

Aus dem
Akademischen Lehrkrankenhaus der Universität Tübingen
Klinikum Sindelfingen-Böblingen
Orthopädische Klinik Sindelfingen

**Vergleich der Prävalenzen asymptomatischer Low-Grade-
Infekte im Implantatlager nach Entfernung von
Osteosynthesematerial und Prothesenkomponenten bei
Wechseloperationen. Eine prospektive Studie.**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Prokop, Eva Sophie**

2026

Dekanin: Professorin Dr. S. Y. Brucker

1. Berichterstatter: Professor Dr. S. Kessler

2. Berichterstatter: Professorin Dr. T. Histing

Tag der Disputation: 08.04.2026

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1. Einleitung	3
1.1 Einführung in das Thema	3
1.1.1 Häufigkeit der Osteosynthese und des endoprothetischen Ersatzes	3
1.1.2 Indikationen der Osteosynthese	4
1.1.3 Indikationen der Hüftgelenksendoprothese	4
1.1.4 Indikationen der Kniegelenksendoprothese	4
1.1.5 Gründe für Revisionsoperationen	5
1.1.6 Periprothetische Infektion und perioperative Antibiotikaphylaxe	5
1.1.7 Leitlinienempfehlung der Metallentfernung	8
1.1.8 Metallentfernungen	8
1.1.9 Low-Grade-Infektionen bei Metallentfernungen und Wechseloperationen	9
1.1.10 Focus Score	11
1.1.11 Sonifikation	11
1.1.12 Prädispositionsfaktoren	11
1.1.13 Ziele der Studie	12
1.2 Fragestellungen	13
2. Material und Methoden	14
2.1 Formalia	14
2.2 Mindestanzahl der PatientInnen	15
2.3 Ein- und Ausschlusskriterien	15
2.4 Aufklärung und Datenschutz	15
2.5 Erhobene Daten	16
2.6 Abstriche, Gewebeproben und Histologie	17
2.7 Pathogenitätseinteilung der Erreger	21
2.7.1 Gruppe 1 hochvirulente, biofilmbildende Pathogene	21
2.7.2 Gruppe 2 niedrigvirulente, biofilmbildende Haut- und Umweltkeime	21
2.7.3 Gruppe 3 niedrigpathogene Begleitflora	22
2.8 Studiendesign	22
2.9 Beobachtungszeit	23
2.10 Nachbefragung	23
2.11 Datendokumentation und Statistik	23
2.12 Nutzen-und Risikoanalyse	24
3. Ergebnisse	25
3.1 Deskriptive Statistik	25
3.2 Sensitivität und Spezifität der Verfahren	37
3.3 Keimnachweis	38
3.4 Kasuistiken Wechseloperationen	40
3.5 Kasuistiken Metallentfernungen	43
3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse	75
4. Diskussion	76
4.1 Low-Grade-Infekte	76
4.2 Low-Grade-Infekte bei Metallentfernungen	76
4.3 Low-Grade-Infekte bei Wechseloperationen	77

4.4 Vergleich Wechseloperationen und Metallentfernungen	77
4.5 Cutibacterium acnes	80
4.6 Neue Empfehlungen	81
4.7 Auswertung	82
4.8 Stärken und Schwächen der Arbeit	86
4.9 Handlungsempfehlungen für die Zukunft	86
5. Zusammenfassung	88
6. Beantwortung der Fragen	90
7. Literaturverzeichnis	93
8. Erklärung zum Eigenanteil	101
9. Danksagung	102
10. Anlagen	103

Abkürzungen

%: Prozent

+/-: Plus und Minus

/: pro, oder

AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften

BDSG: Bundesdatenschutzgesetz

BG: Berufsgenossenschaft

BMI: Body Mass Index

Bspw.: Beispielsweise

Bzw: Beziehungsweise

ca.: circa

cm: Zentimeter

CRP: C-Reaktives Protein

Df: Degrees of Freedom (Freiheitsgrade)

DGHM: Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie

Dr.: Doktorin / Doktor

etc.: Et cetera

EUCAST: European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing

€: Euro

g: Gramm

HE: Hämatoxylin-Eosin-Färbung

i.v.: intravenös

IRegG: Implantateregistergesetz Deutschland

IWGDF: International Working Group on the Diabetic Foot

KRINKO: Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des Robert Koch-Instituts

LD SG: Landesdatenschutzgesetz

MHK: Minimale Hemmkonzentration

OKS: Orthopädische Klinik Sindelfingen

OP: Operation

p: Probability value

PD: Privatdozent

Prof.: Professorin / Professor

SOP: Standard Operating Procedure

Staph.: Staphylococcus

TEP: Totalendoprothese

Vs.: Versus

WHO: World Health Organization

z.B.: Zum Beispiel

><: Größer als, Kleiner als

Vergleich der Prävalenzen asymptomatischer Low-Grade-Infekte im Implantatlager nach Entfernung von Osteosynthesematerial und Prothesenkomponenten bei Wechseloperationen. Eine prospektive Studie.

1. Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

1.1.1 Häufigkeit der Osteosynthese und des endoprothetischen Ersatzes

Die Osteosynthese bei Frakturen und der prothetische Ersatz bei Gonarthrosen und Koxarthrosen gehören zu den häufigsten operativen Eingriffen am Skelettsystem in der Erwachsenenpopulation in Deutschland.

Nach einer Analyse, publiziert im Deutschen Ärzteblatt 2021, wurden im Jahr 2019 insgesamt 688.403 Frakturen erfasst. Damit beträgt die Inzidenz von Frakturen 1.014 pro 100.000 Einwohner. Am häufigsten werden Schenkelhalsfrakturen (Inzidenz 120/100.000), pertrochantäre Femurfrakturen (109/100.000) und Radiusfrakturen (Inzidenz 106/100.000) versorgt (Rupp et al., 2021).

Vor allem der endoprothetische Ersatz bei fortgeschrittener Koxarthrose und Gonarthrose wird sehr oft durchgeführt. Im Jahr 2011 wurden 232.320 Hüftprothesen und 168.468 Knieprothesen implantiert, mit einer Steigerung im Vergleich zu den Vorjahren von 11%. Damit erfolgten Prothesenerstimplantationen an der Hüfte mit einer Inzidenz von 284/100.000 und am Knie von 206/100.000 (Wengler et al., 2014). Deutschland liegt bei der Häufigkeit des Hüftgelenkersatz im Vergleich der OECD-Länder nach der Schweiz auf dem zweiten Platz. Bei Knieendoprothesen nimmt Deutschland nach den USA und Österreich den dritten Platz im Häufigkeitsranking ein (Wengler et al., 2014). Im Jahr 2021 wurden in Deutschland 245.000 Hüftprothesen und 170.000 Knieprothesen, davon 87% als totale und 13% als unikondyläre Knieendoprothese, implantiert (Lützner et al., 2025; Radtke, 2024).

1.1.2 Indikationen der Osteosynthese

Durch die stabilisierende Osteosynthese von Frakturen lässt sich eine rasche Mobilisation erreichen. Insbesondere bei dislozierten und instabilen Brüchen führt das im Vergleich zu einer konservativen, ruhigstellenden Therapie zu einem besseren Behandlungsergebnis. Als mögliche Implantate kommen dabei Schrauben, Platten und Nägel sowie interne und externe Fixateure zum Einsatz (Buckley et al., 2017; Prokop, 2024).

1.1.3 Indikationen der Hüftgelenksendoprothese

Die Indikation zum prothetischen Ersatz am Hüft- und Kniegelenk sind in den AWMF Leitlinien klar definiert und sind am Hüftgelenk:

- Radiologisch nachweisbare Koxarthrose, Stadium nach Kellgren/Lawrence Grad 3 mit moderater Arthrose (multiple Osteophyten, verminderte Gelenkspaltweite, geringe bis mäßige subchondrale Sklerose, mögliche Deformität der gelenkbildenden Knochenanteile), sowie Kellgren/Lawrence Grad 4 mit schwerer Arthrose (große Osteophytenbildungen, fortgeschrittene Verminderung der Gelenkspaltweite, schwere subchondrale Sklerose, Deformität der gelenkbildenden Knochenanteile) (Kellgren & Lawrence, 1957).
- bei klinisch relevanter, fortgeschrittener Hüftkopfnekrose ab ARCO Stadium IIIc mit irreversiblen Schäden, subchondralen Frakturen und sekundärer Arthrose (Arbab & König, 2016).
- Vergeblich anhaltende Beschwerden trotz 3 Monaten konsequenter konservativer Behandlung
- erhebliche Leidensdruck mit Einschränkung der Mobilität und Lebensqualität (AWMF, 2021b).

1.1.4 Indikationen der Kniegelenksendoprothese

Am Kniegelenk ergeben sich ähnliche Indikationen zum Ersatz wie am Hüftgelenk:

- Nachweisbarer Strukturschaden im Kniegelenk, wie beispielsweise bei radiologischem Nachweis einer Gonarthrose oder Osteonekrose
- Versagen konservativer Therapiemaßnahmen

- auf die Kniegelenkserkrankung bezogene Einschränkung der Lebensqualität und
- auf die Kniegelenkserkrankung bezogener subjektiver Leidensdruck (AWMF, 2023, 2024a).

Implantierte Hüft- und Knieprothesen haben zwischenzeitlich lange Standzeiten bevor eine Wechseloperation notwendig wird. Im schwedischen Prothesenregister werden Überlebensraten von Hüft-TEPs von knapp 95% nach 10 Jahren und ca. 75% nach 25 Jahren beschrieben (Swedish Hip Arthroplasty Register., 2019). Für Knieprothesen zeigten Metaanalysen im Jahr 2019, sowie die AWMF Leitlinie der Knieprothesen von 2023, dass die Standzeiten bei Knieprothesen vergleichbar ist und nach 10 Jahren knapp über 90%, nach 20 Jahren bei 90% und nach 25 Jahren bei 82% liegt (AWMF, 2023; Lützner et al., 2025).

1.1.5 Gründe für Revisionsoperationen

Die häufigsten Gründe für eine Revisionsoperation und Wechsel der Prothesen unterscheiden sich etwas bei Hüft- und Knieprothesen.

Der häufigste Grund zum Prothesenwechsel ist die Lockerung von Prothesenkomponenten. Bei der Hüftprothese sind die Revisionsgründe in 56% die aseptische mechanisch begründete Lockerung, in 14,8% Infektionen, in 13,7% Dislokationen und in 9,2% periprothetische Frakturen (Swedish Hip Arthroplasty Register., 2019). Bei der Knieprothese ist der häufigste Grund zum Wechsel in 30,9% eine Instabilität, in 29,7% eine Infektion, in 22,6% die aseptische Lockerung, in 6,6% ein Malalignment mit Beschwerden und in je nach Literatur in 1-13% die Arthrofibrose mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung (AWMF, 2023; Dörries; Lützner et al., 2025).

1.1.6 Periprothetische Infektion und perioperative Antibiotikaphylaxe

Eine Protheseninfektion ist ein zwingender und nicht unerheblicher Grund eine Prothese zu revidieren. Auch bei der Erstimplantation einer Gelenkprothese besteht, trotz von den Leitlinien empfohlenen perioperativen

Antibiotikaphylaxe grundsätzlich das Risiko, eine Infektion zu erleiden. Hier werden häufig Cephalosporine eingesetzt, da diese neben ihrer guten Verträglichkeit, ein breites Wirkspektrum haben, welches die häufigsten Erreger für periprotetische Infektionen abdeckt (AWMF, 2024b; Bärthel et al., 2023). In einer internationalen Konsens-Konferenz zu Protheseninfektionen wurde konstatiert, dass das Risiko eine Infektion zu erleiden durch Anwesenheit eines Fremdkörpers (bspw. eine Prothese) vielfach größer ist, denn es benötigt eine deutlich niedrigere Keimlast (Faktor 10^5) als bei einer implantatfreien Situation. Je nach Lokalisation und Art des implantierten Kunstgelenks, sowie patientInnenabhängigen Risikofaktoren unterscheiden sich die Infektionsinzidenzen und liegen bei der Hüft TEP bei knapp unter 1%, bei Knie TEP knapp unter 2%, bei Ellenbogen TEP bei 9%, bei Schulter TEP knapp unter 1% und bei Mega- und Tumorprothesen bei ca. 15%. Sie sind mit einer 1-Jahresmortalität zwischen 8-25% verbunden (AWMF, 2021a; Otto-Lambertz et al., 2017; Walter & Gramlich, 2019).

Die Implantate werden bei der implantatassoziierten Infektion als Fremdkörper in einem Gewebe wahrgenommen, das traumatisch und operativ vorgeschädigt ist und ein lokales Immundefizit aufweist. Diese lokale Immunsuppression macht es umliegenden Bakterien einfach sich auszubreiten. Bilden die Erreger einen Biofilm, welcher sich wie eine Schutzhülle um das Implantat legt, ist es sowohl für das körpereigene Immunsystem, als auch für die eingesetzten Antibiotika schwer diesen Infekt zu erreichen und zu bekämpfen. Da die Keime durch den Schutz des Biofilms um den Faktor 1000 geringer sensibel auf Antibiotika reagieren, ist eine Spontanheilung nicht zu erwarten (Walter & Gramlich, 2019). Durch die Fremdkörperreaktion bilden sich in der Umgebung der Implantate vermehrt T-Zellen, Makrophagen und neutrophile Granulozyten, die sich histologisch nachweisen lassen (Gerlach, 2017; Walter & Gramlich, 2019). Bei Infektionen und septischen Lockerungen, sowie auch bei aseptischen Lockerungen und anderen mechanischen Komplikationen mit Beschwerden ist der ein- oder zweizeitiger Prothesenwechsel in den meisten Fällen indiziert (Bleß & Kip, 2016; Perka et al., 2024; Wirtz et al., 2023).

Auch nach Osteosynthese bei Frakturen werden regelmäßig Komplikationen durch primäre Infektionen beobachtet. Die Inzidenz für Infektionen liegt bei 11 pro 100.000 in Deutschland. In ca. 1-2% kommt es nach Versorgung von geschlossenen Frakturen zur Infektion. Bei offenen Frakturen werden, je nach Weichteilschädigungen, Infekte in bis zu 30% beschrieben (Bärthel et al., 2023).

Entsprechend der gerade Ende 2024 publizierten AWMF S3 Leitlinie zur perioperativen Antibiotikaphylaxe, wird die prophylaktische Gabe eines Antibiotikums bei allen Versorgungen von offenen Frakturen, Osteosynthesen an langen Röhrenknochen, arthroskopischen Eingriffen am Kniegelenk, sowie bei allen Implantationen von Endoprothesen empfohlen. Diese erfolgt mit einer Einmalgabe Cefazolin 2g i.v., ca. 30 Minuten vor dem Eingriff. Sie soll einen ausreichenden Schutz vor den häufigsten Erregern, wie Staphylokokken und Streptokokken erbringen. Neu in diese Leitlinie mit aufgenommen wurde die Empfehlung einer perioperativen Antibiotikagabe bei rekonstruktiven Operationen an der Schulter (AWMF, 2024b). Die zunehmende operative Frakturversorgung durch Platten und Prothesen führen, vor allem bei Schulter- und Ellenbogenimplantaten, vermehrt zu Infektionen und Low-Grade-Infekten. Bei inversen Schulterprothesen werden Infektionsraten von 2,8% beschrieben (Österreichische Ärztezeitung, 2019). In den Kliniken Sindelfingen bestand im Jahr 2023 die SOP (Standard Operation Procedure), dass bei allen Prothesenimplantationen, offenen Frakturen, Frakturen an langen Röhrenknochen und bei OP-Zeiten von über zwei Stunden, sowie bei der geplanten Einbringung von größeren Implantatmengen eine präoperative intravenöse Gabe von 2g Cefazolin zu erfolgen hat. Eingriffe an der Schulterregion waren in dieser SOP noch nicht mit aufgeführt. Auch wenn Osteosynthesen für gewöhnlich nur bei Komplikationen gewechselt, und ansonsten dauerhaft im Körper belassen werden können, äußern viele PatientInnen den Wunsch das eingebrachte Material nach knöcherner Heilung wieder entfernen zu lassen.

1.1.7 Leitlinienempfehlung der Metallentfernung

Für die Entfernung von Implantaten spricht entsprechend der Leitlinienempfehlung:

Ein niedriges Lebensalter, Implantate am wachsenden Skelett, Bohrdrähte, direkt oder indirekt störende Implantate, temporär gelenkblockierende, sowie segmentüberbrückende Implantate, wie Fixateur interne an der Wirbelsäule, Verfahrenswechsel bei verzögerter Frakturheilung oder Pseudarthrose, Vorbereitung vor evtl. durchzuführender weiterer Maßnahmen im Gelenkbereich, z.B. durch erforderliche Implantation von Endoprothesen, Implantate nach Schenkelhalsfrakturen bei jüngeren PatientInnen, winkelstabile Platten nach proximalen symptomatischen Humerusfrakturen, bei infizierten Osteosynthesen und beim expliziten Wunsch der PatientInnen (AWMF, 2018).

Metallallergien insbesondere auf Chrom und Nickel mit entsprechender Weichteilreaktion können ebenfalls ein Grund zur Metallentfernung sein. Die Metallallergie kommt bei 10-12% aller PatientInnen vor, spielt aber heute keine wesentliche Rolle mehr, da die Implantate, außer bei passager eingebrachten Bohrdrähten, zwischenzeitlich fast ausschließlich aus Titan sind und allergische Reaktionen allenfalls vereinzelt auftreten. Titanunverträglichkeiten sind nur äußerst selten und hauptsächlich in der Zahnmedizin beschrieben. Auch die Infektquote ist bei Titanimplantaten im Vergleich zu Stahl signifikant niedriger, bedingt durch eine bessere Gewebeverträglichkeit (Arens & Hansis, 1998; Prokop, 2024). Ein potentiell durch die Metalle ausgelöstes Krebsrisiko ist bis dato vereinzelt bei in vitro Untersuchungen und bei Tierversuchen aufgetreten. Eine Evidenz für eine erhöhte Karzinogenität für den Menschen durch Metalfreisetzungen aus Endoprothesen ist jedoch nicht hinreichend belegt (Rakow & Schoon, 2020).

1.1.8 Metallentfernungen

Gelenknah können die Metallentfernungen nach sicherer knöcherner Frakturdurchbauung ab dem 9-12. Monat elektiv und meist ambulant vorgenommen werden. Bei Schaftfrakturen strebt man einen etwas späteren Zeitpunkt an, meist nach dem 12.-24. Monat (AWMF, 2018; Izadpanah et al.,

2016; Prokop, 2024). Die Metallentfernung zählt in Deutschland zu den häufigsten Eingriffen und wird 180.000mal pro Jahr in Deutschland durchgeführt. Die gesamtwirtschaftliche Belastung macht ca. 183 Mio. Euro in Deutschland aus. 60% der Eingriffe erfolgen elektiv bei weitestgehender Beschwerdefreiheit, sodass ihr Nutzen von einigen Autoren in Frage gestellt wird (Drenck et al., 2016; Krettek et al., 2012). Schildhauer und Mitarbeiter beschreiben, dass 5% der Operationen in deutschen BG-Kliniken Metallentfernungen sind (Schildhauer, 2007). Bestehen Beschwerden nach Osteosynthesen geben 27% der PatientInnen eine Beschwerdelinderung nach der Metallentfernung, 69% eine teilweise Beschwerdelinderung und 3% eine Verschlechterung an (Schildhauer, 2007).

Nicht nur beim Einbringen, auch bei der Implantatentfernung können Komplikationen auftreten. So sind in der Literatur insbesondere Nerven- und Gefäßverletzungen und Infektionen in bis zu 11% beschrieben, sodass die Indikation zur OP immer in enger Abstimmung mit den PatientInnen erfolgen muss (Heiliggeist, 2016; Rütten, 2021; Scharf et al., 2016; Wirth, 2010).

1.1.9 Low-Grade-Infektionen bei Metallentfernungen und Wechseloperationen

Obwohl bei elektiven Metallentfernung keinen Anhalt für eine klinisch relevante Infektion besteht, werden teilweise intraoperativ asymptomatische Low-Grade Infektionen auffällig. Diese bleiben lange symptomlos, da es durch den von Bakterien erzeugten Biofilm zu keiner manifesten lokalen oder systemischen Infektion mit den typischen Infektzeichen wie Rötung, Überwärmung, Schwellungen, Schmerzen und Funktionsverlust (rubor, calor, tumor, dolor, functio laesa), kommt. Auch fehlen bei Low-Grade Infekten regelhaft erhöhte Entzündungsparameter im Blut (Gerlach, 2017; Walter & Gramlich, 2019).

In Sindelfingen werden vor Wechseloperationen bei Endoprothesen routinemäßig Gelenkpunktionen durchgeführt und diese gewonnene Gelenkflüssigkeit 14 Tage bebrütet, um Infektionen bereits präoperativ ausschließen zu können. Die Sensitivität der Untersuchung der präoperativ gewonnenen Synovialflüssigkeit und der intraoperativ gewonnenen

periprothetischen Gewebeproben lag zusammen bei 60-80%. Die Spezifität bei bis zu 98% (Ploeger MM et al., 2016). Eine Low-Grade Infektion lässt sich somit nicht sicher ausschließen, da viele Keime durch einen gebildeten Biofilm geschützt und nicht erreichbar sind (Ploeger MM et al., 2016; Renz et al., 2015). Bei der eigentlichen Operation des Prothesenwechsels oder der Metallentfernung sieht man dann trotz fehlender klinischer Hinweise in Abstrichen und Gewebeproben doch einen Low-Grade Infekt (Steinmetz et al., 2019; Walter & Gramlich, 2019). Sie imponieren selten und werden bis zur Entfernung des Osteosynthesematerials oder den Prothesenwechseln regelhaft nicht bemerkt. In der Literatur werden bei Metallentfernungen und Prothesenwechseln in kleinen Untersuchungsreihen ebenfalls trotz asymptomatischer Verläufe Keime nachgewiesen. So berichten Dapunt und Mitarbeiter 2015 bei 45 asymptomatischen Metallentfernungen in 17,2% eine Erregeridentifikation bei der Gewebeprobe. Bei Langzeitbebrütung der Sonifikationsflüssigkeit ergab sich sogar in bis zu 40% einen Keimnachweis, während der konventionelle Abstrich keinen einzigen ergab (0%) (Dapunt et al., 2015). Treten Komplikationen, wie beispielsweise eine atrophe Pseudarthrose im Verlauf auf, ist der Bakteriennachweis signifikant höher und gelingt bei 49 betroffenen PatientInnen auch beim Abstrich in 6,8% der Fällen (Dapunt et al., 2015). Bei Gewebeproben ist dann der Anteil der nachgewiesenen Infektionen ebenfalls signifikant höher (Izakovicova et al., 2019; Li et al., 2020).

Fuchs und Mitarbeiter untersuchten 196 asymptomatische PatientInnen nach kniegelenksnahen Osteosynthesenwechseln. In 28,4% ergab sich bei unfallchirurgischen Eingriffen ein positiver Keimnachweis. Bei elektiv-orthopädischen Eingriffen zeigten sich Keime in 26,5% der Fälle. Die 5 häufigsten Bakterienstämme waren dabei *Staphylococcus epidermidis* (34%), *Cutibacterium acnes* (damals *Propionibacterium acnes*) (16%), *Staphylococcus hominis* (11%), *Staphylococcus capitis* (7%) und *Staphylococcus aureus* (5%) (Fuchs et al., 2018; Kinzel, 2020). Auch bei histologischen Untersuchungen des Gewebes lassen sich sowohl bei Low-Grade, als auch bei manifesten Infekten typische Granulationsreaktionen mit vermehrtem Auftreten von neutrophilen Granulozyten in unterschiedlicher Ausprägung nachweisen. In der Literatur haben solche

histologische Untersuchungen zum Nachweis eines Infekts eine Sensitivität von 67% und eine Spezifität von 95% (Mederake et al., 2022). Je nach Menge der im mikroskopischen Gesichtsfeld auftauchenden neutrophilen Granulozyten lassen sich hoch virulente von gering virulenten Low-Grade-Infekten unterscheiden.

1.1.10 Focus Score

Krenn und Mitarbeiter entwickelten dafür den CD15 Focus Score anhand von 275 histologischen Gewebeproben bei PatientInnen mit periprotetischen Infektionen, die mit dem mikrobiologischem Keimnachweis abgeglichen wurden. Bei bis zu 39 neutrophilen Granulozyten pro mikroskopischen Gesichtsfeld lag keine Infektion, bei 40-106 Zellen eine Low-Grade-Infektion und bei über 106 Zellen eine manifeste Infektion vor. Beim Abgleich mit den mikrobiologischen Proben bestand für den Focus Score eine Sensitivität von 70% und eine Spezifität von 77% (Krenn et al., 2017). Mederake und Mitarbeiter konnten bei 56 PatientInnen bei Revisionsoperationen in 15 Fällen (27%) periimplantäre Low-Grade Infektionen feststellen. Bei der diagnostischen Biopsie beschrieben die Autoren eine Sensitivität von 100%, bei einer Spezifität von 83% (Mederake et al., 2022).

1.1.11 Sonifikation

Zusätzlich zu Abstrichen, Gewebeproben und der Histologie besteht zum Nachweis der periimplantären Infektion auch noch die Möglichkeit der Sonifikation. Hierbei werden die entnommenen Metalle oder Endoprothesen in einem sterilen Ultraschallbad vom Biofilm befreit und die so entstandene Flüssigkeit mikrobiologisch untersucht. Die Sensitivität liegt beim Sonikat bei 85-95% und die Spezifität bei 95% (Renz et al., 2015).

1.1.12 Prädispositionsfaktoren

In der Literatur werden prädisponierende Faktoren bei der periimplantären Infektion und Low-Grade-Infektion beschrieben. Hierbei gelten hohes PatientInnenalter, Adipositas, Diabetes, welches Geschlecht, Niereninsuffizienz und der Ort des eingebrachten Implantats, sowie die Erfahrung des erstimplantierenden Operierenden als mögliche Risikofaktoren (AWMF, 2021b,

2024b; Backes et al., 2015; Debus et al., 2022; Mederake et al., 2022; Österreichische Ärztezeitung, 2019; Schild, 2017).

1.1.13 Ziele der Studie

Ziel dieser Studie soll es daher sein, festzustellen wie hoch die Rate von Low-Grade-Infekten bei asymptomatischen PatientInnen aus der Orthopädie und Unfallchirurgie bei Prothesenwechseln und Metallentfernungen sind und welche prädisponierenden Risikofaktoren dabei bedeutsam sein können. Es soll geklärt werden, welche diagnostischen Untersuchungen zur Feststellung eines Low-Grade-Infektes am besten geeignet sind und welche Konsequenzen für die Therapie daraus gezogen werden können.

