Article published online: 2025-06-23

Análise dos achados microbiológicos identificados na superfície dos pinos de fixadores externos comparando pinos de aço com pinos revestidos por hidroxiapatita

Analysis of Microbiological Findings on the Surface of External Fixator Pins Comparing Steel Pins with Hydroxyapatite-Coated Pins

Cristhopher Lucca Stoffel[1] Honório Octávio Cuadro Peixoto[1] Felipe Kowaleski dos Santos[1] Pedro Afonso Keller Licks[1] Fernando Baldy dos Reis[2] Mauro José Costa Salles[3]

[1] Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Hospital São Vicente de Paulo, Passo Fundo, RS, Brasil
[2] Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil
[3] Disciplina de Infectologia, Grupo de Infecção Musculoesquelética, Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

Endereço para correspondência Cristhopher Lucca Stoffel, MD, PhD, Hospital São Vicente de Paulo, Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Rua Uruguai, 2050, Passo Fundo, RS, CEP 99010-112, Brasil (e-mail: cristoffel@outlook.com).

Rev Bras Ortop 2025;60(2):s00451809519.

Resumo

Objetivo Comparar as taxas de recuperação microbiana e os tipos de microrganismos identificados na superfície dos pinos de aço inoxidável (PAIs) e nos pinos revestidos com hidroxiapatita (PHAs) de fixadores externos (FEs).

Métodos Este estudo de coorte prospectiva de intervenção, não randomizado, multicêntrico, comparative foi realizado entre abril de 2018 e outubro de 2021, com 44 pacientes tratados com FE, 33 dos quais receberam PAIs e 11 receberam PHAs. Foram coletados e enviados para análise microbiológica dois pinos de cada paciente, o de melhor e o de pior aspecto clínico conforme a classificação de Maz-Oxford-Nuffield (MON), de forma asséptica.

Resultados A taxa de infecção (TI) superficial global foi de 52,3% (23 de 44 pacientes), sendo 45,5% (5 de 11 pacientes) entre pacientes que receberam PHAs e 54,5% (18 de 33 pacientes) entre pacientes que receberam PAIs, respectivamente ($p = 0,732$). Dos 88 pinos, 43,2% (38 de 88 pinos) apresentaram identificação microbiana, sendo isolados 42 patógenos no total. O *Staphylococcus aureus* foi o mais frequente, representando 59,5% (25 dos 42 patógenos). Nas amostras de "melhor aspecto," a taxa de recuperação microbiana foi significativamente menor nos PHAs do que nos PAIs, 18,2% (2 patógenos em 11 pinos) e 45,5% (15 patógenos em 33 pinos), respectivamente ($p = 0,036$). Nas amostras de "pior

Palavras-chave
- fios ortopédicos
- fixadores externos
- hidroxiapatita
- infecções
- pinos ortopédicos

Trabalho desenvolvido no Instituto de Ortopedia e Traumatologia, Hospital São Vicente de Paulo, Passo Fundo, RS, Brasil.

recebido
17 de agosto de 2024
aceito
07 de março de 2025

DOI https://doi.org/10.1055/s-0045-1809519.
ISSN 0102-3616.

© 2025. The Author(s).
This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua Rego Freitas, 175, loja 1, República, São Paulo, SP, CEP 01220-010, Brazil

aspecto," a taxa de recuperação microbiana nos PHAs se nos PAIs foi 27,3% (3 patógenos em 11 pinos) e 54,5% (18 patógenos em 33 pinos), respectivamente ($p = 0,036$).
Conclusão As taxas de recuperação microbiana foram menores nos PHAs comparadas às dos PAIs. Entretanto, estas diferenças não impactaram nas taxas de infecção clínica, que foram semelhantes nos dois grupos.

Abstract

Objective To compare the microbial retrieval rates and the organism types on the surface of stainless-steel pins (SSPs) and hydroxyapatite-coated pins (HCPs) from external fixators (EFs).
Methods The present prospective, non-randomized, multicenter, comparative interventional cohort study occurred from April 2018 to October 2021. The sample consisted of 44 patients with EFs, including 33 with SSPs and 11 with HCPs. We collected two pins from each patient, the one with the best and the one with the worst clinical appearance according to the Maz-Oxford-Nuffield (MON) classification, in an aseptic manner, and sent them for microbiological analysis.
Results The overall superficial infection (SI) rate was 52.3% (23 of 44 patients), affecting 45.5% (5 of 11) patients with HCPs and 54.5% (18 of 33) patients with SSPs ($p = 0.732$). Of the 88 pins, 43.2% (38 of 88 pins) yielded microbial identification, with 42 pathogens isolated. *Staphylococcus aureus* was the most frequent organism, accounting for 59.5% (25 of 42 pathogens) of the positive samples. In the best-looking pins, the microbial retrieval rate was significantly lower in HCPs than SSPs, with 18.2% (2 pathogens in 11 pins) and 45.5% (15 pathogens in 33 pins), respectively ($p = 0.036$). In the worst-looking pins, the microbial retrieval rate in HCPs and SSPs was 27.3% (3 pathogens in 11 pins) and 54.5% (18 pathogens in 33 pins), respectively ($p = 0.036$).
Conclusion Microbial retrieval rates were lower in HCPs than in SSPs. However, these differences did not impact clinical infection rates, which were similar in both groups.

