13 (1): 22-28 (1998)
- [33] Hofmann A., Kane K. R., Tkach T. K., Plaster R. L., Camargo M. P.
Treatment of Infected Total Knee Arthroplasty Using an Articulating Spacer
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 321: 45-54 (1995)
- [34] Hofmann A., Goldberg T., Tanner A., Kurtin S.
Treatment of Infected Total Knee Arthroplasty Using an Articulating Spacer 2- to 12-Year Experience
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 430: 125-131 (2005)
- [35] Incavo S. J., Russell R. D., Mathis K. B., Adams H.
Initial Results of Managing Severe Bone Loss in Infected Total Joint Arthroplasty Using Customized Articulating Spacers
The Journal of Arthroplasty Vol. 24 (4): 607-613 (2008)
- [36] Inman R. D., Gallegos K. V., Brause B. D., Redecha P. B., Christian C. L.
Clinical and microbial features of prosthetic joint infection.
The American Journal of Medicine 77 (1): 47-53 (1984)
- [37] Insall J. N., Thompson F. M., Brause B. D.
Two-stage reimplantation for the salvage of infected total knee arthroplasty

- Journal of Bone and Joint Surgery 65-Am: 1087-1098 (1983)
- [38] Johnson D. P., Bannister G. C.
The Outcome Of Infected Arthroplasty Of The Knee
Journal of Bone and Joint Surgery 68-B: 289-291 (1986)
- [39] Lentino J. R.
Prosthetic joint infections: bane of orthopedists, challenge for infectious disease specialists.
Clin Infect Dis. 36 (9): 1157-61 (2003)
- [40] Levine B. R., Evans B. G.
Use of Blood Culture Vial Specimens in Intraoperative Detection of Infection
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 382: 222-31 (2001)
- [41] MacAvoy M. C., Ries M. D.
The Ball and Socket Articulating Spacer for Infected Total Knee Arthroplasty
The Journal of Arthroplasty Vol. 20 (6): 757-762 (2005)
- [42] Marsh P. K., Cotlerm J.
Management of an Anaerobic Infection in a Prosthetic Knee with Long-term Antibiotics Alone: A Case Report
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 155: 133-135 (1981)
- [43] McPherson E. J., Lewonowski K., Dorr L. D.
Brief Communication Techniques in Arthroplasty: Use of an Articulated PMMA Spacer in the Infected Total Knee Arthroplasty.
The Journal of Arthroplasty Vol. 10 (1): 87-89 (1995)

- [44] Meek R. M. D., Masri B. A., Dunlop D., Garbuz D. S., Greidanus N. V., McGraw R., Duncan C. P.
Patient Satisfaction and Functional Status After Treatment of Infection at the Site of a Total Knee Arthroplasty with Use of the PROSTALAC Articulating Spacer
Journal of Bone and Joint Surgery 85-Am: 1888-1892 (2003)
- [45] Mittal Y., Fehring T. K., Hanssen A., Marculescu C., Odum S. M., Osmon D.
Two-Stage Reimplantation for Periprosthetic Knee Infection Involving Resistant Organisms
Journal of Bone and Joint Surgery 89-Am: 1227-1231 (2007)
- [46] Mittelmeier H.
Hüftgelenkersatz bei jungen Menschen.
Zeitschrift für Orthopädie 122: 20-26 (1984)
- [47] Pascale V., Pascale W.
Custom-made Articulating Spacer in Two-stage Revision Total Knee Arthroplasty. An Early Follow-up of 14 Cases of at Least 1 Year After Surgery
Hospital for Special Surgery 3: 159-163 (2007)
- [48] Pietsch M., Wenisch C., Traussnig S., Trnoska R., Hofmann S.
Die temporäre Antibiotikaspacerprothese bei der infizierten Knieendoprothese
Der Orthopäde 32: 490-497 (2003)
- [49] Pietsch M., Hofmann S., Wenisch C.
Zweizeitiger Prothesenwechsel bei infizierter Knieendoprothese
Operative Orthopädie und Traumatologie 1: 66-87 (2006)

- [50] Pitto R. P., Castelli C. C., Ferrari R., Munro J.
Pre-formed articulating knee spacer in two-stage revision for the infected total knee arthroplasty
International Orthopaedics 29: 305-308 (2005)
- [51] Rand J. A., Bryan R. S.
Reimplantation for the Salvage of an infected total knee arthroplasty.
Journal of Bone and Joint Surgery 65-Am: 1081-1086 (1983)
- [52] Rorabeck C. H.
Session IV: Salvage of the Infected Total Knee Replacement: Infection: The problem.
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 404: 113-115 (2002)
- [53] Rosenberg A. G., Haas B., Barden R., Marquez D., Landon G. C., Galante J. O.
Salvage of infected total knee arthroplasty
Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 226: 29-33 (1988)
- [54] Scheffer D., Hofmann S., Pietsch M., Wenisch C.
Infektionen in der Orthopädie und Traumatologie
Der Orthopäde 37 (7): 709-720 (2008)
- [55] Schierholz J. M., Morsczeck C., Brenner N., König D. P., Yücel N., Korenkov M., Neugebauer E., Rump A. F. E., Waalenkamp G., Beuth J., Pulverer G. und Arens S.
Besonderheiten der implantatassoziierten Infektion in der orthopädischen Chirurgie

Der Orthopäde 33 (4): 397-404 (2004)

- [56] Schoifet S. D., Morrey B. F.