1.2 Fragestellungen

Folgende Fragen sollen in der Studie beantwortet werden:

- Wie hoch ist die Rate von Low-Grade-Infekten nach Osteosynthesen bei Metallentfernungen?
- Wie hoch ist die Rate von Low-Grade-Infekten bei Wechseloperationen von Prothesen?
- Welche klinische Bedeutung haben nachgewiesene Low-Grade-Infekte für den klinischen Verlauf?
- Welche therapeutischen Maßnahmen müssen unter Umständen bei der Primäroperation angepasst werden?
- Gibt es Unterschieden bei orthopädischen und unfallchirurgischen Eingriffen?
- Gibt es Abhängigkeiten vom Zeitpunkt der Primäroperation als Notfall- oder bei geplanter Operation?
- Gibt es Unterschiede im Nachweisverfahren eines Low-Grade-Infektes?
- Gibt es Implantationsorte mit vermehrten Low-Grade-Infekten?
- Gibt es Zusammenhänge beim Alter, Gewicht oder Geschlecht der PatientInnen oder dem Primäroperateur bzw. der Primäroperateurin?
- Ist das Regime einer perioperativen prophylaktischen Antibiose ausreichend?
- Gibt es bei nachgewiesenen Low-Grade-Infekten Auffälligkeiten im Behandlungsverlauf?

2. Material und Methoden

2.1 Formalia

Die Betreuung der Promotionsarbeit erfolgte durch Herrn Prof. Dr. Stefan Kessler, Klinikverbund Südwest, Klinik für Orthopädie, in 71065 Sindelfingen. Die Durchführung der Promotionsarbeit und die zu untersuchenden Parameter wurden ausführlich besprochen.

Am 15.02.2023 wurde eine Betreuungsvereinbarung mit dem Betreuer, sowie dem Zweitbetreuer und Mentor Herrn PD Dr. Andreas Badke, dem stellvertretenden Direktor der BG Unfallchirurgie Tübingen, abgeschlossen. Über das zu untersuchende Thema wurde mit dem Betreuer dieser Promotion ein Studienplan entsprechend der Vorgaben der Ethikkommission verfasst. Die Studienkriterien und -durchführung wurde in einem Antrag entsprechend der Vorgaben der Eberhard-Karls-Universität Tübingen aufgeführt. Von der Ethikkommission Tübingen wurde die Studie mit der Antragsnummer 130/2023BO2 am 16.02.2023 genehmigt.

Am 16.05.2023 erfolgte die Zustimmung zur Promotionsarbeit durch Prof. Dr. Tina Histing, Direktorin der BG Unfallklinik Tübingen.

Als Voraussetzung zum Verfassen einer Promotionsschrift wurde der Grundlagenkurs „Gute wissenschaftlichen Praxis für Promovierende“ vom 30.03.-05.04.2023 und der Kurs „Gute wissenschaftliche Praxis Teil 2“ vom 17.11.-24.11.2023 erfolgreich besucht und abgeschlossen.

Während der Studie erfolgte ein regelmäßiger Austausch mit dem Doktorvater Prof. Dr. Kessler und Zwischenberichte an den Zweitbetreuer Herrn PD Dr. Badke.

2.2 Mindestanzahl der PatientInnen

Zur Überprüfung des Stichprobenumfangs und der Mindestanzahl der PatientInnen wurde im Vorfeld eine Poweranalyse mit dem Programm GPower 3.1.9.7 durchgeführt (Röhrig et al., 2010). Dabei wurde berücksichtigt, dass in der Literatur in 17-40% der Fälle verfahrensabhängig eine Low-Grade Infektion festgestellt wird (Dapunt et al., 2015).

Bei einer Effektgröße von 0.4, einem Alphafehler von 0.01 und einer Power von 0.95 müssen dann mindestens 208 Untersuchungen erfolgen. In der Studie konnten über 100 orthopädische Wechseloperationen und über 250 Metallentfernungen eingeschlossen werden, sodass die notwendigen Fallzahlen erreicht werden konnten.

2.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

Eingeschlossen wurden alle operativen Eingriffe zur Metallentfernung sowie geplante Prothesenwechseloperationen vom 01.06.2023-31.12.2024 mit vorhandener Einwilligungserklärung. Bei Minderjährigen im Alter von 14-18 musste das Einverständnis der Eltern vorliegen.

Ausschlusskriterien:

Als Ausschlusskriterien wurden nicht vollständige Unterlagen (Abstrich, Gewebeprobe, Histologie), sowie der explizierte Wunsch des Patienten oder der Patientin definiert. Kinder unter 14 Jahren wurden nicht in die Studie aufgenommen. Ebenso waren alle Infektionen oder der Verdacht auf eine Infektion in der Vorgeschichte oder klinische präoperative Hinweise auf einen Infekt ein Ausschlusskriterium, sodass ausschließlich asymptomatische PatientInnen in die Studie eingeschlossen wurden.

2.4 Aufklärung und Datenschutz

Vor den geplanten Eingriffen mussten die PatientInnen einen vorbereiteten Aufklärungsbogen und eine Erklärung zum Einverständnis der Aufnahme ihrer

Daten unterzeichnen. Der Aufklärungsbogen wurden am 10.02.2023 erstellt und als gelenktes Dokument auf dem Klinikserver hinterlegt.

Entsprechend der Vorgaben der Eberhard-Karls Universität Tübingen wurde eine Information und Einwilligungserklärung zum Datenschutz für Studien erstellt und als Dokument auf dem Klinikserver hinterlegt.

Die PatientInnen erklärten sich ebenfalls damit einverstanden, dass sie bei Nachfragen telefonisch kontaktiert werden können. Treten Auffälligkeiten bei den erhobenen Daten auf, sollten die PatientInnen über die gewonnenen Erkenntnisse informiert werden. Die personenbezogenen Daten wurden nach Fallnummern verschlüsselt und anonymisiert in einer Excel Datei aufgenommen. Die ärztliche Schweigepflicht wurde dabei zu jeder Zeit eingehalten. Eine Verschwiegenheitserklärung wurde dafür von mir unterschrieben. Die Daten sollen am Ende der Dissertation durch Formatierung gelöscht werden. Damit waren die Voraussetzungen von §13(1) LDSG-Anpassungsgesetz beziehungsweise §27 BDSG Anpassungsgesetz erfüllt.

2.5 Erhobene Daten

Im Rahmen der Vorbereitung wurden Alter, Geschlecht, Körpergröße und Gewicht, sowie die ASA-Klassifikation der PatientInnen erhoben (American Society of Anaesthesiologists, 2020). Nach der Formel: $\text{Körpergewicht} / \text{Körpergröße}^2$ konnte der Bodymass-Index BMI automatisiert errechnet werden. Bis zu einem BMI von 25 galt die Person als normalgewichtig, bei 25-30 bestand Übergewichtigkeit, ab einem BMI von 30 Adipositas und ab einem BMI von 40 und mehr Adipositas per magna (WHO, 2010). Ebenfalls wurde mit dokumentiert, ob die Operation vor dem jeweiligen Prothesenwechsel bzw. der Materialentfernung von einem Chefarzt oder von Ober- oder AssistenzärztInnen erfolgte. Der Ort des Eingriffs (Endoprothese: Hüfte/Knie), die Lokalisation, sowie die Art des entfernten oder gewechselten Implantats wurden dokumentiert. Soweit die jeweils ersten Operationen auch in Sindelfingen erfolgten, wurde festgehalten, ob und welches Antibiotikum als perioperative

Prophylaxe eingesetzt wurde. Von den präoperativen Blutkontrollen wurden die Entzündungswerte (Leukozyten und C-reaktives Protein) erfasst. Für die Bewertung der Nierenfunktion wurden die Werte Harnstoff und Kreatinin aufgenommen. Normalwerte wurden mit 0 und pathologische Erhöhung mit 1 klassifiziert, um eine spätere statistische Auswertung zu ermöglichen. Zusätzlich bestand postoperativ die Möglichkeit klinische Auffälligkeiten zu dokumentieren.

Vor den Wechseloperationen bei Endoprothesen wurden das betroffene Gelenk punktiert und die gewonnene Probe 14 Tage mikrobiologisch bebrütet, sodass septische Wechsel im Vorhinein für die Studie ausgeschlossen wurden. Vor den geplanten Wechseloperationen wurden die PatientInnen angehalten vorbereitende, keimreduzierende Maßnahmen der Haut vorzunehmen. Dazu zählten tägliche Körperwaschungen mit Polyhexanid oder Octenidin beginnend vier Tage vor der Operation. Ebenfalls sollte die Nase mit entsprechenden Komplettssets (Octenisan Set von SchülkeMayr) vorbehandelt werden. Die letzte Hautwaschung fand am OP-Tag statt (siehe Patienteninformation in Anlage).

Bei den Metallentfernungen erfolgte diese Vorbereitung nicht.

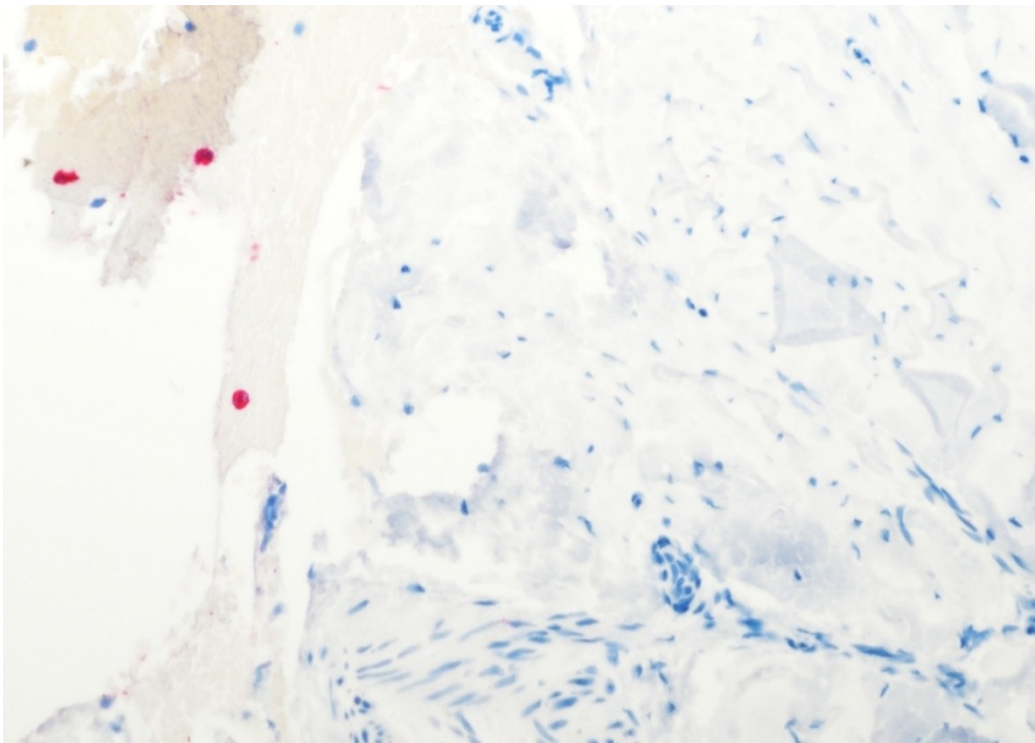
2.6 Abstriche, Gewebeproben und Histologie

Intraoperativ wurden jeweils zwei Gewebeproben, zwei Abstriche und ein mindestens 0,5-1,0cm großer Gewebestreifen aus den Implantatlagern der PatientInnen entnommen und zur histologischen, sowie mikrobiologischen Aufarbeitung genutzt. Die Abstriche und Gewebeproben wurden entsprechend des Qualitätsstandards in der mikrobiologischen Diagnostik nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (DGHM), 14 Tage langzeitbebrütet. Bei einem positiven Keimnachweis wurde weiterführend ein Antibiotogramm nach den EUCAST-Empfehlungen erstellt (Eucast, 2025; Gattermann SG, 2014). Leiter der mikrobiologischen Abteilung des Klinikverbunds Südwest war Dr. Thilo Rünz.

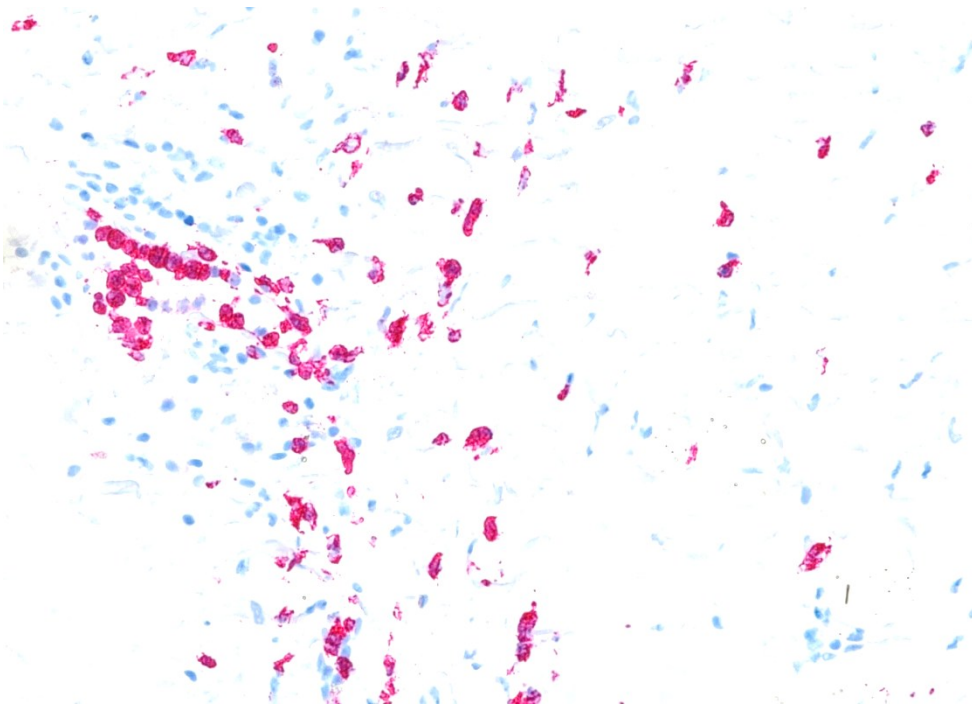
Die Histologie wurde bei Dr. Ines Dostler in der Pathologie des Klinikverbunds Südwest aufgearbeitet und untersucht (Becker K, Vogel U, Berner R, Eckmann

C, 2014; Becker, Kartsen, Heilmann, Christine, Peters, Georg, 2014). Die histologischen Proben wurden in 4% Formalin fixiert, anschließend entwässert, geschnitten und mit einer Hämatoxylin-Eosin Färbung angefärbt. Anschließend wurden sie mit einem immunhistochemischen Marker CD15 versetzt, sodass neutrophile Granulozyten rot angefärbt wurden (Liewen et al., 2022; Wezgowiec, 2016a, 2016b). Mit einem Zählautomaten wurden in einem mikroskopischen Feld mit 40-facher Vergrößerung die Anzahl der im Gesichtsfeld auftretenden neutrophilen Granulozyten erfasst. Speziell für die periimplantäre Infektion wurde im Jahr 2015 der „Focus-Score“ entwickelt. Bei einer Anzahl von weniger als 39 Zellen lag definitionsgemäß keine Infektion vor. Zwischen 40-106 Zellen/Gesichtsfeld ergab sich eine Low-Grade-Infektion mit niedrig virulenten Erregern und ab einer Anzahl von 107 Zellen lag eine High-Grade-Infektion vor (Kölbel et al., 2015; Kölbel, 2015; Krenn et al., 2017; Krenn et al., 2018; Liewen et al., 2022). Für die Neuentwicklung des Focus Scores zur periimplantären Infektion wurden die Erstbeschreiber 2017 mit dem Arthur-Vick Preis der Deutschen Gesellschaft für Orthopädische Rheumatologie 2017 ausgezeichnet (Bause et al., 2018).

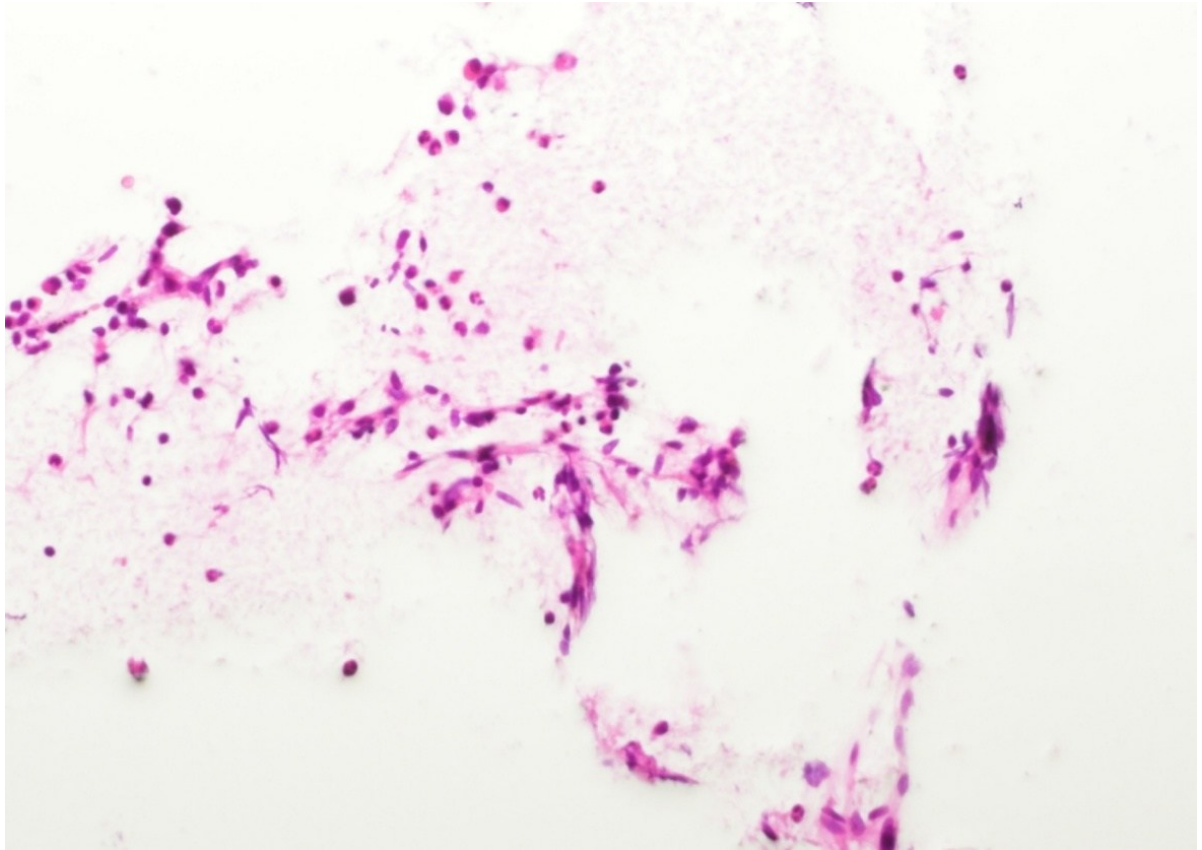
Beispiele Focus Klassifikationen (anhand von Studienfällen):
Focus 0 keine Infektion (HE-Färbung und CD15 Immunhistochemie, 20fach)



Focus I Low-Grade-Infektion (HE-Färbung und CD15 Immunhistochemie, 20fach)



Focus II High-Grade-Infektion (HE-Färbung und CD15 Immunhistochemie, 20fach)



2.7 Pathogenitätseinteilung der Erreger

2.7.1 Gruppe 1 hochvirulente, biofilmbildende Pathogene

Hoch virulente Keime, die häufig zu floriden Infektionen führen und die Fähigkeit besitzen zum Schutz einen Biofilm zu bilden:

- **Staphylococcus aureus**: Einer der Hauptverursacher von Implantat-assoziierten Infektionen mit hoher Virulenz und Biofilmbildung (z.B. Osteomyelitis, Endokarditis).
- **Staphylococcus lugdunensis**: sein Virulenzprofil ähnelt dem von Staph. aureus. Dieser kann ernsthafte Infektionen verursachen, insbesondere bei einliegenden Implantaten.
- **Enterococcus faecalis**: Häufiger kommensaler Erreger, teilweise Verursacher von Harnwegsinfektionen, kann aber auch bei Implantaten, insbesondere Herzklappenprothesen, schwere Infektionen auslösen.
- **Proteus mirabilis**: Ursache von Harnwegs- und Wundinfektionen, kann auch an Implantaten problematisch werden.
- **Corynebacterium jeikeium**: Bekannt für nosokomiale Infektionen, insbesondere bei immunsupprimierten PatientInnen und solchen mit implantierten Geräten (z.B. Herzschrittmacher, Katheter) (Arias & Murray, 2012; Becker et al., 2014; Otto, 2014).

2.7.2 Gruppe 2 niedrigvirulente, biofilmbildende Haut- und Umweltkeime

Umweltkeime, die jedoch an Fremdkörpern wie Implantaten anhaften und durch ihre Biofilmbildung relevante Infektionen verursachen können:

- Staphylococcus epidermidis**: Gehört zur normalen Hautflora, kann aber bei Immunsuppression oder einliegenden Implantaten (z.B. Kathetern oder Prothesen) häufig zu Infektionen führen. Auch dieser niedrig virulente Keim ist für seine Biofilmbildung bekannt.
- Cutibacterium acnes** (früher Propionibacterium acnes): Ein niedrig virulenter Hautkeim, der Implantat-assoziierte Infektionen verursachen kann, insbesondere bei orthopädischen oder neurochirurgischen Implantaten.
- **Bacillus cereus group**: Meist als Kontaminant betrachtet, aber gelegentlich

verantwortlich für schwere Infektionen, besonders bei PatientInnen mit geschwächtem Immunsystem oder in Kombination mit Fremdkörpern.

- **Staphylococcus haemolyticus**: Meist apathogen, kann jedoch bei immunsupprimierten PatientInnen Infektionen verursachen (Achermann et al., 2014; Becker et al., 2014; Czekaj et al., 2015).

2.7.3 Gruppe 3 niedrigpathogene Begleitflora

Apothogene Keime die meist als Kontamination auftreten:

- **Staphylococcus warneri**: Normalerweise apathogen, gehört zur Hautflora.
- **Staphylococcus capitis ssp. capitis**: Gehört zur normalen Hautflora, selten pathogen.
- **Micrococcus luteus**: Hautflora, selten pathogen.
- **Kocuria rhizophila**: Gehört ebenfalls zur normalen Hautflora und ist meist apathogen.
- **Bacillus subtilis**: Wird meist als Umgebungs- oder Hautkontaminant betrachtet, selten pathogen.
- **Bacillus amyloliquefaciens**: Ebenfalls ein Umgebungskeim, selten pathogen.
- **Corynebacterium accolens**: Gehört zur normalen Hautflora, selten pathogen.
- **Actinomyces neuui ssp. neuui**: Meist apathogen, kann gelegentlich Infektionen in Verbindung mit Fremdkörpern verursachen, aber sehr selten (Becker K, Vogel U, Berner R, Eckmann C, 2014; Becker, Kartsen, Heilmann, Christine, Peters, Georg, 2014; Bernard, 2012; Glasset et al., 2018; Kuroda et al., 2005; Lawal et al., 2021; Logan, 2012; O'Hara et al., 2000).

2.8 Studiendesign

Die Studiendaten wurden prospektiv erhoben.

2.9 Beobachtungszeit

Die Akquise der PatientInnen erfolgte vom 01.06.2023 bis zum 31.12.2024.

2.10 Nachbefragung

PatientInnen mit positiver Histologie, befundauffälligen Abstrich- oder Gewebeproben sollten im Rahmen der Studie Nachbefragungen und ggfs. Nachuntersuchungen erhalten. So kann festgehalten werden, ob sich auch im postoperativen Verlauf klinische Auffälligkeiten ergaben.

2.11 Datendokumentation und Statistik

Die Daten wurde im Tabellenkalkulation Microsoft Office Excel Version 16 gespeichert. Als Textverarbeitungsprogramm wurde Microsoft Office Word Version 16 genutzt. Für die Statistische Auswertung wurde SPSS for students Version 29 genutzt.

Für die statistische Auswertung erfolgte eine Beratung durch das Institut für Epidemiologie und medizinische Biometrie der Universität Ulm mit zusätzlicher Unterstützung eines Statistikers. Zur Zusammenhangsprüfung von zwei dichotomen Variablen wurde der Fishers Exact Test als statistisches Verfahren eingesetzt. Bei Nominalskalen, wie z.B. dem Geschlecht, der Chi-Quadrat-Test. Für metrische Variablen, wie dem BMI oder das Alter, kamen parametrische Verfahren, wie der t-Test, sowie Varianzanalysen zum Einsatz. Ein ungerichteter Test auf Mittelwertsunterschiede wurde verwendet, um Effekte bzw. der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsverfahren miteinander zu vergleichen. Das Signifikanzniveau wurde bei der Testung auf $p=0,05$ angesetzt (Bortz & Lienert, 2008; Weiß, 2019).

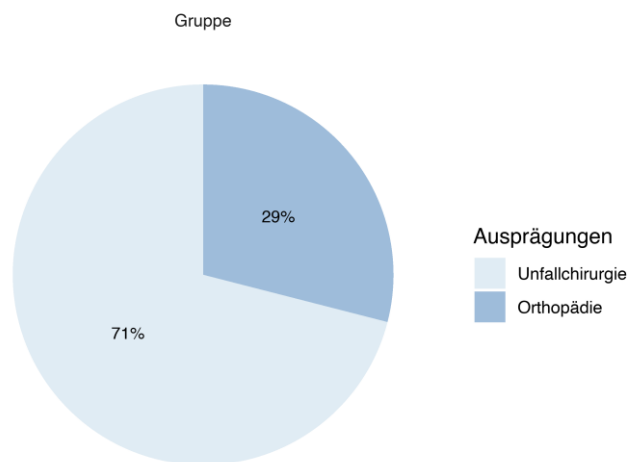
2.12 Nutzen- und Risikoanalyse

Für zukünftige PatientInnen wäre ein potenzieller Nutzen gegeben, wenn durch die Arbeit Risikoprofile erstellt und daraus Empfehlungen erarbeitet werden können. So könnten Low-Grade-Infektionen in Zukunft vermieden oder zumindest minimiert werden.

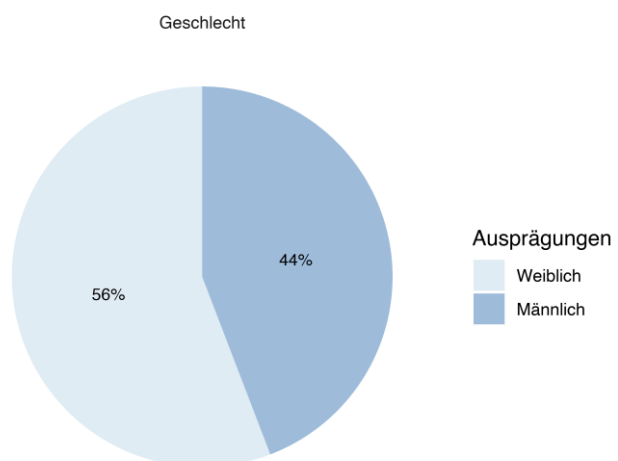
3. Ergebnisse

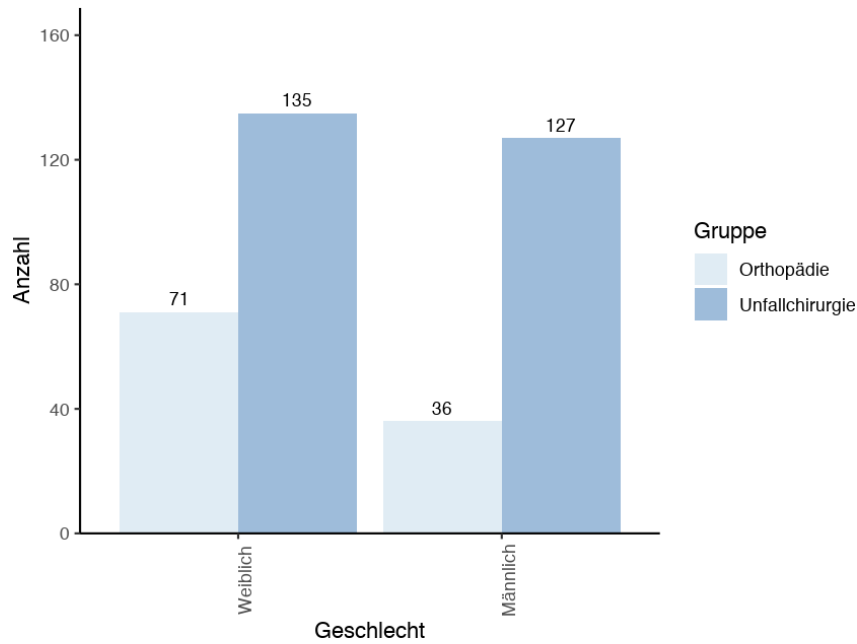
3.1 Deskriptive Statistik

369 Patienten wurden in die Studie aufgenommen, davon 262 (71%) Metallentfernungen und 107 Wechseloperationen (29%).

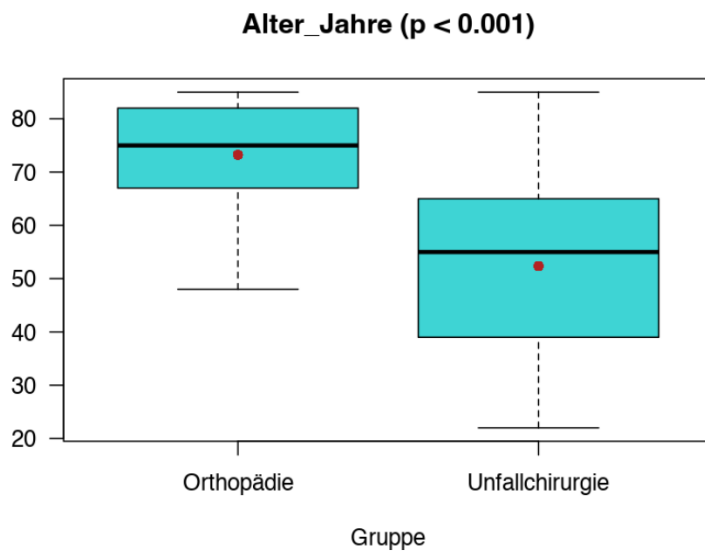


55% waren Frauen und 45% Männer.



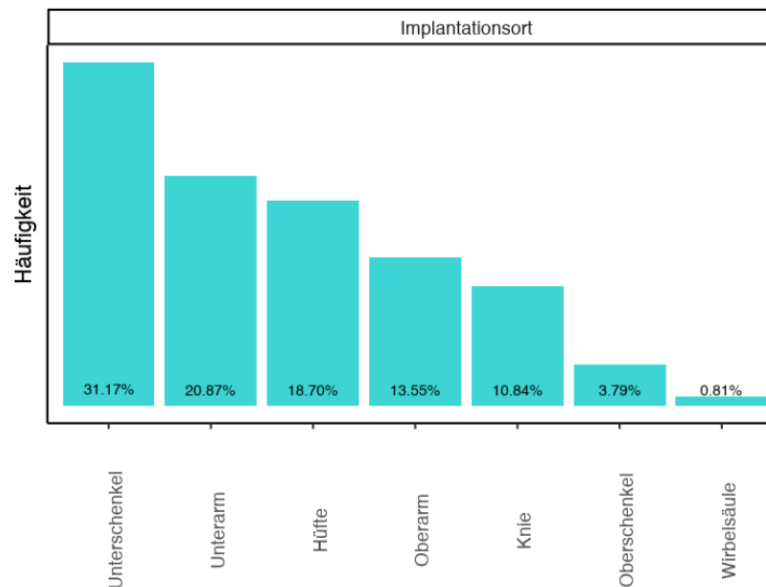


Das Durchschnittsalter bei Metallentfernung betrug 52 Jahre, bei den Wechseloperationen 74 Jahre. Dieser Unterschied war im t-Test statistisch hoch signifikant ($p < 0.001$).



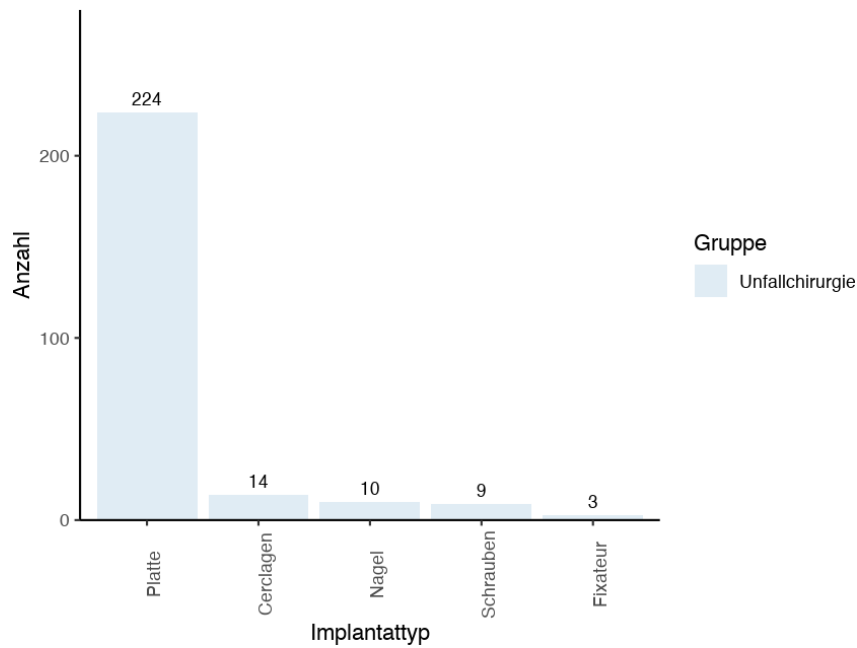
Das durchschnittliche Alter lag bei den PatientInnen mit Low-Grade-Infektion bei 49,1 Jahren und bei denen ohne Low-Grade-Infekt bei 52,3 Jahren.

Bei den Wechseloperationen wurden in 62 Fällen Hüftprothesen und in 48 Fällen Knieprothesen gewechselt. Die häufigsten Orte an denen Metallentfernungen durchgeführt wurden waren in 31,2% am Unterschenkel, in 20,9% am Unterarm, 18,7% an der Hüfte, 13,6% an der Schulter, sowie in 10,8% am Knie und 3,8% am Oberschenkel.

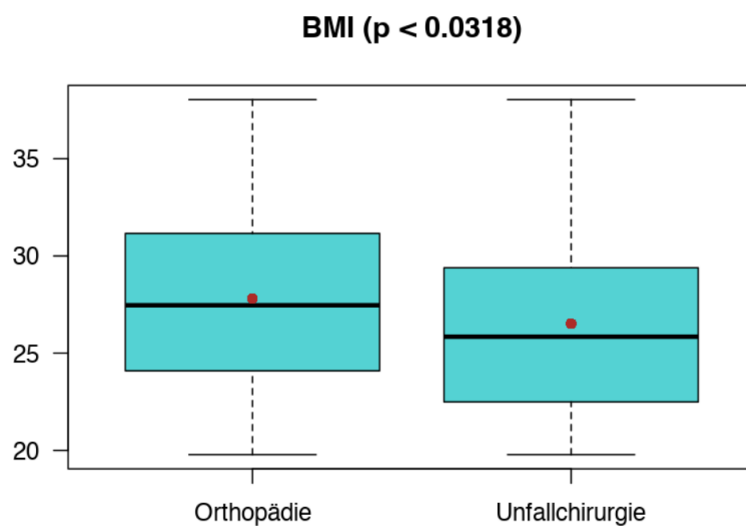


Die vor der Metallentfernung initiale Osteosyntheseerstopoperation erfolgte in 60% durch den Chef- oder Oberarzt bzw. die Oberärztin und in 40% durch AssistenzärztInnen. Bei den Wechseloperationen konnte diese Auswertung wegen zum Teil langer Standzeiten der Prothesen und nicht vorliegenden OP-Berichten nicht ausgewertet werden.

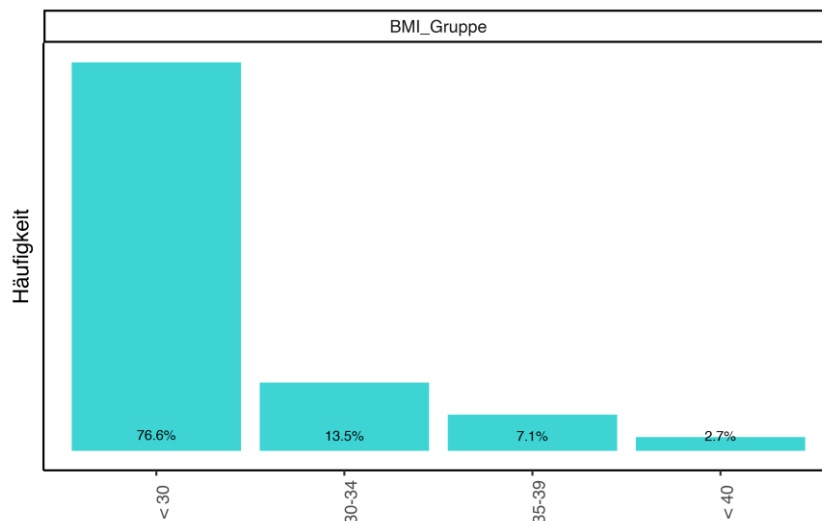
Die am Häufigsten entfernten Implantate waren in 86% Platten, selten Nägel (3%), Cerclagen (2%) und Fixateur interne (1%).



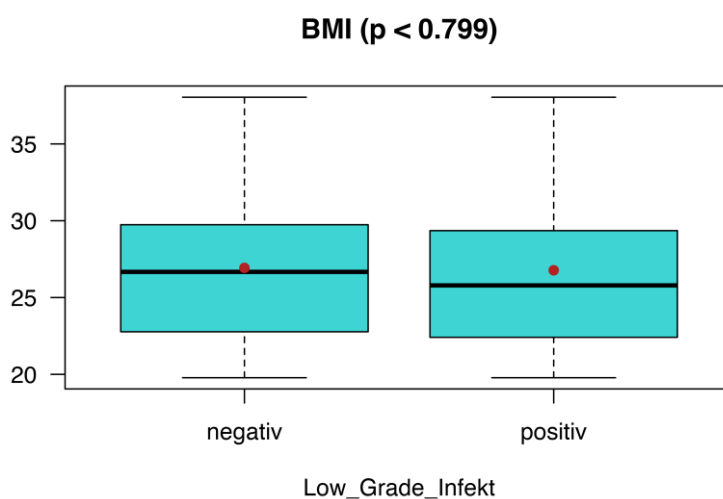
Der durchschnittliche BMI bei den Metallentfernung betrug 26,7 und bei den Wechseloperationen 31,2. Der Unterschied war im t-Test statistisch signifikant ($p=0,031$).



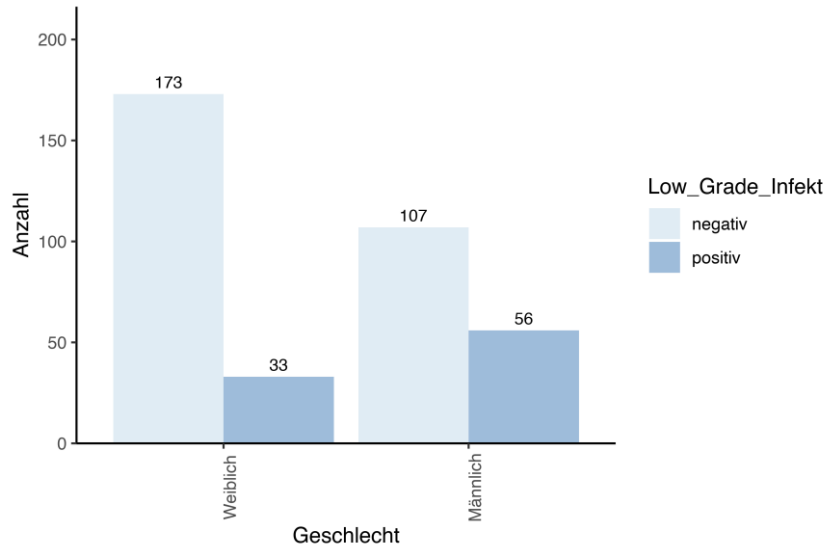
Entsprechend der WHO Definition waren zum Zeitpunkt der Operationen 76,6% der PatientInnen normgewichtig mit einem BMI <30, 13,5% litten unter Adipositas Grad 1 (BMI 30-34), knapp 7% unter Adipositas Grad 2 (BMI 35-39) und fast 3% unter Adipositas per magna (BMI 40+). Dies bezieht sich sowohl auf die unfallchirurgischen, als auch die orthopädischen PatientInnen aus der Studie.



Ein erhöhter BMI führte statistisch nicht signifikant häufiger zu einem Low-Grade-Infekt (Chi-Quadrat=3.5625, df=3, p=0,799).

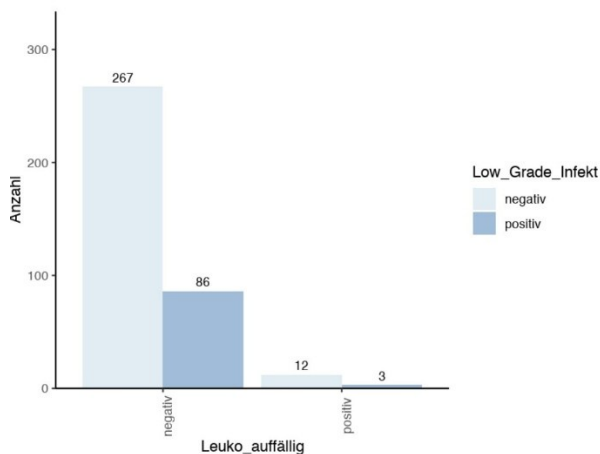


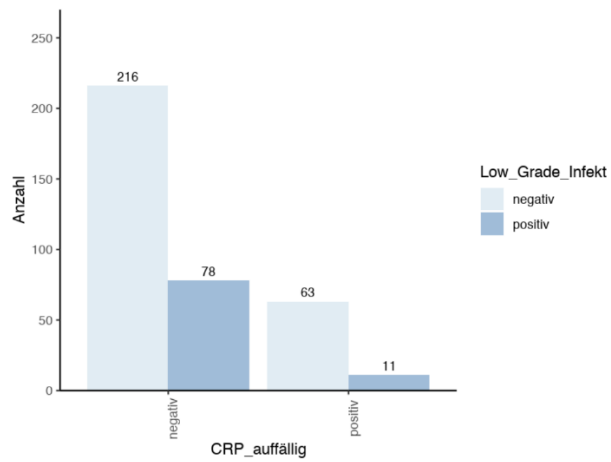
Bei Männern wurde, bezogen auf unfall- und orthopädische Eingriffe, im Chi-Quadrat-Test eine hoch signifikante Häufung von Low-Grade-Infekten beobachtet (Chi-Quadrat=15,73, df=1, $p<0.001$).



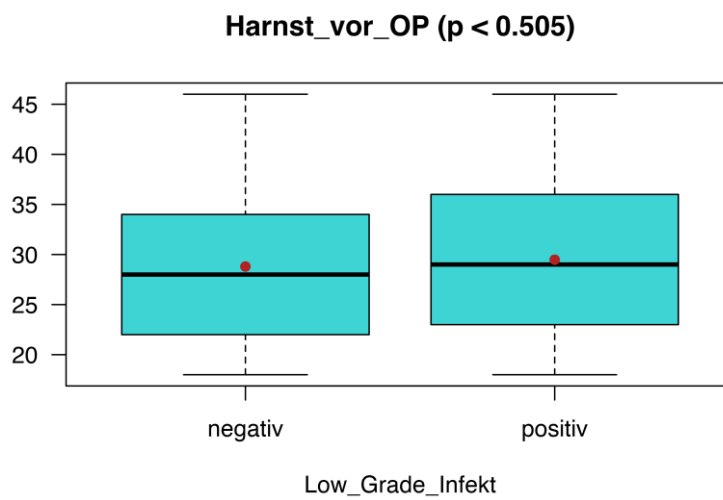
Bei der Untersuchung der präoperativen Laborwerte waren die Leukozyten in 96% normwertig und in 4% erhöht, der CRP Wert in 80% normwertig und in 20% leicht erhöht. Harnstoff und Kreatininwerte waren in 97% normal und in 3% erhöht.

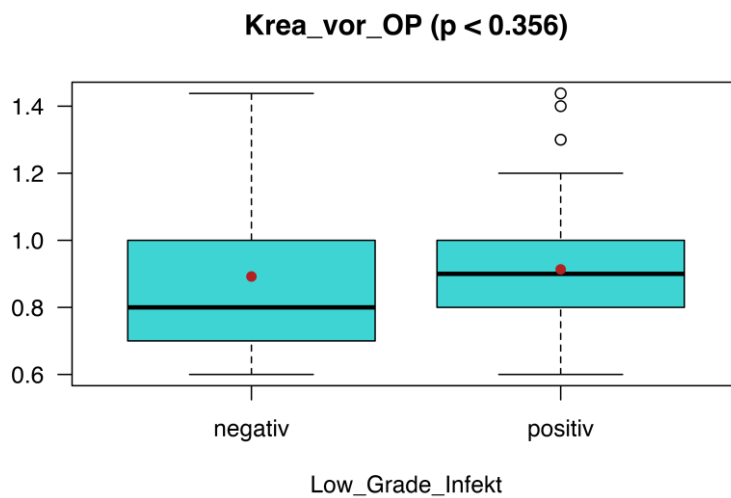
Im Chi-Quadrat-Test wurden signifikant häufiger Low-Grade-Infektionen festgestellt, wenn Leukozyten ($p<0.01$) und CRP Wert präoperativ erhöht waren ($p=0,02$).





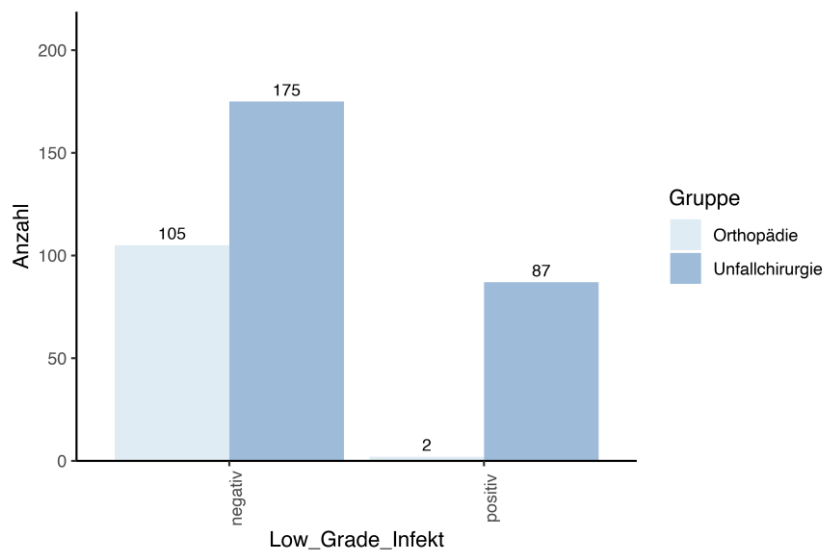
Die präoperative Erhöhung von Harnstoff und Kreatinin war unabhängig vom Auftreten eines Low-Grade-Infektes ($p > 0,3$).





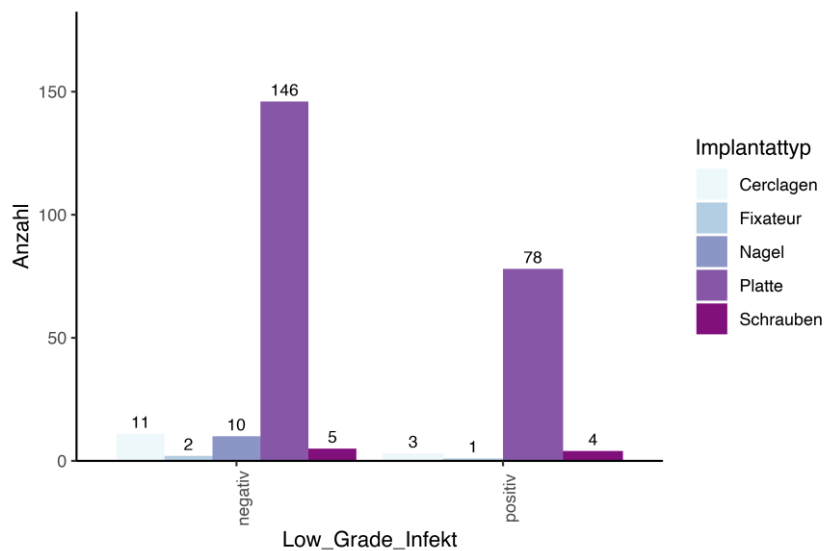
Low-Grade-Infektion in Abhängigkeit von der Operation:

Bei Wechseloperationen traten im Vergleich zu Metallentfernungen im Fisher Exact Test hochsignifikant weniger Low-Grade-Infekte auf (X-Quadrat=39.07, df=1, $p < 0.001$).



Low-Grade-Infektionen in Abhängigkeit von der Osteosynthese:

In 78 von insgesamt 262 Metallentfernungen traten Low-Grade-Infekte bei Plattenosteosynthesen auf. Diese waren damit mit 30% am häufigsten.

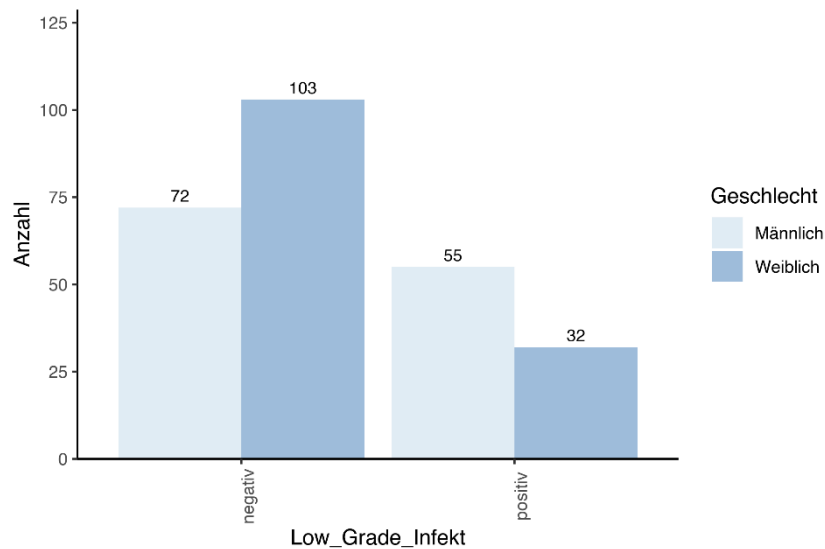


Der dabei am häufigsten nachgewiesene Keim war *Cutibacterium acnes* in 34 Fällen (39% aller Low-Grade-Infektionen).

Cutibacterium acnes Infekte zeigten sich in 22 Fällen am Oberarm, achtmal am Unterarm, dreimal am Unterschenkel und einmal an der Wirbelsäule. Die häufigste Konstellation von Low-Grade-Infektionen trat demnach mit *Cutibacterium acnes* bei Plattenosteosynthesen an der Schulter auf, dies entspricht 25%.

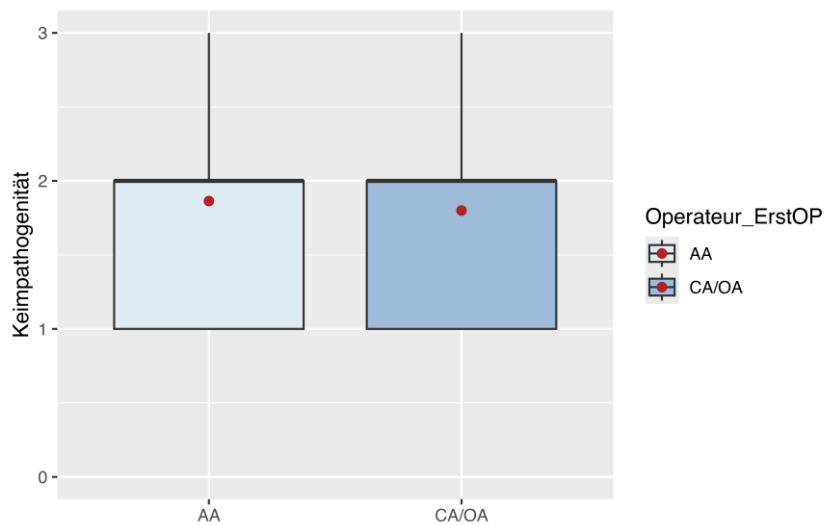
Low-Grade-Infektion in Abhängigkeit vom Geschlecht:

Es bestand im Chi-Quadrat Test ein hoch signifikanter Unterschied beim Geschlecht. Männer waren signifikant häufiger betroffen (X-Quadrat= 15.73, df= 1, $p < 0.001$).