Treatment of infection after total knee arthroplasty by debridement with retention of the components

Journal of Bone and Joint Surgery 72-Am: 1383-1390 (1990)

- [57] Scott I. R., Stockley I., Getty C. J.

Exchange arthroplasty for infected knee replacements. A new two-stage method.

Journal of Bone and Joint Surgery 75-B (1): 28-31 (1993)

- [58] Siegel A., Frommelt L., Runde W.

Therapy of bacterial knee joint infection by radical synovectomy and implantation of a cemented stabilized knee joint endoprosthesis.

Chirurg 71: 1385-1391 (2000)

- [59] Sierra R. J., Trousdale R. T., Pagnano M. W.

Above-the-knee amputation after a total knee replacement: prevalence, etiology, and functional outcome.

Journal of Bone and Joint Surgery 85-Am: 1000-1004 (2003)

- [60] Spangehl M. J., Hanssen A. D.

Management of the infected total knee replacement

Current Opinion in Orthopaedics 13: 23-29 (2002)

- [61] Stoodley P., Nistico L., Johnson S., Lasko L., Baratz M., Gahlot V., Ehrlich G. D., Kathju S.

Direct Demonstration of Viable Staphylococcus aureus Biofilms in an Infected

Total Joint Arthroplasty

The Journal of Bone and Joint Surgery 90-Am: 1751-1758 (2008)

- [62] Thabe H., Schill S.

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

Operative Orthopädie und Traumatologie 19 (1): 78-100 (2007)

- [63] Trampuz A., Zimmerli W.

Prosthetic joint infections: update in diagnosis and treatment

Swiss Medical Weekly 135: 243-251 (2005)

- [64] Villanueva-Martínez M., Ríos-Luna A., Pereiro J., Fahandez-Saddi H., Villamor Á.

Hand-made articulating spacers in two-stage revision for infected total knee arthroplasty

Acta Orthopaedica 79 (5): 674–682 (2008)

- [65] von Foerster G., Kluber D., Kabler U.

Mid- to long-term results after treatment of 118 cases of periprosthetic infections after knee joint replacement using one-stage exchange surgery.

Der Orthopäde 20: 244-252 (1991)

- [66] Walter G., Bühler M., Hoffmann R.

Der zweizeitige septische Hüft-TEP-Wechsel beim periprothetischen Spätinfekt

Der Unfallchirurg 110 (6): 537-547 (2007)

- [67] Wessinghage D.

Themistocles Gluck

Zeitschrift für Orthopädie 129(5): 383-388 (1991)

[68] Whiteside L.

Treatment of Infected Total Knee Arthroplasty

Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 299: 169-172 (1994)

[69] Wilde A. H., Ruth J. T.

Two-stage reimplantation in infected total knee arthroplasty

Clinical Orthopaedics and Related Research. Vol. 236: 23-35 (1988)

[70] Wilson M. G., Kelley K., Thornhill T. S.

Infection as a complication of total knee-replacement arthroplasty. Risk factors and treatment in sixty-seven cases

The Journal of Bone and Joint Surgery 72-Am: 878-883 (1990)

[71] Windsor R. E., Insall J. N., Urs W. K., Miller D. V., Brause B. D.

Two-stage reimplantation for the salvage of total knee arthroplasty complicated by infection. Further follow-up and refinement of indications

The Journal of Bone and Joint Surgery 72-Am: 272-278 (1990)

[72] Wodtke J., Lohr J. F.

Das infizierte Implantat

Der Orthopäde 37 (3): 257-269 (2008)

[73] Zimmerli W., Trampuz A., Ochsner P. E.

Prosthetic-Joint Infections

The New England Journal of Medicine 351: 1645-1654 (2004)

Abbildungsverzeichnis

1	Erfasste Untersuchungszeitpunkte der Beweglichkeit im Kniegelenk vor Spacerimplantation (präop), nach Spacerexplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)	24
2	Geschlechterverteilung nach Spacertyp	26
3	Nativradiologisches Bild eines linken Kniegelenkes nach Explantation der infizierten Knieendoprothese und Implantation eines mobilen Platzhalters.	30
4	Nativradiologisches Bild eines linken Kniegelenkes nach Explantation der infizierten Knieendoprothese und Implantation eines nicht-artikulierenden Platzhalters.	31
5	Nachuntersuchung in Wochen	35
6	Keimpektrum vor Explantation der infizierten Knieendoprothese	41
7	Keimnachweis präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Knieendoprothese; Links: Gruppe A, rechts: Gruppe B. . . .	42
8	Keimverteilung präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Knieendoprothese; Staph: Staphylokokken.	44
9	Durchschnittliches maximales Bewegungsausmaß mit Standardfehler des Mittelwertes vor Spacerimplantation (präop), nach Spacerexplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)	57
10	Mittlere Flexion mit Standardfehler des Mittelwertes vor Spacerimplantation (präop), nach Spacerexplantation (postop) und bei den Nachuntersuchungen (N 1 – N 3)	62