Low-Grade-Infektion in Abhängigkeit zum Operateur bzw. zur Operateurin:

Es bestand im t-Test kein signifikanter Unterschied, ob die Erstoperation von einem Chefarzt/Oberarzt bzw. Oberärztin oder einem Assistenzarzt bzw. einer Assistenzärztin erfolgte ($t=0.20993$, $df= 44.069$, $p=0.8347$)



Low-Grade-Infektionen in Abhängigkeit zum Implantationsort:

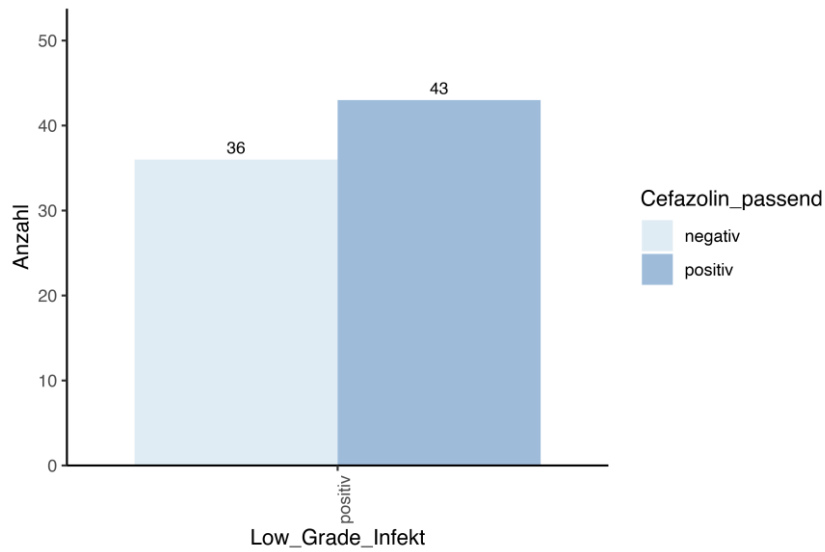
Es bestand im Chi-Quadrattest eine hoch signifikante Häufung von Low-Grade-Infektion nach Osteosynthesen am Oberarm ($\chi^2=92.267$, $df=7$, $p<0.001$).

Insgesamt wurden bei 224 PatientInnen Platten entfernt. Davon wiesen 78 PatientInnen (35%) eine Low-Grade-Infektion auf. In 50 Fällen wurden in der Oberarmregion Platten nach Klavikula- und Oberarmkopffrakturen entfernt, davon wiesen 35 PatientInnen (70%) eine Low-Grade-Infektion auf, bei denen in 22 Fällen *Cutibacterium acnes* nachgewiesen wurde. Somit waren bei 63% aller Low-Grade-Infektionen nach Plattenosteosynthesen am Oberarm *Cutibacterium acnes* die Ursache. Bei 19 von den 22 Fällen handelte es sich um Männer.

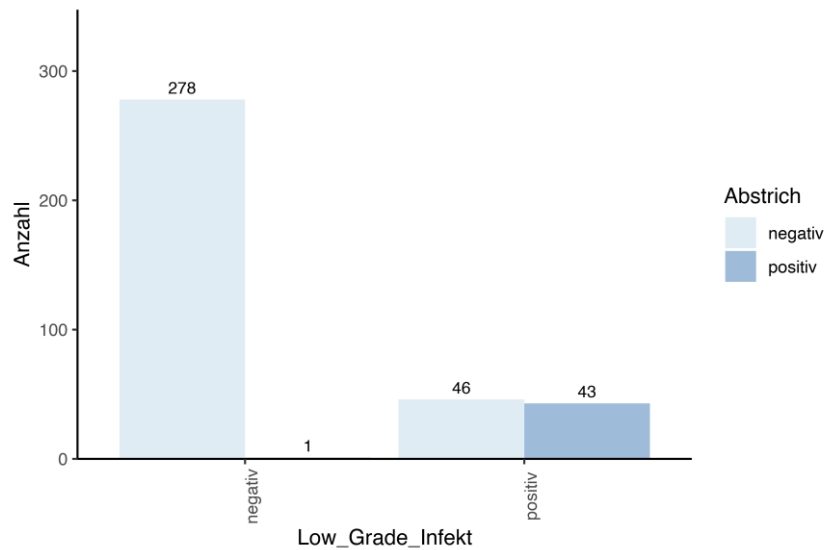
Low-Grade-Infektion in Abhängigkeit von einer perioperativen Prophylaxe mit Cefazolin bei der Erstoperation:

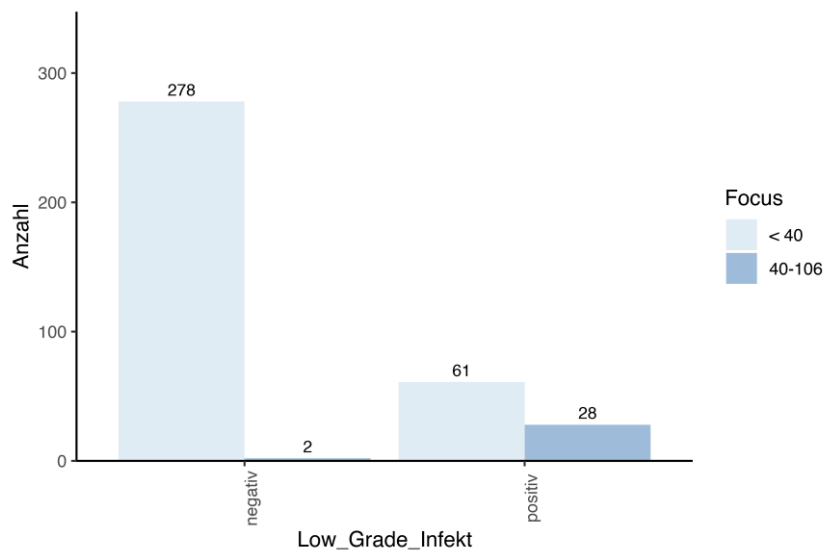
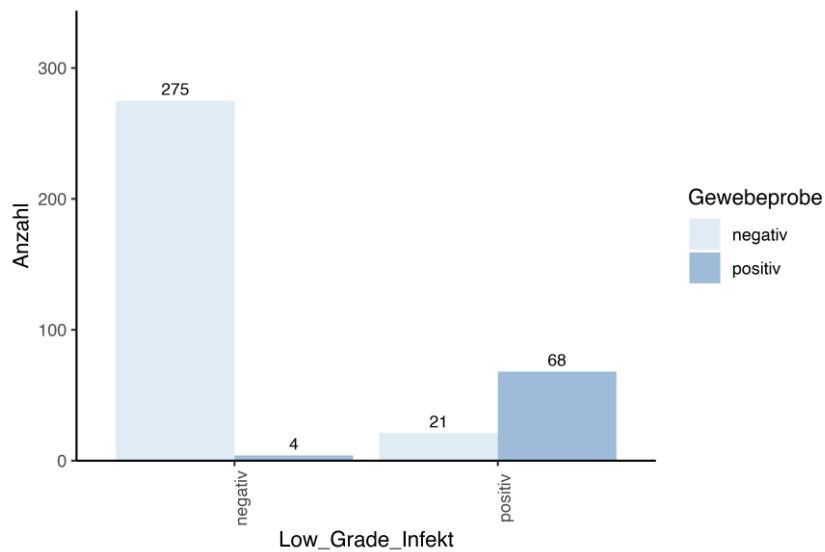
Es bestand im t-Test ein signifikanter Unterschied für eine Low-Grade-Infektion, ob bei der primäre Endoprothese oder der Osteosynthese eine perioperative Antibiose mit Cefazolin erfolgte oder nicht ($t=3.8801$, $df= 64.37$, $p<0.001$).

In nur 54% der Fälle passte das prophylaktisch verabreichte Antibiotikum Cefazolin zu den nachgewiesenen Keimen der Low-Grade-Infektionen (Fisher-Exact Test Accuracy 0,544, $p=1$).



Sowohl der Abstrich, die Gewebeprobe, als auch die Focus-Klassifikation sagten eine Low-Grade-Infektion im Fisher Exact Test hoch signifikant korrekt voraus ($p < 0.001$).





Focus-Klassifikation, Abstrich oder Gewebeprobe - welche Verfahren sind statistisch am aussagekräftigsten?

Bei den orthopädischen Wechseloperationen wurden Low-Grade-Infekte in nur 2% und in den unfallchirurgischen Metallentfernungen in 30% festgestellt. Im Fisher Exact Test war dieser Unterschied hoch signifikant ($p < 0.001$).

3.2 Sensitivität und Spezifität der Verfahren

In der Folge wurden nur noch die Low-Grade-Infekte nach Metallentfernungen weiter analysiert.

Die Sensitivität ermittelt den Anteil der richtig positiv erkannten PatientInnen an allen Low-Grade-Infektionen und die Spezifität den Anteil der richtig negativ erkannten an den nicht Betroffenen.

Die Abstriche hatten eine Sensitivität von 48% und eine Spezifität von 99% eine Infektion vorherzusagen. Die Gewebeproben hatten eine Sensitivität von 76% und eine Spezifität von 98%. Die CD15-Focus-Score Klassifikation konnte eine Sensitivität von 31% und eine Spezifität von 99% erreichen. Die Focus-Klassifikation zeigte demnach einen hoch signifikanten Zusammenhang mit Infektionen ($p < 0.01$). Laut des Fisher Exact Tests sagte die Gewebeprobe das Vorliegen einer Low-Grade-Infektion jedoch hoch signifikant am besten voraus ($p < 0.001$).

Methode	Sensitivität	Spezifität
Fokus	31%	99%
Abstrich	48%	99%
Gewebeprobe	76%	98%

Zum Nachweis einer Low-Grade-Infektion war die Gewebeprobe also die beste der drei Methoden. Im Vergleich mit der Histologie konnte auch immer gezielt ein Antibiotogramm erstellt werden, um ggfs. eine korrekte Antibiose einzuleiten.

3.3 Keimnachweis

Bei 72 von insgesamt 369 PatientInnen (19,6%) wurden in den Gewebeproben Keime nachgewiesen und eine Low-Grade-Infektion bestätigt. Bei den Abstrichen zeigte sich eine Low-Grade-Infektion in 12% und bei der Focus Klassifikation (Fokus I oder II) ließen sich nur in 8,1% eine Infektion nachweisen.

29/369 (7,8%) positive Keimnachweise waren der Pathogenität 1 zuzuordnen, 34/369 (9,2%) der Pathogenität 2 und 15/369 (4%) der Pathogenität 3.

Die am häufigsten nachgewiesenen Keime im Abstrich und in den Gewebeproben waren:

Cutibacterium acnes in 43% (Pathogenität 2), *Staph. epidermidis* in 15% (Pathogenität 2), *Staph. capitis* in 11% (Pathogenität 3), *Staph. aureus* in 8% (Pathogenität 1), *Bacillus cereus* Gruppe in 7% (Pathogenität 2), und in 2,7% *Micrococcus luteus* (Pathogenität 3) *Staph. lugdunensis* (Pathogenität 1) und in 1,3% *Actinomyces* (Pathogenität 2), und *Kocuria rhizophila* (Pathogenität 3).

3.4 Kasuistiken Wechseloperationen

-Herr P., 66 Jahre, adipös (BMI 31) stellt sich zum Hüftpfannenwechsel bei Pfannenverkipfung mit Lockerung vor. Die präoperative Punktion ist steril. Bei der Erstimplantation war ein Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin erfolgt. Die Erst- und Wechseloperation wird durch den Chefarzt vorgenommen. Im präoperativen Blutbild sind die Leukozyten normal und der CRP-Wert mit 1,9mg/dl minimal erhöht, die Nierenwerte sind im Normbereich. Es erfolgt ein Pfannenwechsel mit einer intraoperativen Prophylaxe mit 2g Cefazolin und die lokale Gabe von 2g Vancomycin. Intraoperativ gibt es keine Auffälligkeiten. Postoperativ wird die Antibiose mit Cefazolin über 14 Tage fortgesetzt. In der histologischen Untersuchung werden 120 neutrophile Granulozyten gezählt, entsprechend ein High-Grade-Infekt des Fokus Stadiums II. Zwei Gewebeproben sind steril und in zwei Abstrichen werden Cutibacterium acnes Bakterien (Pathogenität 2) nachgewiesen. Diese zeigten sich resistent gegen Cephalosporine, jedoch sensibel gegen Vancomycin. Der postoperative Verlauf gestaltet sich bei primärer Wundheilung unauffällig ohne Infektzeichen. Bei einer Nachuntersuchung 13 Monate postoperativ ist der Patient völlig beschwerdefrei.

Präoperative Beckenübersicht:



Postoperative Beckenübersicht:



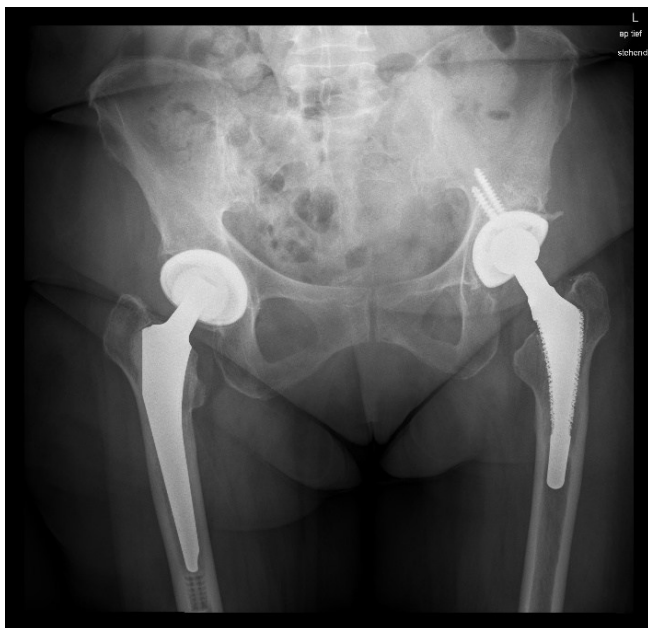
Frau E., 75 Jahre alt, BMI von 22, stellt sich zum Hüftpfannen-Inlaywechsel bei Gleitpaarungsversagen vor. Die präoperative Punktion ist steril. Bei der Erstimplantation war eine Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin erfolgt. Die Erst- und Wechseloperation wird durch den Chefarzt vorgenommen. Im präoperativen Blutbild sind die Leukozyten und der CRP-Wert normal, die Nierenwerte sind unauffällig. Es erfolgt ein Kopf-Inlaywechsel und die intraoperative Prophylaxe mit Cefazolin und lokaler Gabe von 2g Vancomycin. Postoperativ wird eine Antibiose mit Cefazolin über 3 Tage fortgesetzt. Intraoperativ gibt es keine Auffälligkeiten. In der histologischen Untersuchung werden 5 neutrophile Granulozyten gezählt, entsprechend Fokus Stadium 0 ohne Infektnachweis. Im Abstrich und der Gewebeprobe lassen sich jedoch *Cutibacterium acnes* Bakterien (Pathogenität 2) nachgewiesen. Der postoperative Verlauf gestaltet sich bei primärer Wundheilung unauffällig ohne Infektzeichen. Bei einer

Nachuntersuchung 11 Monate postoperativ ist die Patientin völlig beschwerdefrei und betreibt wieder Sport.

Präoperative Beckenübersicht:



Postoperative Beckenübersicht:



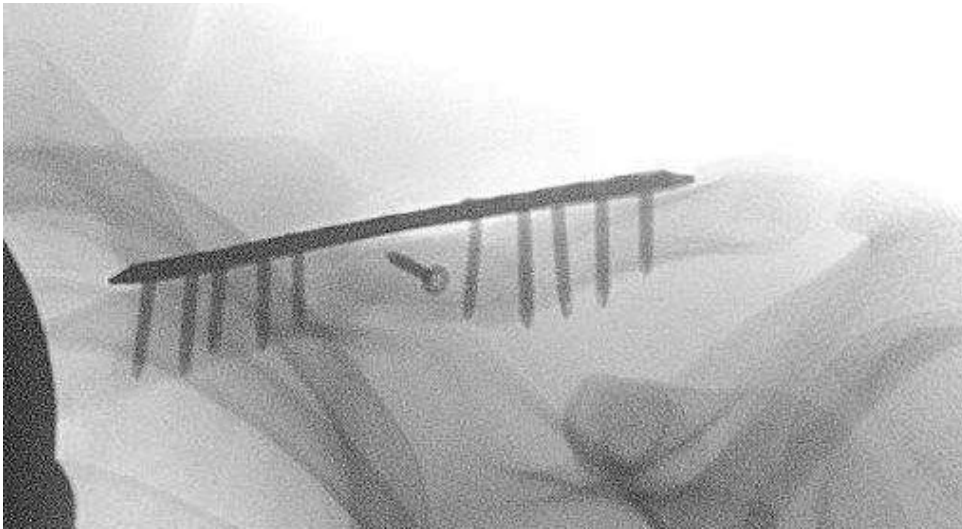
3.5 Kasuistiken Metallentfernungen

Herr B., 22 Jahre, BMI von 22 stellt sich zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Klavikulafraktur 8 Monate postoperativ vor. Die Osteosynthese wurde durch einen Oberarzt unter perioperativer Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin durchgeführt. Im präoperativen Blutbild bei Metallentfernung sind die Entzündungs- und Nierenwerte regelhaft. Intraoperativ gibt es keine Auffälligkeiten. In der histologischen Untersuchung werden 47 neutrophile Granulozyten gezählt, entsprechend Fokus Stadium I als Low-Grade-Infekt. Im Abstrich und der Gewebeprobe lassen sich *Staphylococcus epidermidis* (Pathogenität Stufe 2), *Streptococcus mitis* und *Rothia mucilaginosa* Bakterien (Pathogenität Stufe 3) nachweisen. Entsprechend des Resistogramms erfolgt, trotz regelhafter Wundheilung, eine 10-tägige Antibiose mit Ciprofloxacin. Bei einer Nachuntersuchung 6 Monate postoperativ ist der Patient völlig beschwerdefrei und kann sich wieder normal sportlich betätigen.

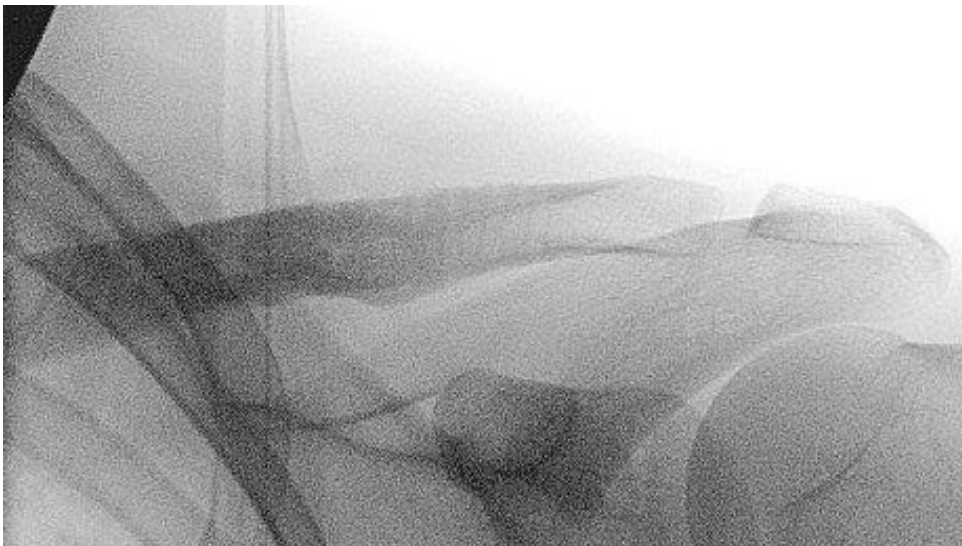
Präoperativ Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Plattenosteosynthese:



Postoperatives Röntgen nach Metallentfernung:



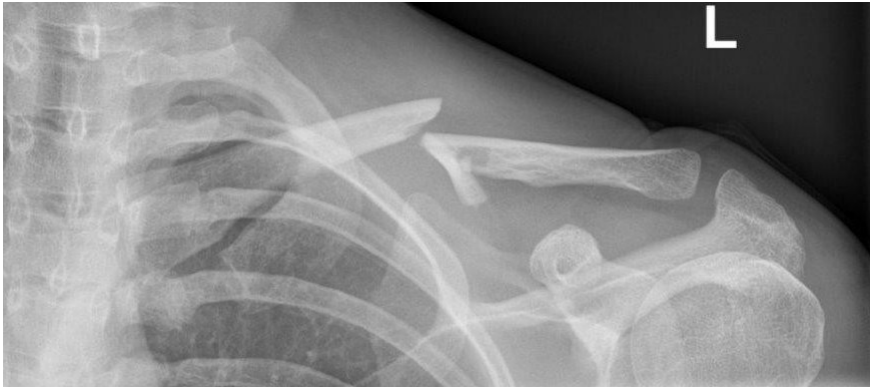
Klinische Situation 10. Tag nach Metallentfernung, ohne Infektzeichen:



Frau J., 39 Jahre, BMI von 22 stellt sich zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Klavikulafraktur 22 Monate postoperativ vor. Die Erstosteosynthese wurde durch einen Oberarzt ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe durchgeführt. Im präoperativen Blutbild bei Metallentfernung sind die Entzündungs- und Nierenwerte unauffällig. Intraoperativ gibt es ebenfalls keine Auffälligkeiten. In der histologischen Untersuchung werden 42 neutrophile Granulozyten gezählt, dies entspricht einem Fokus Stadium I im Sinne eines Low-Grade-Infektes. Im Abstrich und der Gewebeprobe lässt sich *Staphylococcus capitis* nachweisen (Pathogenität Stufe 3). Entsprechend des Antibiotogramms erfolgt, trotz regelhafter Wundheilung, eine 10-tägige testgerechte Antibiose mit Clindamycin ist. 6 Wochen später erleidet die Patientin einen erneuten Glätteissturz auf die Schulter und zieht sich eine Refraktur zu, die ebenfalls mit Plattenosteosynthese versorgt wird. Der intraoperative Abstrich ergibt keinen Keimnachweis. Postoperativ kommt es zu

keinen Auffälligkeiten. 2 Monate nach der Reosteosynthese ist die Patientin beschwerdefrei.

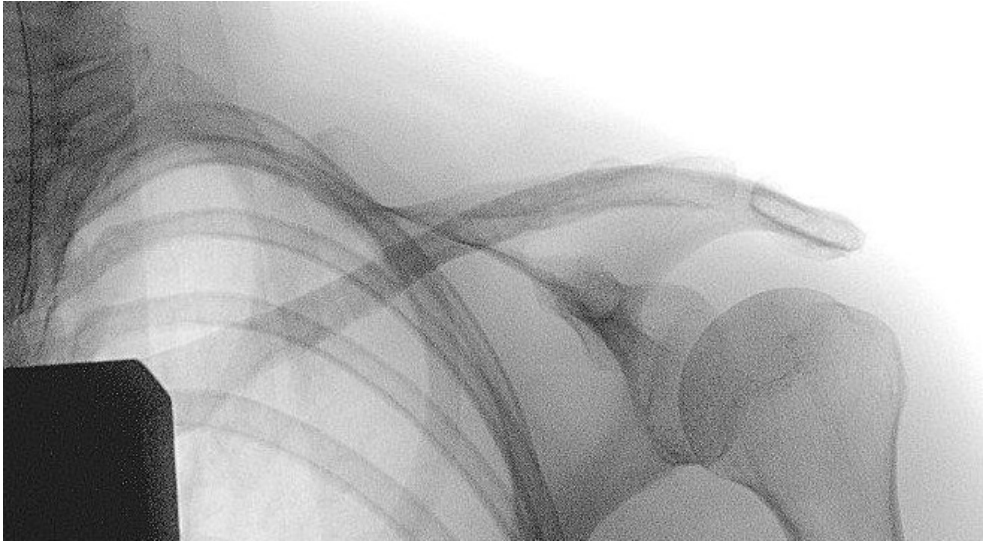
Präoperativ Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Postoperatives Röntgen nach Metallentfernung:



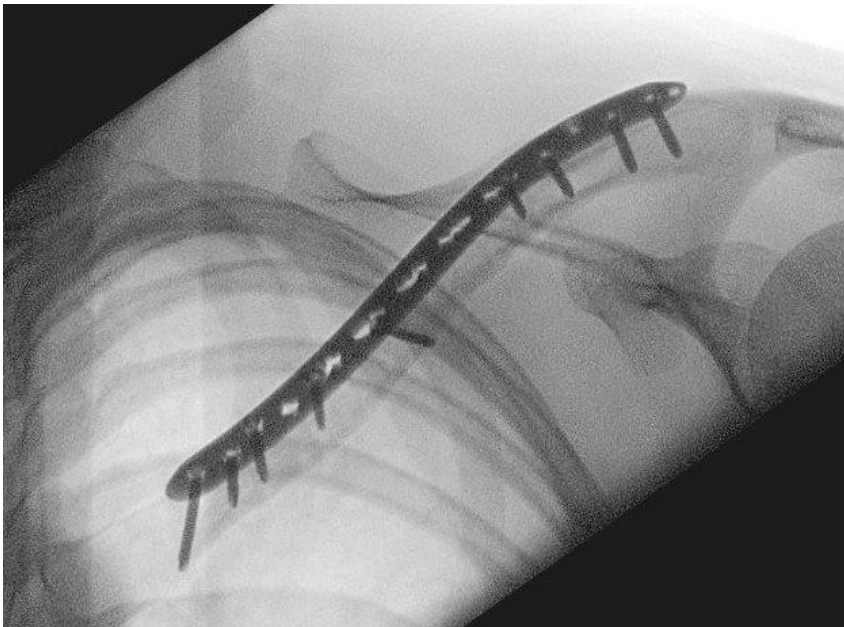
Klinische Situation 10. Tage postoperativ bei reizloser Wundheilung:



Röntgen Refraktur:



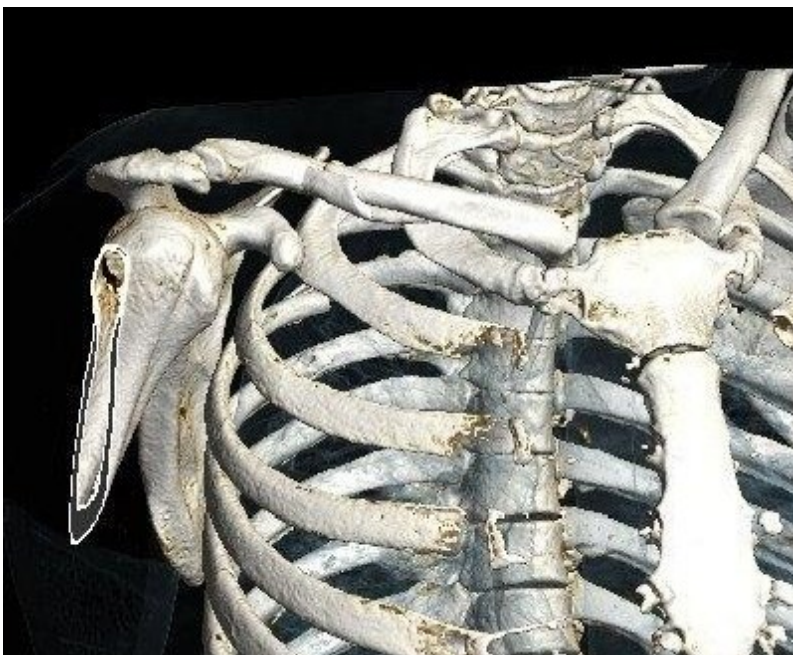
Röntgen nach Reosteosynthese:



Herr S., 56 Jahre, BMI von 24 stellt sich 23 Monate postoperativ zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Klavikulafraktur vor. Die Erstoperation wurde durch einen Assistenzarzt mit perioperativer Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin durchgeführt. Im präoperativen Blutbild bei Metallentfernung sind die Entzündungs- und Nierenwerte unauffällig. Intraoperativ muss eine abgebrochene Schraube belassen werden, ansonsten ist das Bild inapparent. In der histologischen Untersuchung werden 26

neutrophile Granulozyten gezählt, entsprechend einem Fokus Stadium 0. In der Gewebeprobe lassen sich allerdings *Cutibacterium acnes* nachweisen (Pathogenität Stufe 2). Diese sind nicht sensibel auf Cephalosporine. Entsprechend des Antibiotogramms erhielt der Patient, trotz regelhafter Wundheilung, eine 10-tägige Therapie mit Amoxicillin/Clavulansäure. Postoperativ kommt es zu keinen Auffälligkeiten. 8 Monate nach der Metallentfernung ist der Patient beschwerdefrei.

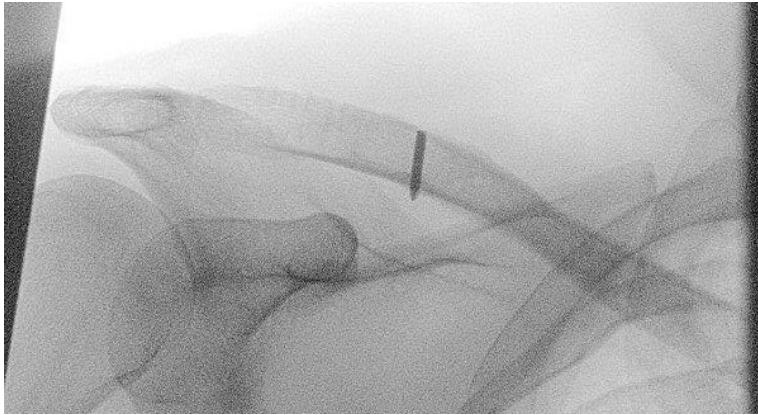
Präoperatives CT mit Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Postoperatives Röntgen nach Metallentfernung unter Belassung eines abgebrochenen Schraubenteils:



Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:

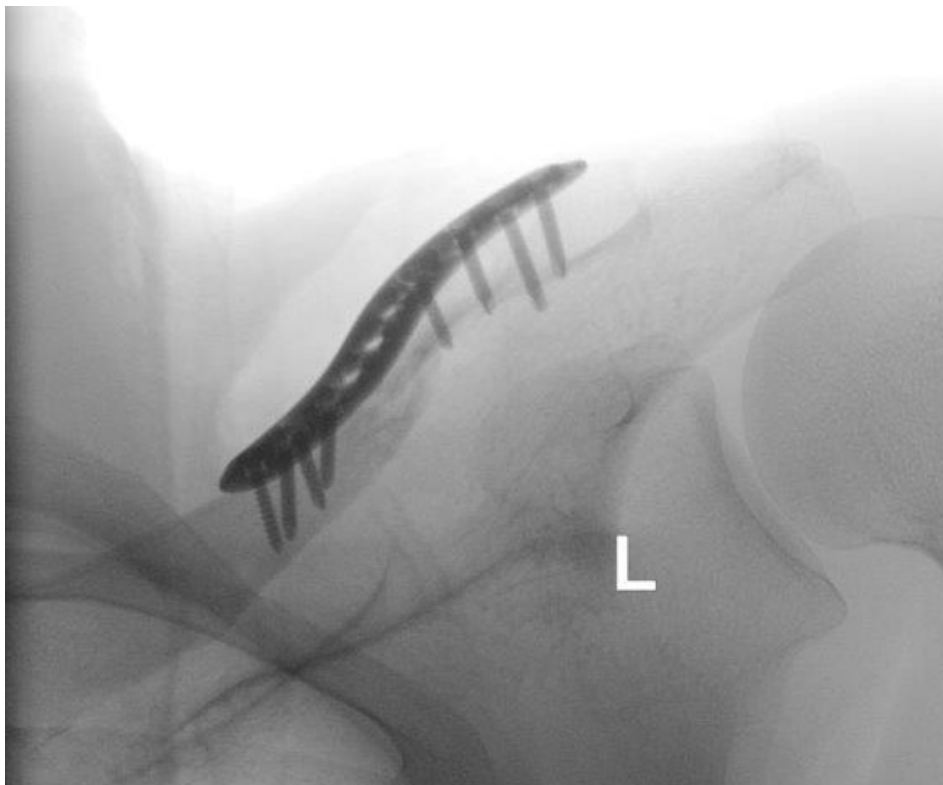


Herr K., 18 Jahre, BMI 23 kommt 14 Monate postoperativ zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Klavikulafraktur. Die Erstoperation wurde durch einen Oberarzt durchgeführt. Primär gab es keine Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin. Die präoperativen Blutwerte (CRP, Leukozyten, Nierenwerte) waren unauffällig. Intraoperativ zeigten sich ebenfalls keine Auffälligkeiten. In der histologischen Untersuchung werden 68 neutrophile Granulozyten gezählt, welches einem Fokus Stadium I und damit einem Low-Grade-Infekt entspricht. Im intraoperativen Abstrich, sowie in der Gewebeprobe zeigte sich eine Besiedlung mit *Cutibacterium acnes* (Pathogenität 2) und *Staph. capitis* (Pathogenität 3). Die Nachbehandlung verlief unauffällig mit reizlosen Wundverhältnissen, das Follow-up nach 6 Monate war unauffällig.

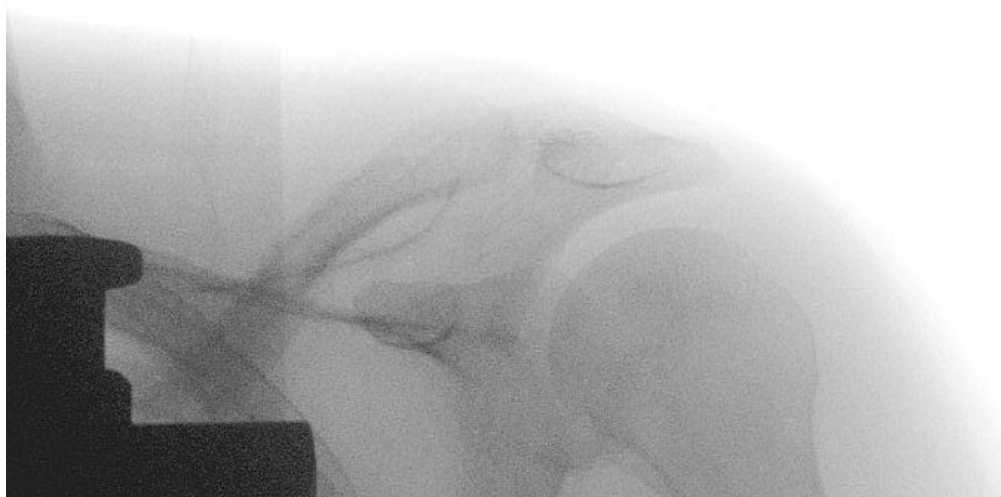
Präoperativ Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:

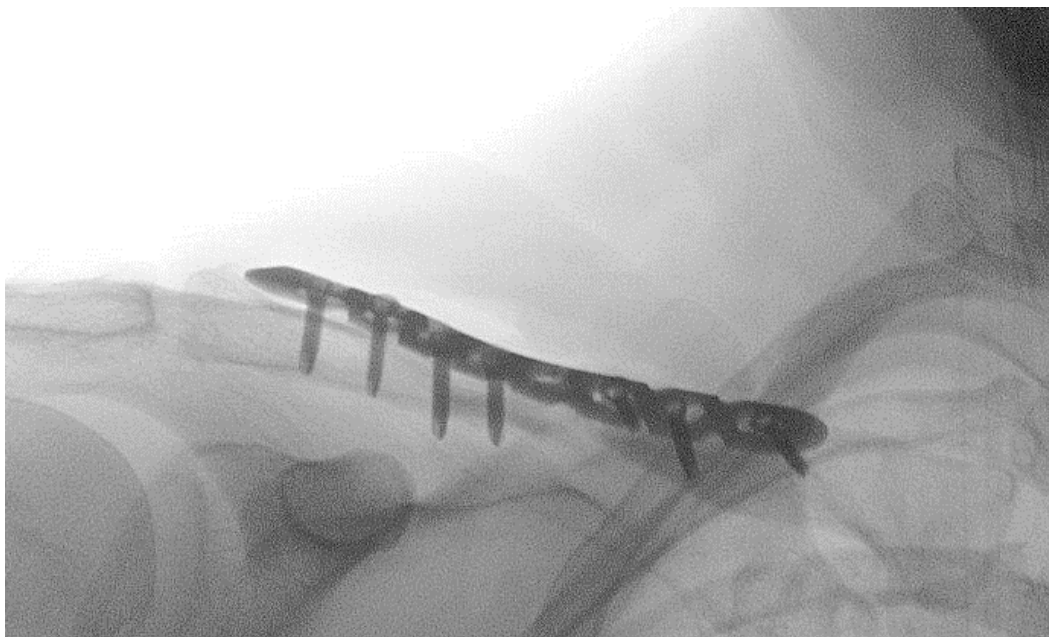


Herr P., 49 Jahre, adipös (BMI 32), stellt sich nach Klavikulafraktur 21 Monate postoperativ zur Metallentfernung der Plattenosteosynthese vor. Die Erstoperation wurde ohne Antibiotikaprophylaxe durch einen Oberarzt durchgeführt. Die präoperativen Blutwerte waren normwertig. Intraoperativ zeigten sich ebenfalls keine Auffälligkeiten. Bei der histologischen Untersuchung ergab sich ein Fokus Stadium 0, bei 4 gezählten neutrophilen Granulozyten. Die intraoperativ gewonnenen Abstriche und Gewebeproben ergaben eine Besiedelung mit Staph. epidermidis (Pathogenität 2). Dieser ist sensibel auf Cefazolin. In der Nachbehandlung zeigte sich die Wundheilung reizlos. Aufgrund der Ergebnisse des Resistogramms wurde die Gabe vom Ampicillin/Sulbactam per os für 10 Tage empfohlen und durchgeführt, das Follow-up nach 17 Monate war unauffällig.

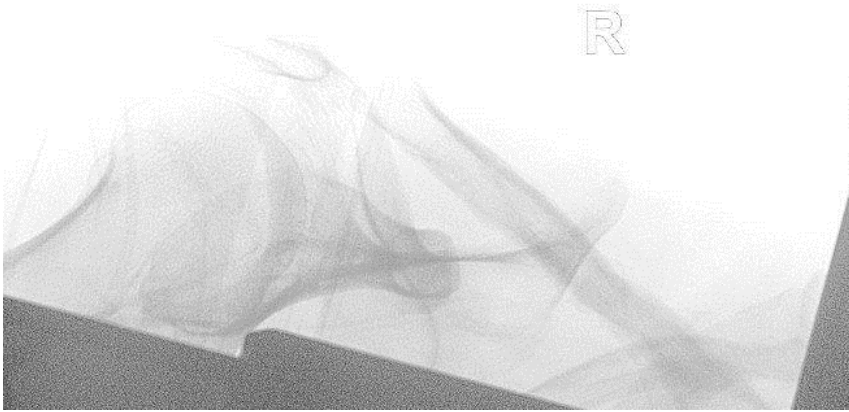
Präoperativ Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:

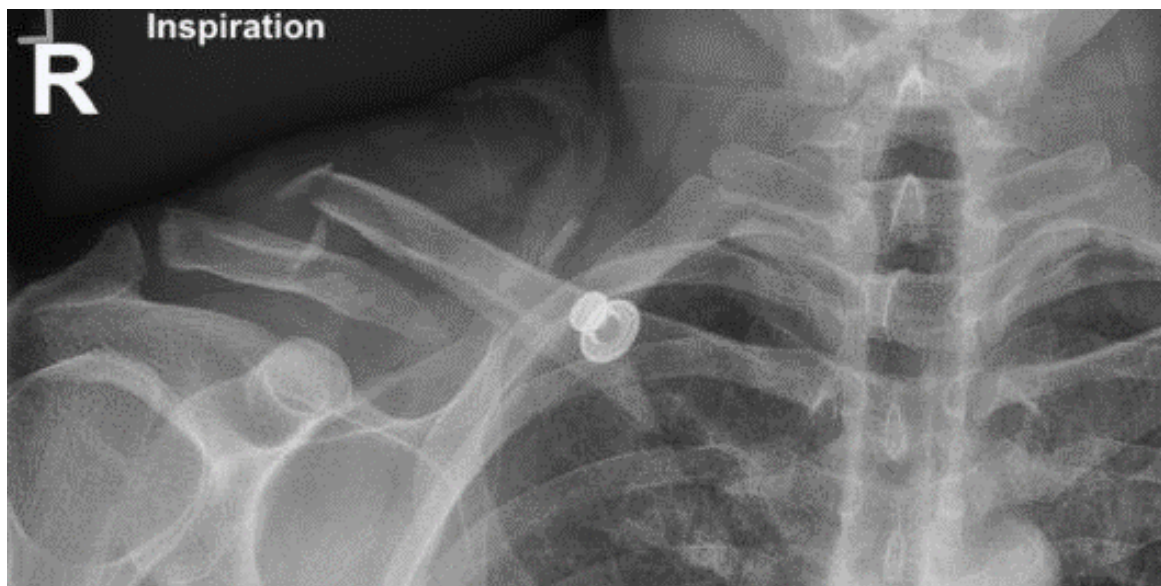


Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung
(Rötung lateral ist ein Tattoo):



Herr L., 48 Jahre, BMI 26, stellt sich nach 15 Monaten postoperativ zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese bei stattgehabter Klavikulafraktur vor. Die Operation zur Osteosynthese wurde durch einen Assistenzarzt durchgeführt. Es wurde präoperativ eine Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin gegeben. Die präoperativen Nieren- und Entzündungswerte im Blut waren unauffällig. Intraoperativ ergaben sich keine Auffälligkeiten. Bei der histologischen Zählung der neutrophilen Granulozyten ergaben sich insgesamt 108 Zellen, sodass es zu einem Fokus Stadium III eingeteilt wird. In der Gewebeprobe präsentierte sich *Cutibacterium acnes* (Pathogenität 2), welcher resistent auf Cefazolin ist. In der Nachbehandlung zeigt sich eine reizlose Wundheilung. Es wurde nach ausgiebiger Beratung mit dem Patienten hinsichtlich der Wirkung und Nebenwirkung der Antibiose entschieden keine Antibiose zu geben. Das Follow-up nach 7 Monaten war unauffällig.

Präoperativ Klavikulafraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:

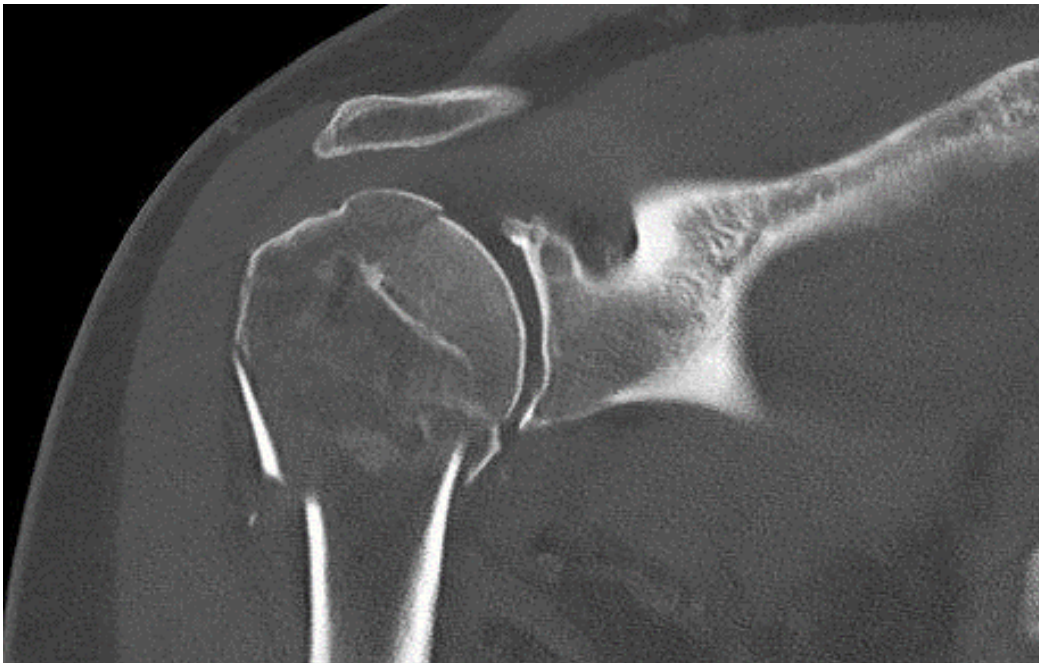


Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:

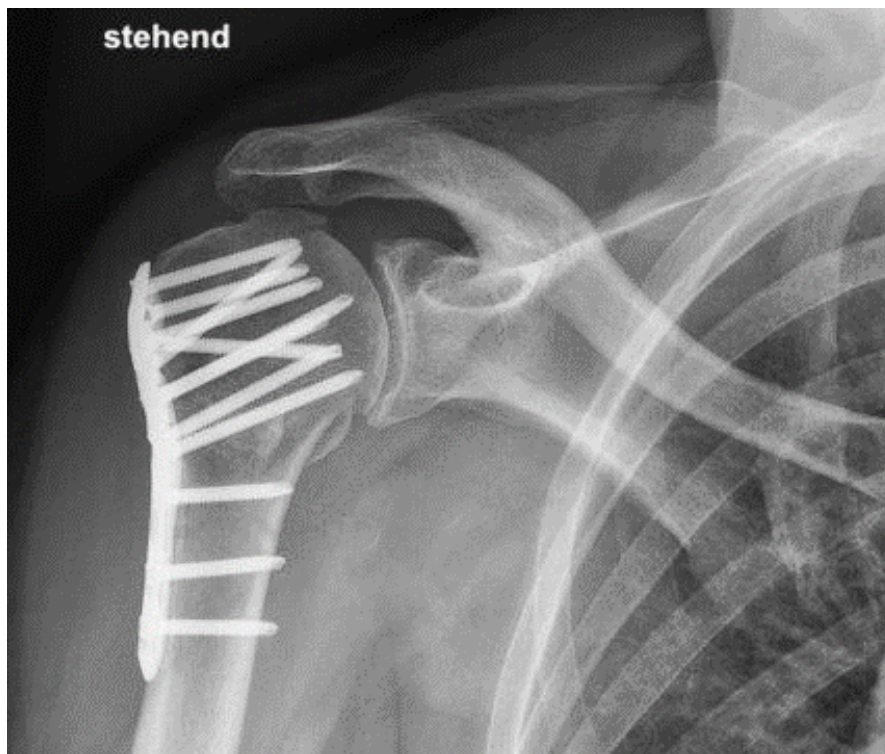


Herr S., 60 Jahre, BMI 34, Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Oberarmkopffraktur 9 Monate postoperativ. Die Erstoperation wurde durch einen Oberarzt durchgeführt. Die präoperativen Blutwerte waren unauffällig. Es wurde perioperativ eine Cefazolinprophylaxe gegeben. Intraoperativ ergaben sich keine Auffälligkeiten. Histologisch ergab sich ein Fokus Stadium I bei insgesamt 83 gezählten neutrophilen Granulozyten. Der Abstrich, sowie die Gewebeproben ergaben eine Besiedlung mit Staph. epidermidis (Pathogenität 2), welcher sensibel auf Cefazolin reagiert. Bei der Nachbehandlung sah man reizlose Wundverhältnisse. Aufgrund des Keims wurde antibiogrammgesichert Ampicillin/Sulbactam per os für 10 Tage angesetzt. Das Follow-up nach 17 Monate war ohne Auffälligkeiten.

Präoperativ CT Oberarmkopffraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:

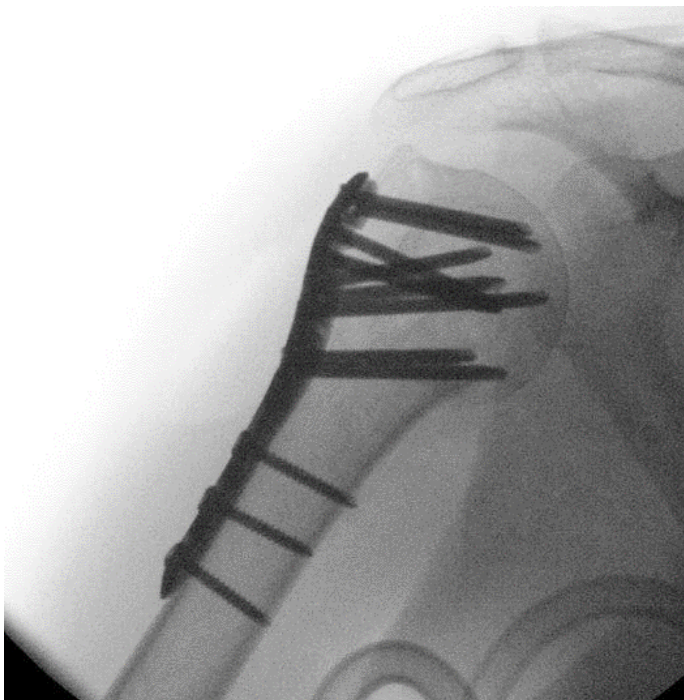


Frau B. 60 Jahre, BMI 21 Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Oberarmkopffraktur 12 Monate postoperativ. Die Erstoperation erfolgte durch einen Oberarzt mit perioperativer Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin. Das präoperative Blutbild zeigte sich in Entzündungs- und Nierenfunktionsparametern unauffällig. Intraoperativ gab es keine Auffälligkeiten. Im Gesichtsfeld zählte man 72 neutrophile Granulozyten, damit ergab sich ein Fokus Score Stadium I. Der intraoperative Abstrich, sowie die Gewebeprobe ergaben einen Nachweis von *Staphylococcus capitis* und *Koccuria rhiophilia* (Pathogenität 3). Beide sind sensibel auf Cefazolin. In der Nachbehandlung zeigten sich reizlose Wundverhältnisse. Die Patientin erhielt antibiogrammgesichert eine antibiotische Prophylaxe mit Clindamycin für 10 Tage. Das Follow-up nach 5 Monate war unauffällig.

Präoperativ Oberarmkopffraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:



Herr C. 47 Jahre, BMI 28 stellte sich 14 Monate postoperativ zur Metallentfernung einer Doppelplattenosteosynthese nach Unterarmfraktur vor. Die Erstoperation erfolgte durch einen Oberarzt ohne perioperative Antibiotikaprophylaxe und präoperativ unauffälligen Blutwerten. Es zeigte sich eine Problematik bei der Pro- und Supination durch einen Überstand der proximalen Ulnarschraube mit einer Osteolyse an dem proximalen Radius (siehe Pfeil im Röntgenbild vor Metallentfernung). Intraoperativ ergaben sich keine Auffälligkeiten hinsichtlich einer Infektion. Histologisch ließ sich mit 60 neutrophilen Granulozyten ein Fokus Stadium I sichern, Abstrich und Gewebeproben zeigten einen Nachweis von Staph. capitis (Pathogenität Gruppe 3) und Cutibacterium acnes (Pathogenität Stufe 2). Postoperativ wurde für 10 Tage Ampicillin per os gegeben. Darunter ergaben sich reizlose Wundverhältnisse. Das Follow-up nach 19 Monaten war ohne Auffälligkeiten.