Tabellenverzeichnis

1	Patientenkollektiv	27
2	Altersverteilung in Jahren	27
3	Standzeit der Knieendoprothesen in Jahren	29
4	Neu implantierter Knieendoprothesentyp	34
5	Nachuntersuchungszeitraum in Wochen	35
6	Standzeit des Spacers in Wochen	38
7	Krankenhausaufenthaltsdauer postoperativ in Tagen	39
8	Keimspektrum vor Explantation der infizierten Knieendoprothese aus gewonnenem Gelenkpunktat oder Gewebeabstrich aus vorangegangener Revisionsoperation; Staph: Staphylokokken	40
9	Keimnachweis präoperativ und intraoperativ bei der Explantation der infizierten Knieendoprothese	41
10	Keimverteilung präoperativ und intraoperativ bei Explantation der infizierten Knieendoprothese; Staph: Staphylokokken.	43
11	Keimnachweis aus der Kniegelenkspunktion vor Reimplantation der neuen Knieendoprothese	45
12	Keimnachweis bei der Reimplantationsoperation	45
13	Patienten mit einer Reinfektion der neuen Knieendoprothese	47
14	Reizlose Narbe zum Entlassungszeitpunkt	51
15	Komplikationen in der primären Wundheilung	52
16	Röntgenbefundung	52
17	C-reaktives Protein. Normbereich: <5 mg/l; 5 mg/l und höhere Werte sind pathologisch.	53

18	Leukozytenzahlen. Normbereich: 4000-10000/ μ l; höhere Werte sind pathologisch.	54
19	Mittleres maximales Bewegungsausmaß MW mit Standardabweichung SA und Standardfehler des Mittelwertes m.F.; SI: vor Spacerimplantation; SE: zum Entlassungszeitpunkt nach Spacerexplantation; N: Nachuntersuchung	55
20	Mittlere Flexion MW im Kniegelenk mit Standardabweichung SA und Standardfehler des Mittelwertes m.F.; SI: vor Spacerimplantation; SE: zum Entlassungszeitpunkt nach Spacerexplantation; N: Nachuntersuchung	61

9 Anhang

9.1 Akademische Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Universitätsprofessoren und Dozenten:

in Marburg: Adamkiewicz, Aumüller, Barth, Basler, Baum, Berger, Daut, Feuser, Gerdes, Görg, Hertl, Horn, Kann, Klose, Koolman, Kroll, Lill, Löffler, Lohoff, Maier, Maisch, Mandrek, Martin, Moll, Mueller, Mutters, Neubauer, Oertel, Plant, Renz, Richter, Riera-Knorrenschild, Röhm, Schäfer, Schrader, Schofer, Skwara, Steinkamp, Tibesku, Vogelmeier, Wagner, Weihe, Westermann, Werner, Wündisch, Wulf, Zemlin

in Sursee, Schweiz: Deyle, Els, Fenner, Lauber, Müller, Scherz, Sprecher, Stäuble, Wild, Wildisen

9.2 Danksagung

An erster Stelle sei Herrn PD Dr. A. Skwara herzlichst gedankt für die Übernahme und stete Betreuung meiner thematischen Fragestellung. Die vielfältige Unterstützung und die wertvollen Anregungen habe ich immer geschätzt. Er nahm sich immer wieder die Zeit, mit mir im persönlichen Gespräch verschiedene Diskussionspunkte zu klären.

Für die Übernahme des Zweitgutachtens bedanke ich mich herzlichst bei Herrn Prof. Dr. Ruchholtz.

Herrn Prof. Dr. C. Tibesku danke ich für die Überlassung des interessanten Promotionsthemas und für die Möglichkeit diese Arbeit in der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie des Universitätsklinikums Marburg durchführen zu können.

Ein herzliches Dankeschön gilt Herrn Dr. J. Bauer für die freundliche Unterstützung und die gute Zusammenarbeit.

Herrn Dr. J. Paletta danke ich für die Hilfe bei der statistischen Auswertung. Weiterer Dank gilt Herrn Dr. C. Becher für die initiale Betreuung dieser Dissertation.

Ein großes Dankeschön gebührt den Korrekturlesern und Kommentatoren Dr. Georg Damm und Inge Sommer, die zur Fertigstellung dieser Arbeit einen wichtigen Beitrag geleistet haben.

Ein sehr herzlicher Dank gilt meinen Eltern, meinen Geschwistern und meinem Freund, die alle auf ihre Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Allen, die direkt oder indirekt zu dieser Arbeit beigetragen haben und nicht nament-

lich erwähnt wurden, sei mein herzlicher Dank ausgesprochen.