Präoperativ Unterarmfraktur:



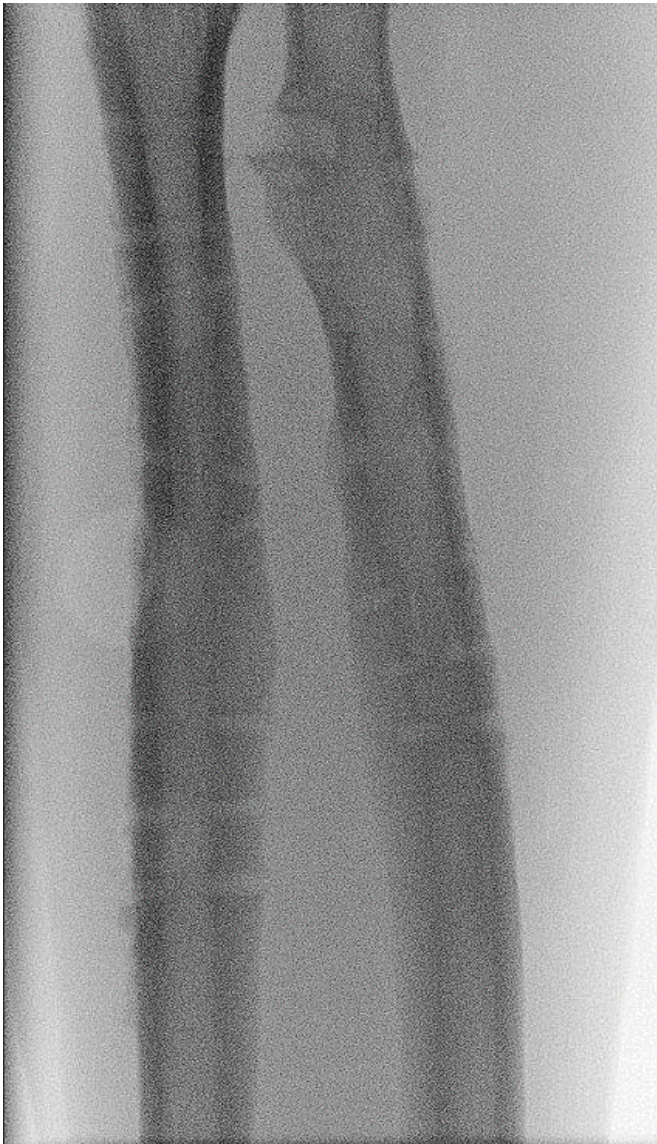
Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen Unterarm vor Metallentfernung:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 2 Wochen nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:



Herr D., 46 Jahre, BMI 37, Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Sprunggelenksfraktur 8 Monate postoperativ. Die Erstoperation wurde durch den Chefarzt ohne Antibiotikaphylaxe durchgeführt. Präoperativ war das Blutbild unauffällig. Intraoperativ ergaben sich ebenfalls keine Auffälligkeiten. Histologisch ließ sich ein Fokus Stadium 0 mit 30 neutrophilen Granulozyten im Gesichtsfeld nachweisen. Der Abstrich ergab Staph. capitis (Pathogenität Stufe 3), welcher sensibel auf Cefazolin ist. In der Nachbehandlung war die Wunde reizlos unter oraler Antibiose mit Ampicillin/Sulbactam. Das Follow-up nach 14 Monate war ohne Auffälligkeiten.

Präoperativ Sprunggelenksfraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 2 Woche nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:



Frau R. 47 Jahre, BMI 24 stellte sich 6 Monate postoperativ zur Metallentfernung einer Plattenosteosynthese nach Sprunggelenksfraktur vor. Bei der Erstoperation durch einen Oberarzt wurde keine Antibiotikaprophylaxe mit Cefazolin gegeben. Die Nieren- und Entzündungsparameter waren im präoperativen Blutbild unauffällig. Intraoperativ ebenfalls keine Auffälligkeiten. Mit nur 4 neutrophilen Granulozyten ergibt sich im Fokus Score das Stadium 0. In der Gewebeprobe zeigte sich ein auf Cefazolin sensibler Staph. lugdunensis (Pathogenität Stufe 1). Bei der Nachbehandlung ergab es eine reizlose Wundheilung unter oraler Antibiose mit Ampicillin/Sulbactam entsprechend dem Antibiogramm. Das Follow-up nach 15 Monaten war unauffällig.

Präoperativ Sprunggelenksfraktur:



Postoperatives Röntgen nach Osteosynthese:



Röntgen nach Metallentfernung:



Klinische Situation 1 Woche nach Metallentfernung bei reizloser Wundheilung:



Nachbefragung der PatientInnen mit nachgewiesenem Low-Grade-Infektion:

Von den 107 PatientInnen mit Wechseloperationen wurden beide PatientInnen mit nachgewiesenen Low-Grade-Infekten nach im Mittel 12 Monaten nachbefragt. Beide gaben an völlig beschwerdefrei und ohne Infektzeichen zu sein. Wundproblematiken traten ebenfalls keine auf (siehe auch Kasuistiken). Von den 262 PatientInnen mit Metallentfernungen konnten bei 87 PatientInnen (33%) eine Low-Grade-Infektion nachgewiesen werden. Nach im Mittel 13,7 Monaten erfolgte eine telefonische Nachbefragung aller 87 PatientInnen. Nur ein Patient berichtete nach einer Metallentfernung einer Plattenosteosynthese an der Klavikula über eine 3 Wochen postoperative nässenden Wunde. Bei diesem Patient wurde in der Gewebeprobe *Cutibacterium acnes* nachgewiesen. Bei der Nachbefragung nach 13,5 Monaten war die Narbe reizlos und der Patient beschwerdefrei.

3.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede in der Infektionsrate zwischen orthopädischen und unfallchirurgischen PatientInnen, insbesondere mit einer höheren Infektionsrate in der Unfallchirurgie (30 % vs. 2 %). Risikofaktoren für Infektionen sind das männliche Geschlecht sowie Plattenosteosynthesen bei Klavikula- und Oberarmkopffrakturen. Es zeigten sich gehäuft Low-Grade-Infektionen, wenn im Labor präoperativ erhöhte Leukozyten und CRP-Werte gemessen wurden. *Cutibacterium acnes* Bakterien waren die häufigsten Verursacher von Low-Grade-Infekten.

Sensitivitäts- und Spezifitätsanalysen zeigen, dass Gewebeproben eine höhere Prädiktionskraft für Low-Grade-Infektionen haben, als Abstriche und histologische Untersuchungen. Die perioperative Antibiotikaprophylaxe war in fast der Hälfte der Fälle nicht gegen die nachgewiesenen Keime wirksam. Mit den Metallentfernungen und dem anschließenden Debridement der Biofilme in den Wunden waren die Low-Grade-Infektionen in der Regel ausreichend behandelt, da es im Follow-up zu keinen klinischen Auffälligkeiten kam. So wurde, nach Abwägen der Vor- und Nachteile, nur vereinzelt postoperativ eine Antibiose gestartet.

4. Diskussion

4.1 Low-Grade-Infekte

Eine periprothetische Infektion nach Endoprothesenimplantation an Hüfte und Knie tritt bei der Primärimplantation in ca. 1% auf, in grob der Hälfte davon bleiben diese asymptomatisch (Grützner et al., 2023). Auch nach Osteosynthesen von geschlossenen Frakturen kommt es in 1-2% zu Infektionen. Auch hier bleibt knapp die Hälfte im Verlauf klinisch und laborchemisch asymptomatisch (Steinmetz et al., 2019).

Während manifeste Infekte in den überwiegenden Fällen mit eindeutigen klinischen Symptomen und weitreichenden Folgeoperationen verbunden sind (Militz, 2018), verursachen Low-Grade-Infektionen in der Regel selten oder unspezifische Symptome. Sie werden dann oft erst spät erkannt, was zu Prothesenlockerungen und abnehmender Implantatüberlebenszeit führen kann (Akbar et al., 2020; Dörries; Grützner et al., 2023; Mühlhofer et al., 2021; Schild, 2017).

4.2 Low-Grade-Infekte bei Metallentfernungen

Bei einer Metallentfernung werden die Fremdkörper mit samt dem Biofilm und den anheftenden Keimen entfernt und der Wundgrund debridiert, sodass dann in der Regel saubere und fremdkörperfreie Verhältnisse erreicht werden können (Lawal et al., 2021). Dadurch, dass nach Entfernen des Implantats mögliche Folgekomplikationen wie Lockerungen, Prothesenversagen, etc. wegfallen, gelten diese Low-Grade-Infekte damit in der Regel als beherrscht. Eine weiterführende Antibiose kann in der Einzelfallentscheidung durchgeführt werden. In der eigenen Untersuchung verheilten alle, der bei den 87 PatientInnen nachgewiesenen, Low-Grade-Infekte primär reizlos. Nur in einem Fall gab es anfänglich eine nässende Wunde. Diese heilte allerdings ebenfalls nach 3 Wochen folgenlos ab. Im Mittel erfolgte nach 13,7 Monaten eine Nachbefragung bei all diesen PatientInnen, bei denen dann weder Infektzeichen, noch andere Auffälligkeiten auftauchten.

4.3 Low-Grade-Infekte bei Wechseloperationen

Bei den Prothesenwechseloperationen wird das infizierte Implantat entfernt, jedoch werden im Verlauf wieder neue Implantate eingebaut, sodass ein Rezidivrisiko bei diesen Operationen deutlich höher ist als wenn lediglich Osteosynthesematerial entfernt wird. Die zum Zeitpunkt der Wechsel gewählte leitliniengerechte peri- und postoperativer Antibiose mit Cefazolin wurde mit einer lokalen Gabe Vancomycin ergänzt. Dies erwies sich als durchaus wirksam gegen die später nachgewiesenen *Cutibacterium acnes* Bakterien. Ebenfalls erfolgt ein perioperatives Debridement des Wundgrundes durch einen erfahrenen Operierenden. Da sich in unserer Untersuchung von insgesamt 107 Wechseloperationen nur 2 Low-Grade-Infekte zeigten, scheint diese Methode unstrittiger Weise durchaus erfolgsversprechend. Bei einem Follow-up nach 11 und 13 Monaten ergaben sich keine weiteren Auffälligkeiten.

Somit waren die angewendeten Behandlungsstrategien erfolgreich und entsprechen den Empfehlungen in der aktuelle AWMF Leitlinien und der Literatur (AWMF, 2024b; Gramlich, 2019; Holinka & Windhager, 2016; Ploeger et al., 2016). Bei Low-Grade-Infektionen mit bekannten Erregern ist der ein zeitige Prothesenwechsel eine vertretbare Vorgehensweise (Holinka & Windhager, 2016; Zimmerli et al., 2004).

4.4 Vergleich Wechseloperationen und Metallentfernungen

Es zeigten sich statistisch hoch signifikant niedrigere Rate an Low-Grade-Infektionen bei Wechseloperationen verglichen zu Metallentfernungen. Dies liegt vermutlich mit darin begründet, dass vor der Erstimplantation konsequente Vorbereitungen und prophylaktischen Maßnahmen vorgenommen werden. Beispielsweise werden die PatientInnen vier Tage präoperativ angehalten desinfizierende Körperwaschungen und Nasengelanwendungen durchzuführen (siehe Anleitung in Anlage). Diese Maßnahmen entsprechen den Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) des Robert Koch Instituts (KRINKO, 2018). Generell werden durch Gelenkpunktionen und einer anschließenden mikrobiologischen

Voruntersuchung signifikante Infektionen bereits vor den Wechseloperationen ausgeschlossen. Bei allen Operationen, sowohl bei den Implantationen, als auch bei den Wechseloperationen erfolgte immer entsprechend der AWMF Leitlinien-Empfehlungen eine perioperative Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin i.v. (AWMF, 2024b).

Im Gegensatz dazu erfolgten die Osteosynthesen in der Regel notfallmäßig und ohne längere Vorbereitung. Durch die Frakturen waren die Weichteile geschwollen und eingeblutet, außerdem bestanden begleitende Hämatome, die das Infektionsrisiko zusätzlich erhöhen. Auch wurden zum damaligen Zeitpunkt noch nicht bei allen Osteosynthesen routinemäßig eine perioperative Antibiotikaphylaxe durchgeführt. Beispielsweise gab es keinen routinemäßigen Einsatz bei Osteosynthesen an der Schulter (Klavikula, Oberarmkopf). Diese erfolgte laut der klinikintern geregelten Verfahrensanweisung (SOP) lediglich bei offenen Frakturen, Frakturen an langen Röhrenknochen, OP-Zeiten von mindestens 2 Stunden und bei Einbringung größerer Mengen an Implantaten und Prothesen (Klinikinterne SOP). Diese Empfehlungen richteten sich nach der Paul Ehrlich Gesellschaft und der damaligen Literatur (Hülkamp et al., 2024; Wacha Hannes, Hoyme Udo, Isenmann Rainer, Kujath Peter, Lebert Cordula, Naber K, Salzberger B., 2010).

In der eigenen Untersuchung wurden bei insgesamt 89 von insgesamt 369 PatientInnen mikrobiologisch oder histologisch Keime nachgewiesen und damit eine Low-Grade-Infektion bestätigt. Nur in einem Fall gelang der Nachweis einer Low-Grade-Infektion ausschließlich histologisch. Das bedeutet eine Rate von Low-Grade-Infekten von 24%. Der mit 43% am Häufigsten nachgewiesenen Keim war *Cutibacterium acnes*. Bei 86% der dabei entfernten Implantate handelte es sich um Platten. 25% aller Low-Grade-Infektionen traten nach Plattenosteosynthesen an der Schulter nach Klavikula- und Oberarmkopffrakturen auf.

Die erhöhte Rate an Low-Grade-Infektionen bei Operationen an der Schulter ist bekannt und in der aktuellen Literatur beschrieben. Koh und Mitarbeiter untersuchten 30 PatientInnen prospektiv bei primären Schulterendoprothesen

ohne vorangegangene Operationen. In jeweils 6 intraoperativen Abstrichen und Gewebeproben (4x oberflächlich, 2x tief) wurden bei 22 PatientInnen (73%) *Cutibacterium acnes* Besiedlungen nachgewiesen. Das männliche Geschlecht war signifikant häufiger betroffen ($p=0,024$). Ebenfalls zeigte sich das Vorhandensein von Haaren im OP-Gebiet als hoch signifikanter Risikofaktor ($p=0,005$). Lokale prophylaktische antiseptische Maßnahmen zeigten keine nennenswerte Reduktion der Besiedelung mit *Cutibacterium acnes*, da diese in den Haarfollikeln vor der Hautdesinfektion geschützt blieben. Ebenfalls führte die perioperative Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin nicht zu einer quantitativen Reduktion des Keims ($p=0,12$), da die minimale Hemmkonzentration von Cefazolin für *Cutibacterium acnes* nur 0,32 mg/l beträgt. Es zeigt also eine Sensibilität gegenüber dem Bakterium, erweist sich allerdings nicht als optimale Wahl, sondern stellt eher die ausreichende Wirksamkeit des Antibiotikums gegenüber diesem Keim in Frage (Koh et al., 2016). Auch bei Osteosynthesen bei Klavikulafrakturen werden vermehrt Low-Grade-Infektionen mit *Cutibacterium acnes* beschrieben. Both und Mitarbeiter berichteten, dass 27 der 34 asymptomatischen PatientInnen (79%) die eine Metallentfernung nach Plattenosteosynthese der Klavikula erhalten haben, ein Nachweis von *Cutibacterium acnes* zeigten. Männer waren hier ebenfalls signifikant häufiger betroffen. Alle PatientInnen blieben nach der Metallentfernung bei einem Follow-up von 3-24 Monaten klinisch unauffällig (Both et al., 2018).

Auch Kim und Mitarbeiter beschreiben in einer prospektiven Studie nach Implantation inverser oder anatomischer Schulterprothesen den Nachweis von *Cutibacterium acnes*. Die Haut der untersuchten PatientInnen wurde präoperativ zweimalig mit antiseptischer Duschlösung gereinigt. Die Region an der Schulter wurde am Operationstag mit antiseptischen Reinigungstüchern gesäubert. Präoperativ erfolgte eine Antibiotikaphylaxe mit Cefazolin. Zur Desinfektion vor Hautschnitt wurde der gesamte Arm mit Wasserstoffperoxid, Povidon-Iod, Isopropylalkohol und danach mit Duraprep (Iod und Alkohol) desinfiziert. Zusätzlich wurde eine antimikrobielle Folie im Zugangsgebiet aufgeklebt. Der Hautschnitt erfolgte in jeweils der Hälfte der PatientInnen entweder durch ein

Skalpell oder durch einen Elektrokauter. Nach dem Hautschnitt wurden die Handschuhe der Operateure gewechselt. Vom Inzisionsrand, sowie von der Pinzette und den Handschuhen der Operateure wurden Abstriche entnommen. Es wurden 32 PatientInnen untersucht. In der Skalpellgruppe zeigte sich am Inzisionsrand in 31% ein Nachweis von *Cutibacterium acnes*, während in der Elektrokautergruppe kein Nachweis gelang ($p < 0,001$). Auch an den Handschuhen der Operateure und den Pinzetten ließ sich *Cutibacterium acnes* nachweisen. Der Keimnachweis gelang nur bei den Männern (Schlüßler, 2024). Die vermehrte Häufigkeit von *Cutibacterium acnes* Besiedlung bei Männern an der Schulter erklärt sich somit unter anderem mit dem vermehrten Vorhandensein an Haar- und Talgdrüsen in diesem Bereich. Dies entspricht ebenfalls den Ergebnissen meiner Arbeit.

Das vermehrte Auftreten von Low-Grade-Infektionen bei Plattenosteosynthesen und Prothesen im Rahmen der Frakturversorgung begründet sich einerseits durch die fehlenden präoperativen Vorbereitungen und andererseits durch das Implantat, welches in ein vorgeschädigtes Gewebe eingesetzt werden muss. In der Regel ist *Cutibacterium acnes* ein fakultativ pathogener Keim und löst erst bei abwehrgeschwächten oder immunsupprimierten PatientInnen wirklich schwere klinische Infektionen (z.B. eine Endokarditis) aus (AWMF, 2024b; Piper et al., 2017). Bei implantatassoziierten Infekten findet sich der Keim jedoch recht häufig und löst, wie untersucht, häufig asymptomatische Low-Grade-Infekte aus. In der eigenen Untersuchung war keiner der PatientInnen mit nachgewiesenem *Cutibacterium acnes* Nachweis immunsupprimiert, alle waren nach der Metallentfernung symptomfrei und ohne eine klinisch relevante Infektion.

Marigi und Mitarbeiter erkannten, dass bei 7.713 nachuntersuchten Revisionsoperationen an der Schulter, bei denen 89,2% eine Prophylaxe mit Cefazolin erhielten, in 1,3% periimplantäre Infektionen nachgewiesen wurden. 43,6% davon (44 PatientInnen) waren ausgelöst durch *Cutibacterium acnes* (Marigi et al., 2022).

4.5 *Cutibacterium acnes*

Cutibacterium acnes ist ein gram positives, fakultativ anaerober Stäbchenbakterium. Es kann Fette hydrolysieren und lässt sich sowohl oberflächlich, als auch tief in den Talg- und Haardrüsen nachweisen. Da Männer mehr und größere Talgdrüsen besitzen und hormonbedingt auch mehr Talg produzieren, ist der Keim beim männlichen Geschlecht vergleichsweise öfter nachzuweisen. Bei einer oberflächlichen Hautdesinfektion ist er durch die Haarfollikel gut geschützt und nicht gut zugänglich (Jasoy & Schwarzkopf, 2024; Suerbaum et al., 2020). Bei Operationen können die Bakterien nach Inzision der Haut intraoperativ in das Operationsfeld gelangen und Kontaminationen und später eine Infektion verursachen. Die Besiedlungsrate der Schulter-Hautoberflächliche mit *Cutibacterium acnes* liegt zwischen 42 % und 73 % und ist aufgrund der erhöhten Dichte von Talgdrüsen größer, als die Besiedlungsraten von Knie und Hüfte. Die Besiedlungsrate der tiefen Haut- und Gewebeschichten beträgt 17-42% trotz standardmäßiger antimikrobieller Prophylaxe (AWMF, 2024b).

4.6 Neue Empfehlungen

Anhand der vermehrt nachgewiesenen Low-Grade-Infektionen mit *Cutibacterium acnes* bei Osteosynthesen nach Frakturen an Klavikula und proximalem Humerus, wurde die perioperative Antibiotikaprophylaxe für diese Operationen modifiziert. Nur knapp die Hälfte der PatientInnen, die eine Frakturversorgung mit Osteosynthesen an der Schulter bekamen, erhielten überhaupt eine perioperative Antibiose mit Cefazolin. Die übrigen erhielten gar keine Antibiose, da dies in der bis dahin geltenden SOP nicht zwingend vorgesehen war (keine offene Fraktur, keine lange OP-Zeit, keine Revision, keine Implantation von viel Metall). In unserer Studie zeigte sich anhand der Antibiotogramme, dass *Cutibacterium acnes* eine reduzierte Empfindlichkeit gegenüber Cefazolin hat. Die minimale Hemmkonzentration (MHK) liegt durchschnittlich bei 0,32 mg/l. Dieser Wert ist zu hoch um eine zuverlässige klinische Wirkung zu erzielen (Koh et al., 2016). Im Vergleich dazu ist Ampicillin deutlich wirksamer, da es eine MHK von nur 0,06 mg/l aufweist. Es liegt mit dem Wert also zwei Verdünnungsstufen

niedriger. Nach den Richtlinien des European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) gilt Ampicillin somit als deutlich wirksamer gegen *Cutibacterium acnes*. In Kombination mit Sulbactam zeigt es ebenfalls eine gute Wirksamkeit gegenüber Staphylokokken, die in unserer Untersuchung am zweithäufigsten nachgewiesen wurden (Eucast, 2025).

Auch Marigi und Mitarbeiter beschreiben zwischen 2000-2019 bei ihren 7.713 nachuntersuchte Revisionsoperationen an der Schulter, dass die periimplantären Infektionen, welche zum Großteil von *Cutibacterium acnes* ausgelöst wurden, mit der Cefazolinprophylaxe insgesamt seltener auftraten, auch wenn Cefazolin als Antibiotikum nicht die erste Wahl für diesen Erreger darstellt. In der eigenen Studie wurden in 50 Fällen Platten nach Klavikula- und Oberarmkopffrakturen entfernt, davon wiesen 35 PatientInnen, also knapp 70%, eine Low-Grade-Infektion auf, bei denen in 22 Fällen *Cutibacterium acnes* nachgewiesen wurde. Somit waren bei 63% aller Low-Grade-Infektionen nach Plattenosteosynthesen am Oberarm *Cutibacterium acnes* die Ursache. Bei 19 von den 22 Fällen handelte es sich um Männer. Das entspricht 86% (Marigi et al., 2022).

Daher wurde nach der Auswertung dieser Studie die SOP geändert. Seit dem 01.04.2025 erhalten alle PatientInnen mit Osteosynthesen an Klavikula und Oberarm eine perioperative Antibiotikaprophylaxe mit Ampicillin/Sulbactam (Unacid© 3g i.v.) um zukünftig das Risiko für Low-Grade-Infektionen, vor allem ausgelöst durch *Cutibacterium acnes*, zu senken (siehe SOP in der Anlage).

Diese klinikinterne SOP passt sich neuen AWMF Leitlinie perioperativer Antibiotikaprophylaxen an, die im Dezember 2024 publiziert wurde. Auch hier wird bei erhöhtem Risiko die perioperative Prophylaxe, insbesondere bei Schulteroperationen, mit Ampicillin/Sulbactam empfohlen (AWMF, 2024b).

4.7 Auswertung

Nach einer Auswertung der erfolgten Schulteroperationen im Jahr 2024 ergab sich, dass in der unfallchirurgischen Klinik in Sindelfingen in diesem Jahr 39 Plattenosteosynthesen bei Klavikulafrakturen, 47 Plattenosteosynthesen bei

Oberarmkopffrakturen und 53 inverse Schulterprothesen bei Oberarmkopffrakturen durchgeführt wurden. Damit waren im Jahr 2024 bereits 139 PatientInnen von dieser neuen Maßgabe betroffen gewesen.

Während wir in unserer Studie keine signifikant erhöhten Low-Grade-Infektion in Abhängigkeit vom Alter und BMI nachweisen konnten, konnten Backes und Mitarbeiter durchaus einen Zusammenhang feststellen. Bei 452 elektiven Metallentfernung nach Osteosynthesen in einem Beobachtungszeitraum von 6,5 Jahren wurden in 11,6% der Fälle manifeste Wundinfektionen unmittelbar nach der Metallentfernung nachgewiesen. Es kam nach der Metallentfernung in 10% zu oberflächlichen und in 1,6% zu tiefen Wundinfektionen. Ein niedriges Patientenalter ging mit einem hochsignifikanten Infektionsrisiko einher ($p < 0,004$). Das Geschlecht ($p = 0,130$), der BMI ($p = 0,336$) und die Operationszeit ($p = 0,070$) hatten keinen Einfluss auf das Infektionsrisiko. Auch die prophylaktische Antibiotikagabe führte nicht zu signifikant weniger Infektionen ($p = 0,911$) (Backes et al., 2015). Die Autoren beschrieben im Gegensatz zu der eigenen Studie den Zeitraum unmittelbar nach der operativen Metallentfernung, während wir die intraoperative Situation und das Vorliegen einer Low-Grade-Infektion untersuchten (Backes et al., 2015). In der eigenen Untersuchung blieb neben BMI und Alter ebenfalls ohne statistischen Einfluss, ob die Erstoperation bei der Osteosynthese durch Chefarzt, Ober- oder AssistenzärztInnen erfolgte. Argumente für weniger Low-Grade-Infekte hätten dabei sein können, dass mehr Erfahrung zu einer schnelleren und gewebeschonenden Präparation, Reposition und zügigerer Osteosynthese führen und somit das Infektionsrisiko hätte gesenkt werden können. Einen signifikanten Unterschied, wer die Erstoperationen durchführte, konnte für die Low-Grade-Infektion nicht geführt werden ($p = 0,835$). Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass komplexe Eingriffe in der Regel von erfahrenen Operierenden und die einfacheren Operationen vermehrt durch AssistenzärztInnen ausgeführt werden. Damit würde sich dieser vermeintliche Vorteil relativieren.

Erwartungsgemäß korrelierte ein präoperativ erhöhter Blutwert für Leukozyten ($p = 0,002$) und CRP ($p = 0,026$) in der präoperativen Untersuchung mit einem

vermehrten Nachweis von Low-Grade-Infektionen, da diese Werte Prädiktoren für eine Infektion sind. In einer Metaanalyse der Arbeitsgemeinschaft Endoprothetik konnten diese Laborwerte mit einer Sensitivität und Spezifität von 73-95% auf eine periprotektische Infektion hinweisen (Mühlhofer, 2021). Erhöhte Entzündungswerte können demnach auch auf eine Low-Grade-Infektion hinweisen. Für die präoperativ gemessenen Harnstoff- ($p=0,505$) und Kreatininwerte ($p=0,356$) konnte in meiner Studie keine signifikante Korrelation zu Low-Grade-Infekten gezogen werden.

Heese und Mitarbeiter konnten bei 67 prospektiv untersuchten PatientInnen, die einen unauffälligen Verlauf von der Osteosynthese bis zur elektiven Metallentfernung hatten, in 31% der Fälle eine Low-Grade-Infektion nachweisen. Die am häufigsten nachgewiesenen Erreger waren Staph. epidermidis und Cutibacterium acnes. Die Autoren konnten zeigen, dass ein statistischer Zusammenhang zwischen der Verweildauer des Implantates in situ und einem Keimnachweis bestand ($p < 0,05$). Alter, Geschlecht, OP-Zeit, Lokalisation und Materialart hatten keinen statistisch signifikanten Einfluss (Heese et al., 2014). Dies deckt sich nicht mit den eigenen Ergebnissen. Wir konnten eine signifikante Häufung von Low-Grade-Infekten nach Plattenosteosynthesen an der Schulter nachweisen, außerdem gab es eine signifikante Häufung bei männlichen Patienten ($p < 0,001$). Das Alter hatte bei uns ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer Low-Grade-Infektion. Bei Metallentfernungen lag das durchschnittliche Alter bei Low-Grade-Infekten bei 49,1 Jahren und das ohne Infekt bei 52,3 Jahren.

Osteosynthetische Operationen gehen ebenso wie Prothesenimplantationen mit dem Risiko einer Implantatinfektion einher. Alleine der eingebrachte Fremdkörper erhöht das potentielle Infektionsrisiko, da im Vergleich zur implantatfreien Situation eine 10^5 fach geringere Keimlast ausreicht eine solche auszulösen. Grund dafür ist eine permanente Fremdkörperreaktion gegen das Implantat (Walter & Gramlich, 2019). Nun war die Überlegung, ob die histologische Gewebeuntersuchung mit der Focus Klassifikation eine schnellere und effizientere Erkennung eines Low-Grade-Infektes ermöglichen könne. In der eigenen Untersuchung hatte die Histologie eine Sensitivität von 31% und eine

Spezifität von 99%. Damit war sie schlechter zum Nachweis eines Low-Grade-Infektes geeignet als der Abstrich oder die Gewebeprobe. Die histologische Untersuchung war technisch recht aufwendig und dauerte in der Regel mindestens 1 Woche. Eine Aussage zum Keimbefall und ein Resistenzbestimmung konnte dazu nicht getroffen werden. Damit hatte diese Untersuchung die geringste Aussagekraft. Der Abstrich war die schnellste Diagnostik und lag innerhalb von 24-36 Stunden vor. Der Vorteil lag nicht nur an den schnell verfügbaren Ergebnissen, sondern auch in der Möglichkeit ein Antibiogramm zu erstellen. Die Sensitivität lag dabei bei 48% und die Spezifität bei 99%. Bei den Gewebeproben dauerten es mit 72 Stunden etwas länger bis Ergebnisse daraus zu erlesen waren, diese hatten dafür aber die höchste Aussagekraft, da sie eine Sensitivität von 76% und einer Spezifität von 98% erwiesen. Zusätzlich gab es auch hier die Möglichkeit der Erstellung eines Antibiogramms. Auch in der Leitlinie der IWGDF (International Workgroup Diabetic on the Foot) aus dem Jahr 2023 wird nach Auswertung von zwei prospektiv-randomisierten Studien der Gewebeprobe bei der Infektionsdiagnostik sowohl die höhere Sensitivität als auch Spezifität im Vergleich zum Abstrich attestiert (IWGDF, 2023; Nelson et al., 2006; O'Meara et al., 2006).

Die Sonifikation des entnommenen Implantats und die mikrobiologische Untersuchung des Sonikats zeigt in den verschiedenen Studien eine Sensitivität von 85-95% und eine Spezifität bis 95% (Renz et al., 2015; Renz et al., 2016). Wir haben in der vorliegenden Studie dieses Verfahren nicht angewendet, da die erforderlichen Gerätschaften des sterilen Ultraschallbades und die ausreichenden sterilen Transportboxen für die entnommenen Implantate nicht zur Verfügung standen. Eine bessere Validität zum Nachweis eines Low-Grade-Infektes des Verfahrens besteht in der Literatur nicht (Maniar et al., 2016; Renz et al., 2015). Wir sahen in der eigenen Studie, dass sich die Gewebeproben am besten zum Nachweis einer periimplantären Infektion eignen. Sie haben die beste Aussagekraft und erlauben bedarfsweise die gezielte antibiotische Behandlung.

4.8 Stärken und Schwächen der Arbeit

Stärken: Die Untersuchung erfolgte prospektiv und schloss alle Wechseloperationen und Metallentfernungen, die im Beobachtungszeitraum erfolgten vollständig mit ein. Die zuvor berechnete Mindestmenge von 208 Patienten wurde mit 369 eingeschlossenen PatientInnen deutlich übertroffen und war somit ausreichend, um die aufgestellten Hypothesen zu beantworten.

Schwächen: Neben den Abstrichen, Gewebeproben und histologische Untersuchungen erfolgte keine Sonifikation der entnommenen Implantate, obwohl diese in Kombination mit den Gewebeproben die Sensitivität verbessert (79% versus 61%) und eine Spezifität von bis zu 99% erlaubt (Lass et al., 2016; Maniar et al., 2016; Renz et al., 2015). Grund dafür waren die dazu erforderliche Erweiterungen der Untersuchung und eine zusätzlich notwendige Anschaffung eines sterilen Ultraschallbades (Kosten über 10.000€). Außerdem standen keine sterilen Behältnisse zum Transport in die Mikrobiologie zur Verfügung. Diese Kosten waren in der Studie nicht gedeckt. Den PatientInnen wurde, entsprechend des Implantateregistergesetzes, das Osteosynthesematerial nach der ausschließlich ambulant durchgeführten Metallentfernung direkt ausgehändigt und mitgegeben (Bundesministerium der Justiz, 2019). Die Sonifikation der Implantate wäre mit einem erhöhtem Kosten- und Logistikaufwand einhergegangen, da die Metalle dann nach der Untersuchung an die PatientInnen hätten verschickt werden müssen.

4.9 Handlungsempfehlungen für die Zukunft

Bei den orthopädischen Wechseloperation traten in nur zwei Fällen Low-Grade-Infektionen auf. Diese Zahl ist im Vergleich mit der Literatur so niedrig, dass sich keine zusätzlichen Handlungsempfehlungen ergeben. Die Punktionen vor der Wechseloperation und die Vorbereitungen der PatientInnen mit Waschungen und Nasengelanwendungen sollte so beibehalten werden. Bei den Osteosynthesen an der Schulter (Platten bei Klavikula- und Oberarmkopffrakturen, sowie der Implantation von Schulterprothesen nach Frakturen) sollte eine perioperative Antibiotikaphylaxe mit

Ampicillin/Sulbactam (Unacid©) 3g i.v., statt bisher mit Cefazolin 2g i.v. erfolgen. Eine entsprechend klinikinterne SOP wurde am 01.04.2025 bereits angepasst und die Empfehlung umgesetzt. Des Weiteren wurde in den Kliniken Sindelfingen die Empfehlung ausgesprochen zukünftig die Plattenosteosynthesen der Schulter, sowie an der Klavikula regelhaft zu entfernen, da insbesondere Männer eine doch erhebliche Anzahl an Low-Grade-Infektionen erleiden, die mit einer Metallentfernung leichter beherrscht werden können.

Zur Diagnostik von Infekten, und insbesondere Low-Grade-Infekten, sollten in der Folgeoperation routinemäßig Gewebeproben entnommen und untersucht werden, da sie die höchste Sensitivität und Spezifität aufweisen und zusammen mit dem Resistogramm eine ergänzende, gezielte antibiotische Therapie ermöglichen.

5. Zusammenfassung

Bei Prothesenwechseln nach endoprothetischem Gelenkersatz und bei Metallentfernung nach Osteosynthesen zur Frakturversorgung werden trotz fehlender Infektionszeichen in der Literatur Low-Grade-Infektionen in 17-40% beschrieben (Dapunt et al., 2015; Fuchs et al., 2018). Zum Nachweis können Abstriche, Gewebeproben oder histologische Gewebeuntersuchungen angewendet werden.

In dieser Studie sollte überprüft werden, wie hoch die Raten von Low-Grade-Infekten bei PatientInnen aus der Orthopädie und Unfallchirurgie bei Prothesenwechsel und Metallentfernung sind und welche prädisponierenden Risikofaktoren dabei bedeutsam sein können. Es sollte geklärt werden, welche diagnostischen Untersuchungen zur Feststellung eines Low-Grade-Infektes am besten geeignet sind und welche Konsequenzen für die Therapie daraus gezogen werden können. Dazu wurden prospektiv alle bis dahin asymptomatischen PatientInnen mit Prothesenwechseln und Metallentfernungen vom 01.06.2023 bis zum 31.12.2024 in die Studie aufgenommen. 369 PatientInnen wurden eingeschlossen, davon 262 (71%) Metallentfernungen und 107 Wechseloperationen (29%).

Intraoperativ wurden aus dem Implantatlager Abstriche, Gewebeproben zur mikrobiologischen Untersuchung und ein Gewebestreifen zur histologischen Untersuchung entnommen. Die Gewebestreifen wurden nach HE-Färbung nach der Focus Klassifikation bezüglich der Anzahl der nachgewiesenen neutrophilen Granulozyten eingeteilt. Es wurden die Daten der PatientInnen wie Alter, Geschlecht, BMI, die Art und Lokalisation der eingebrachten Implantate, sowie die präoperativen Entzündungsparameter (Leukozyten und CRP), als auch die Nierenfunktionswerte (Harnstoff und Kreatinin) dokumentiert. Ebenso wurde auch die Qualifikation des Operateurs bzw. der Operateurin bei der Erstoperation erfasst. Die Behandlungsverläufe der PatientInnen mit Low-Grade-Infekten wurden im Rahmen einer Nachuntersuchung nach durchschnittlich 13,7 Monaten erhoben.

Die Ergebnisse zeigen hochsignifikante Unterschiede in der Infektionsrate zwischen Orthopädie und Unfallchirurgie, insbesondere mit einer höheren Infektionsrate in der Unfallchirurgie (30 % vs. 2 %). Signifikante Risikofaktoren für Infektionen waren das männliche Geschlecht und Plattenosteosynthesen bei Klavikula- und Oberarmkopffrakturen. Low-Grade-Infektionen wurden signifikant häufiger festgestellt, wenn im präoperativen Labor vor Prothesenwechsel oder Metallentfernung erhöhte Leukozyten- und CRP-Werte gemessen wurden. *Cutibacterium acnes* war der am häufigsten nachgewiesene Verursacher von Low-Grade Infekten.

Gewebeproben hatten mit einer Sensitivität von 76% und einer Spezifität von 98% eine höhere Prädiktion für Low-Grade-Infektionen als Abstriche (Sensitivität 48% und Spezifität 99%) und histologische Untersuchungen (Sensitivität 31% und Spezifität 99%). In fast der Hälfte der Low-Grade-Infektionen passte die perioperative Antibiotikaphylaxe nicht zum nachgewiesenen Keim. Auf Grundlage der aktualisierten AWMF S3 Leitlinie vom Dezember 2024 sollen bei Osteosynthesen und Prothesen an der Schulterregion die perioperative Antibiotikaphylaxe von Cefazolin auf Ampicillin/Sulbactam (Unacid©) angepasst werden. Entsprechend der vorliegenden Studienergebnisse und der Leitlinienempfehlungen wurden die klinikinternen SOPs im Hinblick auf zukünftige Behandlungen dieser Art ebenfalls angepasst. Nun soll auch die routinemäßige Entfernung der eingebrachten Plattenosteosynthesen an Klavikula und Oberarmkopf nach abgeschlossenem Heilungsverlauf auch bei asymptomatischen PatientInnen erfolgen. Durch dieses Vorgehen soll die Rate der Low-Grade-Infekte verringert werden. In keinen der nachfolgenden Follow ups zeigten sich weitere klinische Auffälligkeiten.

6. Beantwortung der Fragen

-Wie hoch ist die Rate von Low-Grade-Infekten nach Osteosynthesen bei Metallentfernungen?

Die Rate beträgt 30%.

-Wie hoch ist die Rate von Low-Grade-Infekten bei Wechseloperationen von Prothesen?

Die Rate beträgt 2%.

-Welche klinische Bedeutung haben nachgewiesene Low-Grade Infekte für den klinischen Verlauf?

Da asymptomatische Low-Grade-Infekte klinisch inapparent bleiben, fallen sie regelhaft weder den behandelnden ÄrztInnen noch den Betroffenen auf. Bekannt ist, dass in den Operationsgebieten oft sehr wohl Erreger vorkommen, die durch die Produktion eines Biofilms und der langsamen Wachstumsrate zwar oft klinisch stumm verbleiben, bei Osteosynthesen aber durchaus Probleme (Lockerungen, Wundheilungsstörungen mit Pseudarthrosebildung, Schmerzen, Materialversagen) bereiten können. Wir konnten aufzeigen, dass die durchgeführte perioperative Antibiose mit Cefazolin nicht ausreichend wirksam gegen das am häufigsten auftretende Bakterium war. Obwohl sich bei allen PatientInnen der eigenen Studie in den Nachuntersuchungen bis zu einem Jahre keine relevanten Einschränkungen, Infekte oder Wundheilungsstörungen präsentierten wird dennoch empfohlen die perioperative Antibiotikaphylaxe anzupassen.

-Welche therapeutischen Maßnahmen müssen unter Umstände bei der Primäroperation angepasst werden?

Bei den orthopädischen Wechseloperationen sind keine Anpassungen notwendig. Hingegen wurde bei Plattenosteosynthesen und Prothesen zur Frakturversorgung der Schulterregion die perioperative Antibiotikaphylaxe von Cefazolin auf Ampicillin/Sulbactam umgestellt und in der klinikinternen SOP verankert.

-Gibt es Unterschiede bei orthopädischen und unfallchirurgischen Eingriffen?

Ja, die höhere Infektquote bei unfallchirurgischen Eingriffen erklärt sich einerseits durch die in der Regel notfallmäßige Operation ohne mehrtägige Vorbereitung und desinfizierende Hautwaschungen in einem kontusioniertem Weichteil- und Knochengewebe. Dieses weist alleine durch die Hämatombildung und lokale Immunschwäche eine erhöhte Infektanfälligkeit auf. Andererseits sind bei vergleichsweise deutlich mehr Operationen an der oberen Körperhälfte die Besiedelungsraten von Hautkeimen wie *Cutibacterium acnes* um ein vielfache höher als bei orthopädischen Hüft- und Knieoperationen.

-Gibt es Abhängigkeiten vom Zeitpunkt der Primäroperation als Notfall- oder bei geplanter Operation?

Ja, bei elektiven Prothesenwechseloperationen kam es hochsignifikant seltener zu Low-Grade-Infektionen als bei notfallmäßiger Frakturversorgung.

-Gibt es Unterschiede im Nachweisverfahren eines Low-Grade-Infektes?

Ja, die Gewebeprobe hat in unserer Studie die beste Sensitivität und Spezifität zum Nachweis einer Low-Grade-Infektion gezeigt. Eine histologische Untersuchung erwies dem gegenüber die geringste diagnostische Aussagekraft und ermöglichte dahingehend auch keine Möglichkeit der Erstellung eines Antibiotogramms.

-Gibt es Implantationsorte mit vermehrten Low-Grade-Infekten?

Ja, die häufigsten Low-Grade-Infektionen traten nach Plattenosteosynthesen bei Klavikulafrakturen und proximalen Oberarmfrakturen auf.

-Gibt es Zusammenhänge beim Alter, Gewicht oder Geschlecht der PatientInnen oder dem Primäroperateur bzw der Primäroperateurin?

Ja, Männer waren signifikant häufiger betroffen als Frauen. Ursächlich sind die beim Mann tendenziell größeren und vermehrt auftretenden Haar- und Talgdrüsen, die ein gehäuftes Auftreten von *Cutibacterium acnes* zur Folge haben. Das Alter und der BMI der Patienten oder die Qualität des Operierenden beim Ersteingriff hatten keinen signifikanten Einfluss auf eine Low-Grade-Infektion.

-Ist das Regime einer perioperativen prophylaktischen Antibiose ausreichend?

Nein, die perioperative Antibiotikaprophylaxe bei Osteosynthesen oder Prothesen zur Frakturversorgung an der Schulter wurde mit einer klinikinternen SOP von Cefazolin auf Ampicillin/Sulbactam angepasst.

-Gibt es bei nachgewiesenen Low-Grade-Infekten Auffälligkeiten im Behandlungsverlauf?

Nein, durch die im Zuge der Wechseloperation bzw. der Metallentfernung durchgeführte Sanierung der Low-Grade-Infekte bzw. ergänzende Antibiose wurden die potentiell auftretenden Folgekomplikationen verhindert und führten im Follow up von bis zu einem Jahr zu keinen klinischen Auffälligkeiten

7. Literaturverzeichnis

- Achermann, Y., Goldstein, E. J. C., Coenye, T. & Shirtliff, M. E. (2014) "Propionibacterium acnes: from commensal to opportunistic biofilm-associated implant pathogen", *Clinical microbiology reviews*, Vol. 27, No. 3, S. 419–440.
- Akbar, M., Lehner, B., Ryang, Y.-M. & Pepke, W. (2020) "Low-Grade-Infektionen in der Wirbelsäulenchirurgie – Ein Chamäleon?: Neuste Erkenntnisse und Behandlungsstrategien", *Der Orthopäde*, Vol. 49, No. 8, S. 669–678.
- American Society of Anaesthesiologists (2020) *Statement on ASA physical status classification system*. [Online]. Verfügbar unter <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system>.
- Arbab, D. & König, D. P. (2016) "Atraumatic Femoral Head Necrosis in Adults", *Deutsches Ärzteblatt international*, Vol. 113, No. 3, S. 31–38.
- Arens, S. & Hansis, M. (1998) "Implantate in der Unfallchirurgie: Osteosynthese mit Titan: Deutsches Ärzteblatt 24", *Deutsches Ärzteblatt International*, S. 8484.
- Arias, C. A. & Murray, B. E. (2012) "The rise of the Enterococcus: beyond vancomycin resistance", *Nature reviews. Microbiology*, Vol. 10, No. 4, S. 266–278.
- AWMF (2018) *S1 Leitlinie Implantatentfernung nach Osteosynthese* [Online]. Verfügbar unter https://register.awmf.org/assets/guidelines/012-004I_S1_Implantatentfernung-nach-Osteosynthese_2018-08-abgelaufen.pdf.
- AWMF (2021) *S3 Leitlinie periprothetische Infektionen* [Online]. Verfügbar unter <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-005>.
- AWMF (2021) *S3 Leitlinie. Evidenz- und konsensbasierte Indikationskriterien zur Hüfttotalendoprothese bei Coxarthrose* [Online]. Verfügbar unter https://register.awmf.org/assets/guidelines/187-001I_S3_Indikationskriterien_H%C3%BCfttotalendoprothese_bei_Coxarthrose_2021-04.pdf.
- AWMF (2023) *S2k Leitlinie Knieendoprothese*. [Online]. Verfügbar unter https://register.awmf.org/assets/guidelines/187-004I_S3_Indikation_Knieendoprothese_2023-06.pdf.
- AWMF (2024) *S2k Leitlinie Gonarthrose*. [Online]. Verfügbar unter https://register.awmf.org/assets/guidelines/187-050I_S2k_Gonarthrose_2025-01-verlaengert.pdf.
- AWMF (2024) *S3 Leitlinie perioperative und periinterventionelle Antibiotikaphylaxe* [Online]. Verfügbar unter https://register.awmf.org/assets/guidelines/067-009I_S3_PAP_2025-01_1_01.pdf.
- Backes, M., Schep, N. W. L., Luitse, J. S. K., Goslings, J. C. & Schepers, T. (2015) "High Rates of Postoperative Wound Infection Following Elective Implant Removal", *The open orthopaedics journal*, Vol. 9, S. 418–421.

- Bärthel, S., Walter, N., Lang, S., Hitzenbichler, F., Rupp, M. & Alt, V. (2023) "Antibiotikaeinsatz zu Prophylaxe und empirischer Therapie von frakturassoziierten Infektionen in Deutschland : Eine Umfrage an 44 Kliniken", *Unfallchirurgie (Heidelberg, Germany)*, Vol. 126, No. 9, S. 707–714.
- Bause, L., Niemeier, A. & Krenn, V. (2018) "Arthur-Vick-Preis der Deutschen Gesellschaft für Orthopädische Rheumatologie 2017", *Zeitschrift für Rheumatologie*, Vol. 77, No. 2, S. 168–174.
- Becker, K., Heilmann, C. & Peters, G. (2014) "Coagulase-negative staphylococci", *Clinical microbiology reviews*, Vol. 27, No. 4, S. 870–926.
- Becker K, Vogel U, Berner R, Eckmann C (2014) *MiQ: Mikrobiologische Diagnostik der Arthritis und Osteomyelitis. Teil 1*, 2. Aufl., München, Urban & Fischer.
- Becker, Kartsen, Heilmann, Christine, Peters, Georg (2014) "Coagulase-Negative Staphylococci", *Clinical microbiology reviews*, No. 27, S. 870–926.
- Bernard, K. (2012) "The genus corynebacterium and other medically relevant coryneform-like bacteria", *Journal of clinical microbiology*, Vol. 50, No. 10, S. 3152–3158.
- Bleß, H-H & Kip, M (Hg.) (2016) *Weißbuch Gelenkersatz: Versorgungssituation endoprothetischer Hüft- und Knieoperationen in Deutschland* [Online], Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg. Verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1545253>.
- Bortz, J. & Lienert, G. A. (2008) *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung: Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben ; mit 13 Abbildungen und 97 Tabellen sowie zahlreichen Formeln*, 3. Aufl., Heidelberg, Springer.
- Both, A., Klatte, T. O., Lübke, A., Büttner, H., Hartel, M. J., Grossterlinden, L. G. & Rohde, H. (2018) "Growth of Cutibacterium acnes is common on osteosynthesis material of the shoulder in patients without signs of infection", *Acta orthopaedica*, Vol. 89, No. 5, S. 580–584.
- Buckley, R, Moran, CG & Apivatthakakul, T (Hg.) (2017) *AO principles of fracture management*, Davos Platz, Stuttgart, AO Foundation; Thieme.
- Bundesministerium der Justiz (2019) *IRegG, Implantateregistergesetz*. [Online]. Verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/iregg/BJNR249410019.html>.
- Czekaj, T., Ciszewski, M. & Szewczyk, E. M. (2015) "Staphylococcus haemolyticus - an emerging threat in the twilight of the antibiotics age", *Microbiology (Reading, England)*, Vol. 161, No. 11, S. 2061–2068.
- Dapunt, U., Spranger, O., Burckhardt, I., Zimmermann, S., Gantz, S., Korff, S., Schmidmaier, G. & Moghaddam, A. (2015) *Inwieweit sind atrophe Pseudarthrosen mit einer lowgrade-Infektion assoziiert?*
- Debus, E. S., Metzger, M. W. & Grundmann, R. T. (2022) "Zur Beziehung zwischen Operationszeit und perioperativen Komplikationen bei gefäßchirurgischen Eingriffen – ein Studienaufruf", *Gefäßchirurgie*, Vol. 27, No. 1, S. 35–38.

- Dörries, S. *Analyse der Gründe für Revisionsoperationen bei einliegender Knieprothese: Analysis of the reasons for revision surgery with inserted knee arthroplasty* [Online]. Verfügbar unter <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/21403>.
- Drenck, T., Preiss, A., Akoto, R. & Frosch, K.-H. (2016) "Implantatentfernung nach Frakturversorgung oder Osteotomie am Knie (Tipps und Tricks)", *OP-Journal*, Vol. 32, No. 02, S. 138–144.
- Engelhardt, M & Raschke Michael (Hg.) (2019) *Orthopädie und Unfallchirurgie*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg.
- Eucast (2025) *Clinical breakpoints and dosing of antibiotics 2025*. [Online]. Verfügbar unter https://www.eucast.org/ast_of_bacteria/calibration_and_validation.
- Fuchs, M., Kinzel, S., Perka, C.-F. & Roth, P. von (2018) *Infektionsrate von Osteosynthesematerial nach kniegelenknahen traumatologischen und elektiv-orthopädischen Eingriffen*.
- Gatermann SG, L. L. (2014) *MiQ: Mikrobiologische Diagnostik der Arthritis und Osteomyelits. Teil 2*, 2. Aufl., München, Urban & Fischer.
- Gerlach, U.-J. (2017) "Infizierte Plattenosteosynthese", *OP-Journal*, Vol. 33, No. 02, S. 108–112.
- Glasset, B., Herbin, S., Granier, S. A., Cavalié, L., Lafeuille, E., Guérin, C., Ruimy, R., Casagrande-Magne, F., Levast, M., Chautemps, N., Decousser, J.-W., Belotti, L., Pelloux, I., Robert, J., Brisabois, A. & Ramarao, N. (2018) "Bacillus cereus, a serious cause of nosocomial infections: Epidemiologic and genetic survey", *PloS one*, Vol. 13, No. 5, e0194346.
- Gramlich, W. (2019) *Periprothetische Infektionen.*: *EMedpedia* [Online]. Verfügbar unter https://www.springermedizin.de/emedpedia/detail/orthopaedie-und-unfallchirurgie/periprothetische-infektionen?epediaDoi=10.1007%2F978-3-642-54673-0_18.
- Grützner, PA, Hoffmann, R & Rudert, M (Hg.) (2023) *Referenz Orthopädie und Unfallchirurgie: Becken und Hüfte* [Online], Stuttgart, Thieme. Verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflicht-2109778>.
- Heese, O, Hoffmann, R, Förch, S & Holz, R (Hg.) (2014) *Bakterielle Besiedelung von Osteosynthesematerial nach unkomplizierten Heilungsverlauf* (German Medical Science GMS Publishing House).
- Heiliggeist, E. (2016) *Komplikationen nach aseptischer elektiver Metallentfernung.: Inauguraldisertation Heidelberg* [Online]. Verfügbar unter <https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/21777/1/Heiliggeist%2C%20Eva%20Maria.pdf>.
- Holinka, J. & Windhager, R. (2016) "Management von Prothesen-infektionen", *Der Orthopäde*, Vol. 45, No. 4, 359-73; quiz 374.
- Hülkamp, M., Stolberg-Stolberg, J., Raschke, M. & Rosslenbroich, S. (2024) "Stellenwert lokaler Antibiotika für die Prophylaxe und Therapie frakturassoziierter Infektionen", *Unfallchirurgie (Heidelberg, Germany)*, Vol. 127, No. 2, S. 89–95.

- IWGDF (2023) *Leitlinie zur Prävention und Management des Diabetisches Fußsyndrom 2023* [Online]. Verfügbar unter <https://iwgdfguidelines.org/wp-content/uploads/2023/07/IWGDF-Guidelines-2023.pdf>.
- Izadpanah, K., Jaeger, M., Maier, D. & Südkamp, N. (2016) "Metallentfernungen an der oberen Extremität", *OP-Journal*, Vol. 32, No. 02, S. 120–125.
- Izakovicova, P., Borens, O. & Trampuz, A. (2019) "Periprosthetic joint infection: current concepts and outlook", *EFORT open reviews*, Vol. 4, No. 7, S. 482–494.
- Jassoy, C. & Schwarzkopf, A. (2024) *Hygiene, Infektiologie, Mikrobiologie*, 4. Aufl., Stuttgart, New York, Georg Thieme Verlag.
- Kellgren, J. & Lawrence, J. (1957) "Radiological assessment of osteo-arthritis", *Annals of the rheumatic diseases*, Vol. 16, No. 4, S. 494–502.
- Kinzel, S. (2020) *Infektionsrate von Osteosynthesematerial nach elektiv-orthopädischen und traumatologischen Indexoperationen*.
- Koh, C. K., Marsh, J. P., Drinković, D., Walker, C. G. & Poon, P. C. (2016) "Propionibacterium acnes in primary shoulder arthroplasty: rates of colonization, patient risk factors, and efficacy of perioperative prophylaxis", *Journal of shoulder and elbow surgery*, Vol. 25, No. 5, S. 846–852.
- Kölbel, B., Wienert, S., Dimitriadis, J., Kendoff, D., Gehrke, T., Huber, M., Frommelt, L., Tiemann, A., Saeger, K. & Krenn, V. (2015) "CD15-Fokus-Score zur Diagnostik der periprosthetischen Gelenkinfektion : Neutrophile-Granulozyten-Quantifizierungs-Modus und Entwicklung einer morphometrischen Software ("CD15-Quantifier")", *Zeitschrift für Rheumatologie*, Vol. 74, No. 7, S. 622–630.
- Kölbel, B. (2015) *CD15-Fokus-Score: Ein immunhistochemisch basierter Score sowie die Mitentwicklung einer morphometrischen Software („CD15-Quantifier“) zur Infektionsdiagnostik in der periprosthetischen Membran*, Charité - Universitätsmedizin Berlin.
- Krenn, V. T., Liebisch, M., Kölbel, B., Renz, N., Gehrke, T., Huber, M., Krukemeyer, M. G., Trampuz, A., Resch, H. & Krenn, V. (2017) "CD15 focus score: Infection diagnosis and stratification into low-virulence and high-virulence microbial pathogens in periprosthetic joint infection", *Pathology, research and practice*, Vol. 213, No. 5, S. 541–547.
- Krenn, V., Liebisch, M. & Krenn, V. (2018) *CD15 Focus Score: A histopathological score for the stratification into low-virulence and high-virulence microbial pathogens in periprosthetic joint infections*.
- Krettek, C., Müller, C., Meller, R., Jagodzinski, M., Hildebrand, F. & Gaulke, R. (2012) "Ist eine routinemäßige Implantatentfernung nach unfallchirurgischen Eingriffen sinnvoll?", *Der Unfallchirurg*, Vol. 115, No. 4, S. 315–322.
- KRINKO (2018) "Prävention postoperativer Wundinfektionen : Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut", *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*, Vol. 61, No. 4, S. 448–473.
- Kuroda, M., Yamashita, A., Hirakawa, H., Kumano, M., Morikawa, K., Higashide, M., Maruyama, A., Inose, Y., Matoba, K., Toh, H., Kuhara, S., Hattori, M. &

- Ohta, T. (2005) "Whole genome sequence of *Staphylococcus saprophyticus* reveals the pathogenesis of uncomplicated urinary tract infection", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 102, No. 37, S. 13272–13277.
- Lass, R., Giurea, A., Kubista, B., Hirschl, A., Graninger, W., Prestler, E., Windhager, R. & Holinka, J. (2016) *Evaluierung der bakteriellen Besiedelung der einzelnen Komponenten von infizierten Hüfttotalendoprothesen mithilfe der Sonifikation*.
- Lawal, O. U., Barata, M., Fraqueza, M. J., Worning, P., Bartels, M. D., Goncalves, L., Paixão, P., Goncalves, E., Toscano, C., Empel, J., Urbas, M., Domínguez, M. A., Westh, H., Lencastre, H. de & Miragaia, M. (2021) "Staphylococcus saprophyticus From Clinical and Environmental Origins Have Distinct Biofilm Composition", *Frontiers in microbiology*, Vol. 12, S. 663768.
- Li, C., Ojeda-Thies, C., Xu, C. & Trampuz, A. (2020) "Meta-analysis in periprosthetic joint infection: a global bibliometric analysis", *Journal of orthopaedic surgery and research*, Vol. 15, No. 1, S. 251.
- Liewen, C., Krenn, V. T., Dieckmann, R., Bause, L., Liebisch, M., Niemeier, A., Trampuz, A. & Krenn, V. (2022) "Diagnostische Bedeutung des CD15-Fokus-Score bei zweizeitigem Gelenkendoprothesenwechsel : Hohe Spezifität für die Diagnose einer Infekteradikation", *Zeitschrift für Rheumatologie*, Vol. 81, No. 4, S. 342–351.
- Logan, N. A. (2012) "Bacillus and relatives in foodborne illness", *Journal of applied microbiology*, Vol. 112, No. 3, S. 417–429.
- Lützner, J., Deckert, S., Lange, T., Postler, A. E., Aringer, M., Berth, H., Bork, H., Dreinhöfer, K. E., Günther, K.-P., Heller, K.-D., Hube, R., Kirschner, S., Kladny, B., Kopkow, C., Sabatowski, R., Stoeve, J., Wagner, R. & Lützner, C. (2025) "Evidenzbasierte und patientenorientierte Indikationsstellung zur Knieendoprothese – Update der Leitlinie", *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, Vol. 163, No. 1, S. 79–86.
- Maniar, H. H., Wingert, N., McPhillips, K., Foltzer, M., Graham, J., Bowen, T. R. & Horwitz, D. S. (2016) "Role of Sonication for Detection of Infection in Explanted Orthopaedic Trauma Implants", *Journal of orthopaedic trauma*, Vol. 30, No. 5, e175-80.
- Marigi, E. M., Bartels, D. W., Yoon, J. H., Sperling, J. W. & Sanchez-Sotelo, J. (2022) "Antibiotic Prophylaxis with Cefazolin Is Associated with Lower Shoulder Periprosthetic Joint Infection Rates Than Non-Cefazolin Alternatives", *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, Vol. 104, No. 10, S. 872–880.
- Mederake, M., Hofmann, U. K. & Fink, B. (2022) "The significance of synovial biopsy in the diagnostic workup of the low-grade periprosthetic joint infection of shoulder arthroplasty", *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, Vol. 142, No. 11, S. 3157–3164.
- Militz, M. (2018) "Management der frühen postoperativen Wundinfektion", *Orthopädie und Unfallchirurgie update*, Vol. 12, No. 05, S. 523–537.

- Mühlhofer, H., Renz, N., Zahar, A., Lüdemann, M., Rudert, M., Hube, R., Frommelt, L., Ascherl, R., Perka, C. & Eisenhart-Rothe, R. von (2021) "Diagnosis of periprosthetic joint infection : Development of an evidence-based algorithm by the work group of implant-associated infection of the AE- (German Society for Arthroplasty)", *Der Orthopade*, Vol. 50, No. 4, S. 312–325.
- Nelson, E. A., O'Meara, S., Craig, D., Iglesias, C., Golder, S., Dalton, J., Claxton, K., Bell-Syer, S. E. M., Jude, E., Dowson, C., Gadsby, R., O'Hare, P. & Powell, J. (2006) "A series of systematic reviews to inform a decision analysis for sampling and treating infected diabetic foot ulcers", *Health technology assessment (Winchester, England)*, Vol. 10, No. 12, iii-iv, ix-x, 1-221.
- O'Hara, C. M., Brenner, F. W. & Miller, J. M. (2000) "Classification, identification, and clinical significance of *Proteus*, *Providencia*, and *Morganella*", *Clinical microbiology reviews*, Vol. 13, No. 4, S. 534–546.
- O'Meara, S., Nelson, E. A., Golder, S., Dalton, J. E., Craig, D. & Iglesias, C. (2006) "Systematic review of methods to diagnose infection in foot ulcers in diabetes", *Diabetic medicine : a journal of the British Diabetic Association*, Vol. 23, No. 4, S. 341–347.
- Österreichische Ärztezeitung (2019) *Schulter- und Ellenbogenimplantate: Low-grade-Infektionen auf dem Vormarsch*. [Online]. Verfügbar unter <https://aerztezeitung.at/2019/oaz-artikel/medizin/schulter-und-ellenbogenimplantate-infektionen/>.
- Otto, M. (2014) "Staphylococcus aureus toxins", *Current opinion in microbiology*, Vol. 17, S. 32–37.
- Otto-Lambertz, C., Yagdiran, A., Wallscheid, F., Eysel, P. & Jung, N. (2017) "Periprosthetic Infection in Joint Replacement", *Deutsches Arzteblatt international*, Vol. 114, No. 20, S. 347–353.
- Perka, C., Heller, K-D, Rudert, M & Morlock, M (Hg.) (2024) *Endoprothetik der Hüfte* [Online], 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer. Verfügbar unter <https://link.springer.com/978-3-662-68616-4>.
- Piper, M. L., Roussel, L. O., Koltz, P. F., Wang, F., Singh, K., Chin, R., Sbitany, H. & Langstein, H. N. (2017) "Characterizing infections in prosthetic breast reconstruction: A validity assessment of national health databases", *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery : JPRAS*, Vol. 70, No. 10, S. 1345–1353.
- Ploeger, M. M., Groezinger, A., Randau, T. M., Friedrich, M. J., Wirtz, D. C., Gravius, S. & Wimmer, M. D. (2016) "Intraartikuläre Probenentnahme mit einer neuartigen Biopsiezange: ein leichtes und sicheres diagnostisches Verfahren bei Patienten mit periprosthetischen Infektionen des Kniegelenks", *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, Vol. 154, No. 5, S. 521–523.
- Ploeger MM, Groezinger A, Randau TM, Friedrich MJ, Wirtz DC, Gravius S & Wimmer MD (2016) "Intraartikuläre Probenentnahme mit einer neuartigen Biopsiezange: ein leichtes und sicheres diagnostisches Verfahren bei Patienten mit periprosthetischen Infektionen des Kniegelenks", *Z Orthop*

- Unfallchir*, Vol. 154, S. 521–523 [Online]. Verfügbar unter <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0042-105766>.
- Prokop, A. (2024) "Unfallchirurgie – leicht gemacht", *OP-Journal*, Vol. 40, No. 01, S. 7–11.
- Radtke, R. (2024) *Anzahl der Implantationen künstlicher Hüftgelenke in ausgewählten OECD-Ländern in den Jahren 2011 bis 2021* [Online]. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/182669/umfrage/hueftgelenksoperationen-in-ausgewaehlten-oecd-laendern/>.
- Rakow, A. & Schoon, J. (2020) "Systemische Effekte einer Metallbelastung durch Endoprothesen – ein Überblick", *Zeitschrift für Orthopadie und Unfallchirurgie*, Vol. 158, No. 5, S. 501–507.
- Renz, N., Cabric, S., Janz, V. & Trampuz, A. (2015) "Sonikation in der Diagnostik periprotektischer Infektionen : Stellenwert und praktische Umsetzung", *Der Orthopade*, Vol. 44, No. 12, S. 942–945.
- Renz, N., Müller, M., Perka, C. & Trampuz, A. (2016) "Implantatassoziierte Infektion - Diagnostik", *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizen*, Vol. 87, No. 10, S. 813–821.
- Röhrig, B., Du Prel, J.-B., Wachtlin, D., Kwiecien, R. & Blettner, M. (2010) "Fallzahlplanung in klinischen Studien: Deutsches Ärzteblatt 31-32", *Deutsches Ärzteblatt International*, S. 552–556.
- Rupp, M., Walter, N., Pfeifer, C., Lang, S., Kerschbaum, M., Krusch, W., Baumann, F. & Alt, V. (2021) "The Incidence of Fractures Among the Adult Population of Germany", *Dtsch Arztebl International*, Vol. 118, No. 40, S. 665–669 [Online]. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0238.
- Rütten, A. L. (2021) *Ergebnisse bei Materialentfernung nach operativ versorgten distalen Radiusfrakturen - eine retrospektive Untersuchung*.
- Scharf, M., Krieg, B., Dengler, M. & Füchtmeier, B. (2016) "Die Implantatentfernung – eine Risiko-Nutzen-Abwägung?", *OP-Journal*, Vol. 32, No. 02, S. 80–88.
- Schild, M. (2017) *Infektionen nach Knie-TEP unter Einbeziehung möglicher Einflussfaktoren* [Online]. Verfügbar unter <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:9-opus-21138>.
- Schildhauer, T. A. (2007) "Metallentfernungen", *Trauma und Berufskrankheit*, Vol. 9, S3, S292-S296.
- Schlüßler, A. G. (2024) "Hautinzision mittels Elektrokauter vs. Skalpell – weniger Nachweis von Cutibacterium acnes?", *Zeitschrift für Orthopadie und Unfallchirurgie*, Vol. 162, No. 05, S. 456–457.
- Schmoltdt, A., Benthe, H. F. & Haberland, G. (1975) "Digitoxin metabolism by rat liver microsomes", *Biochemical pharmacology*, Vol. 24, No. 17, S. 1639–1641.
- Steinmetz, S., Wernly, D., Moerenhout, K., Trampuz, A. & Borens, O. (2019) "Infection after fracture fixation", *EFORT open reviews*, Vol. 4, No. 7, S. 468–475.

- Suerbaum, S, Burchard, GD, Kaufmann, SHE, Schulz, TF, Hahn, H, Falke, D & Klein, P (Hg.) (2020) *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie*, 9. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer.
- Swedish Hip Arthroplasty Register. (2019) *Annual report 2019*. [Online]. Verfügbar unter https://registercentrum.blob.core.windows.net/shpr/r/VGR_Annual-report_SHAR_2019_EN_Digital-pages_FINAL-ryxaMBUWZ_.pdf.
- Wacha Hannes, Hoyme Udo, Isenmann Rainer, Kujath Peter, Lebert Cordula, Naber K, Salzberger B. (2010) "Perioperative Antibiotika-Prophylaxe. Empfehlungen einer Expertenkommission der Paul-Ehrlich Gesellschaft für Chemotherapie.", *Chemotherapie Journal*, Vol. 19, S. 70–84 [Online]. Verfügbar unter https://www.p-e-g.org/files/content/Service/Empfehlungen-Leitlinien/ctj201003_artikel301_perioperative%20Prophylaxe.pdf.
- Walter, G. & Gramlich, Y. (2019) "Periprotetische Infektionen", in Engelhardt, M. & Raschke Michael (Hg.) *Orthopädie und Unfallchirurgie*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, S. 1–25.
- Weiß, C. (2019) *Basiswissen medizinische Statistik*, 7. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer.
- Wengler, A., Nimptsch, U. & Mansky, T. (2014) "Hüft- und Kniegelenkersatz in Deutschland und den USA: Deutsches Ärzteblatt 23-24", *Deutsches Ärzteblatt International*, S. 407–416.
- Wezgowiec, J. (2016) *Die Mämatoxylin-Eosin-Färbung. Teil 1* [Online], MTA Dialog 17: 11-14. Verfügbar unter <https://www.mtdialog.de/artikel/die-haematoxylin-eosin-faerbung-teil-1>.
- Wezgowiec, J. (2016) *Die Mämatoxylin-Eosin-Färbung. Teil 2* [Online], MTA Dialog 17: 14-17. Verfügbar unter <https://www.mtdialog.de/artikel/die-haematoxylin-eosin-faerbung-teil-2>.
- WHO (2010) *A healthy lifestyle – WHO recommendations* [Online]. Verfügbar unter <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>.
- Wirth, C-J (Hg.) (2010) *Komplikationen in Orthopädie und Unfallchirurgie: Vermeiden - erkennen - behandeln ; 179 Tabellen* [Online], Stuttgart, New York, Thieme. Verfügbar unter <https://swbplus.bsz-bw.de/bsz312936621idx.htm>.
- Wirtz, DC, Reichel, H, Matziolis, G & Pfitzner, T (Hg.) (2023) *Endoprothetik des Kniegelenkes* [Online], 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, Springer. Verfügbar unter <http://www.springer.com/>.
- Zimmerli, W., Trampuz, A. & Ochsner, P. E. (2004) "Prosthetic-joint infections", *The New England journal of medicine*, Vol. 351, No. 16, S. 1645–1654.

8. Erklärung zum Eigenanteil

Diese Dissertation wurde im Klinikverbund Südwest des Klinikums Sindelfingen-Böblingen in der Orthopädie unter der Betreuung von Prof. Dr. Stefan Kessler durchgeführt.

Die Ausarbeitung des Studienkonzepts erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Betreuer Prof. Dr. Stefan Kessler.

Die statistische Analyse wurde mit der Unterstützung eines Statistikers geplant und durchgeführt. Die Umsetzung und Interpretation der Ergebnisse erfolgte eigenständig.

Ich erkläre hiermit, dass ich Eva Sophie Prokop diese Arbeit mit dem Titel „Vergleich der Prävalenzen asymptomatischer Low-Grade-Infekte im Implantatlager nach Entfernung von Osteosynthesematerial und Prothesenkomponenten bei Wechseloperationen. Eine prospektive Studie“ selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen erarbeitet habe.

Eva Sophie Prokop

9. Danksagung

Mein ausdrücklicher Dank gilt meinem Doktorvater Prof. Dr. S. Kesser für die Überlassung des interessanten Themas, die fachlich und menschlich sehr gute Betreuung und dem immer schnellen Kontakt bei Rückfragen.

Ich bedanke mich ebenfalls bei Herrn PD Dr. A. Badke für die Übernahme der Zweitbetreuung und dem jederzeit freundlichen, zügigen und hilfreichen Austausch.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau K. Grützner für die Unterstützung der Datenerhebung.

Für die Durchführung der mikrobiologischen und histologischen Untersuchungen bedanke ich mich bei Herrn Dr. T. Rünz und Frau Dr. I. Dostler, deren präzise Arbeit maßgeblich zum Erfolg der Arbeit beigetragen haben.

Für die infektiologische Beratung zur Einschätzung der Keimpathogenität bedanke ich mich bei Herrn Dr. F. Wagner.

Ein besonderer Dank gilt auch meiner Familie, die mir beim Verständnis der statistischen Auswertung, sowie beim Korrekturlesen der Arbeit stets mit Geduld und Liebe zur Seite stand.

Und ich bedanke mich bei allen Ärztinnen und Ärzten der Orthopädie und Unfallchirurgie in Sindelfingen für die sorgfältige präoperative Aufklärung, sowie der engagierten Behandlungen aller PatientInnen.

10. Anlagen

SOP Vorbereitung orthopädischer Patienten



**Klinikverbund
Südwest**

Klinikum

Sindelfingen-Böblingen gGmbH

Orthopädische Klinik Sindelfingen

Endoprothesenzentrum der Maximalversorgung

Chefarzt Prof. Dr. med. S. Kessler

s.kessler@klinikverbund-suedwest.de

Arthur-Gruber-Str. 70

Sekretariat

Tel.: 07031 98 – 12481

Fax: 07031 98 - 12493

Wichtig!

Patienteninformation über ergänzende präoperative Maßnahmen

Information zur Vorbereitung auf Ihre Operation

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie werden in Kürze bei uns in der Orthopädischen Klinik Sindelfingen operiert. Wir sind bemüht, Ihren Aufenthalt bei uns so sicher wie möglich zu gestalten.

Die Verhinderung einer Infektion ist hierbei sehr wichtig. Sie selbst können einen entscheidenden Beitrag leisten, indem Sie die unten genannten einfachen Maßnahmen durchführen. Ziel der Maßnahmen ist es, Bakterien auf Ihrer Haut und in der Nase abzutöten, die für Wundinfektionen verantwortlich sein können. Dies geschieht durch desinfizierende Ganzkörperwaschungen **mit speziellen Mitteln, die rezeptfrei in der Apotheke erhältlich sind** und die Anwendung von Nasengel.

WAS können Sie in den **4** Tagen VOR der Operation tun?

1 x täglich:



1. Haare und Körper **vollständig befeuchten**.



2. **Wasser abdrehen** und Waschlotion **unverdünnt**, gleichmäßig auf den gesamten Körper auftragen



3. **1 Minute lang einschäumen**, beachten Sie bitte, dass die gesamte Haut und Hautfalten mit Schaum benetzt sind; Fokus auf die Regionen: A B C

4. Gründlich abwaschen und **nach jedem Duschen** mit einem **frischen** Handtuch abtrocknen und frische Leibwäsche anziehen

Erstellt am: 24.03.2017	Geprüft am: 30.08.2024	Revision: 30.08.2025
Erstellt durch: Dr. Hinderer	Geprüft durch: Prof. Kessler	Seite: 1/2

2 x täglich:



5. ausreichend Nasengel auf ein Wattestäbchen auftragen



6. Das Gel auf die Flächen der Nasenvorhöfe auftragen

7. Das Gel durch seitliches Zusammendrücken innerhalb der Nasenvorhöfe verteilen.



Bitte verwenden Sie in dieser Zeit nicht zeitgleich eigene Wasch- oder Duschlotionen!

Bitte bringen Sie das restliche Duschgel und die Nasensalbe mit ins Krankenhaus, damit Sie sich direkt am Operationstag-morgens nochmals damit duschen und das Nasengel auftragen können.

Bitte ausfüllen und dieses Infoblatt mitbringen!

Tag / Datum	Ganzkörperwaschung	Morgens Nasengel	Abends Nasengel
1.			
2.			
3.			
4.			
OP Tag			

Unsere Mitarbeiter, Ärzte und unser Pflegeteam werden Sie auf Wunsch gerne weiterführend informieren.

Wir danken für Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen eine erfolgreiche Operation!

Nasensalbe Octenidin (Octenisept®, Octeniderm®) Polihexanid (Prontoderm® Nasalgel)	Waschlotion Polyhexanid (Decontaman®, Prontoderm®) Chlorhexidin (Chlorhexamed®, Hexal®) Octenidin (Octenisept®, Octeniderm®)	Komplettsets Octenisan Set von Schülke&Mayr Prontoderm® MRSA Kit, Fa. Braun
---	--	--

Bild-Quelle: Schülke

Erstellt am: 24.03.2017	Geprüft am: 30.08.2024	Revision: 30.08.2025
Erstellt durch: Dr. Hinderer	Geprüft durch: Prof. Kessler	Seite: 2/2

Neue SOP perioperative Antibiotikaprophylaxe bei Osteosynthesen Oberarm/Schulter

Geltungsbereich: SI_Unfallchirurgie	Arbeitsanweisung Aktuelle perioperative Antibiotikaprophylaxe	 Klinikverbund Südwest ID-Nummer: D12314
---	--	---

1. Ziel

dieser Arbeitsanweisung ist es festzulegen,

- welche Patienten
- bei welchen operativen Eingriffen
- mit welcher Substanz, mit welcher Dosis und zu welchem Zeitpunkt

eine perioperative Antibiotikaprophylaxe erhalten.

2. Prozessverantwortlicher

Chefarzt, Ober- und Assistenzärzte der Abteilung für Unfallchirurgie.

3. Inhalt der Anweisung

Eine perioperative Antibiotikaprophylaxe erhalten Patienten mit folgenden Verletzungen/geplanten Eingriffen:

- offene Frakturen
- höhergradige Weichteilverletzung
- septische Wundrevisionen (nach Gewebeprobenentnahme)
- OP-Dauer > 2 Stunden
- gesamte Endoprothetik
- traumatische Eröffnung von Gelenken oder Körperhöhlen
- stark verschmutzte Wunden und verspätete Wundversorgung
- Schuss- oder Stichverletzungen
- alle operativen Eingriffe bei coxalen Femurfrakturen
- Einbringen größerer Implantate
- Operationen an der Schulter/Clavicula mit dem Einbringen von Fremdmaterial
- Operationen am Sprunggelenk
- Verbleib von perkutanem Fremdmaterial (Fixateur extern)
- Stellschraubenentfernung, wenn Osteosynthesematerial verbleibt

Jedoch sollten Patienten mit Risikofaktoren (z.B. Diabetes mellitus, pAVK und arterielle Durchblutungsstörungen, bestehende Infektionen, Dialysepflicht, reduzierter Allgemeinzustand, Drogenabusus, Hepatitis, Immun-Inkompetenz, ...) auch bei „sauberen“ operativen Eingriffen eine perioperative Antibiotika-Prophylaxe erhalten. Falls sich eventuelle Komplikationen während eines „sauberen“ Eingriffs ergeben sollten, ist eine intraoperative Gabe des Antibiotikums ebenfalls gerechtfertigt.

Die Verabreichung der perioperativen Antibiotikaprophylaxe erfolgt optimalerweise zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung, d.h. 30min (bis max. 60min) vor dem Hautschnitt durch den verantwortlichen Anästhesisten.

Verfasser: S. M. Storz	Freigabe: Chmielnicki Marc	Nächste Revision: 21.03.2026
Version: 2 Freigegeben am: 21.03.2025	Bestellnummer:	Seite 1 von 2

Geltungsbereich: SI_Unfallchirurgie	Arbeitsanweisung Aktuelle perioperative Antibiotikaprophylaxe	 Klinikverbund Südwest ID-Nummer: D12314
---	--	---

Zur Auswahl stehende Substanzen:

Substanzen der ersten Wahl (keine Allergie gegen Cephalosporine, keine Problemkeime zu erwarten):

- **Cefazolin i.v. 2g** (bei KG>120kg 3g) als Kurzinfusion
Bei Patienten mit III° offener Fraktur oder starker Wundverschmutzung:
Piperacillin/Tazobactam 4,5g i.v. für maximal 5 d.
=> Bei Vorliegen einer Cephalosporin-Allergie:
- **Clindamycin i.v. 900mg**
- Bei Operationen an der Schulter:
Unacid 3 g i.v.

Die Festlegung der Fortführung der Antibiotikagabe obliegt dem verantwortlichen Operateur, da er den intraoperativen Situs kennt. Abweichungen von dieser Arbeitsanweisung sind nur auf Anweisung des Operateurs sowie chef- oder oberärztliche Anordnung möglich, auf begründete Ausnahmefälle zu beschränken und getrennt in der digitalen Patientenakte und im PASI zu dokumentieren.

Verfasser: S. M. Storz	Freigabe: Chmielnicki Marc	Nächste Revision: 21.03.2026
Version: 2 Freigegeben am: 21.03.2025	Bestellnummer:	Seite 2 von 2