Keywords
- bone nails
- bone wires
- external fixators
- hydroxyapatite
- infections

Introdução

O método de fixação externa é amplamente difundido no meio ortopédico para o tratamento de fraturas, pseudoartrose e a correção de deformidades. Define-se por fixador externo (FE) um grupo de aparelhos metálicos que permite manter rigidez ou estabilidade da estrutura óssea através de fios ou pinos transósseos aplicados de forma percutânea. Geralmente são feitos de aço inoxidável, titânio ou ligas metálicas, devido à resistência mecânica desses materiais e à sua capacidade de suportar cargas durante o processo de cicatrização óssea. Além do material de base, a cobertura de superfícies com outros compostos, como hidroxiapatita ou prata, pode melhorar o desempenho do fixador. Apesar de todas as possibilidades de uso, os FEs estão sujeitos a complicações que incluem infecção da ferida operatória, soltura dos pinos e infecção do trajeto dos pinos.[1–3]

Dentre as complicações, a mais comum é a infecção do sítio de inserção do pino, principalmente em FEs usados por tempo prolongado, com uma incidência variando entre 11,3 e 100% dos casos.[4,5] Atualmente, a infecção do trajeto é definida pela presença de sinais flogísticos ao redor dos pinos, que requerem administração de antibiótico, remoção do fio ou pino, ou até desbridamento cirúrgico.[6] Diversas hipóteses foram propostas para descrever a fisiopatologia, mas é consenso que a inflamação progressiva na presença de microrganismos altera o microambiente tecidual e reduz a capacidade do sistema imune de resistir à proliferação bacteriana. Além disso, as bactérias podem se aderir ao implante e formar biofilme pela produção de matriz extracelular.[4,7]

O biofilme é uma estrutura tridimensional, multicelular e metabolicamente menos ativa, que se adere ao osso morto ou ao implante.[8] A formação do biofilme dificulta a ação de antibióticos por restringir a entrada através da matriz extracelular. Além disso, as bactérias associadas a biofilmes apresentam atividade fisiológica diferente daquela de organismos livres, padrão alterado de expressão gênica, crescimento lento estacionário e desenvolvem-se em áreas pobres em oxigênio.[9] Em razão desses mecanismos, para tratar a infecção podem ser necessárias altas doses de antibiótico por período prolongado, associadas a desbridamento ou retirada do implante ortopédico.[8]

Na literatura, o *Staphylococcus aureus* é o patógeno mais comumente relatado nas infecções do trajeto do pino, seguido pelo *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Corynebacterium spp.*, dentre outros.[5,10,11] Logo, havendo necessidade de tratamento com antibiótico empírico, é justificado o uso de drogas anti-estafilocócicas até que se obtenha o resultado da cultura.[5] No entanto, nos casos em que há formação de biofilme, o perfil de ação antimicrobiana pode variar. Em um estudo in vitro, cepas de *S. aureus* resistentes à meticilina (MRSA) sofreram ação

bactericida com altas doses de daptomicina em monoterapia, mas apenas a terapia combinada com linezolida foi capaz de sustentar atividade bactericida contra o biofilme da mesma cepa.[12] Em outro estudo, desenvolvido em modelo animal, a formação de biofilme por *P. aeruginosa* foi prevenida com administração de amicacina sistêmica, associada à impregnação dos implantes com claritromicina.[13] Não parece haver correlação entre o quadro clínico e o germe causador da infecção.[10]

Dentre as estratégias adotadas para prevenir a infecção, estão descritas algumas como: uso de pinos revestidos ou diferente composição do material,[11,14,15] cuidado diário no entorno dos pinos com remoção das crostas, limpeza com clorexidina, iodo ou soro fisiológico.[4,7,16,17] O revestimento do pino com hidroxiapatita é um dos sistemas mais estudados, com propriedades osteocondutoras e melhora na fixação pino-osso, mas um estudo prospectivo recente não mostrou impacto nas taxas de infecção superficial e profunda associadas aos pinos de FE.[18] Uma metanálise que comparou pinos de aço inoxidável (PAIs) com pinos revestidos de hidroxiapatita (PHAs), prata ou titânio também não evidenciou diferença estatisticamente significativa nas taxas de infecção.[14]

Os estudos existentes costumam avaliar e comparar as taxas de infecção nos tecidos superficiais e profundos em contato com os pinos de FE de acordo com o tipo de revestimento utilizado nos pinos; porém, ainda é escassa a literatura para a avaliação da microbiota mais comumente encontrada na superfície desses dispositivos. Este trabalho visa avaliar as taxas de infecção de tecidos em contato com os pinos de FE, descrever os germes que colonizam os pinos de FE, bem como comparar as taxas de recuperação microbiana entre os PAIs e os PHAs.

Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo de coorte prospectiva de intervenção, não randomizado, multicêntrico e comparativo em pacientes submetidos a tratamento cirúrgico com FE de qualquer tipo, no período entre abril de 2018 e outubro de 2021, em 2 hospitais terciários especializados em doenças ortopédicas. Nesses pacientes, foi realizado estudo inicial que comparou as taxas de infecção nos trajetos dos pinos revestidos ou não de hidroxiapatita,[18] e atualmente buscamos comparar as taxas de recuperação microbiana e identificação dos patógenos encontrados nos pinos de FE com e sem revestimento de hidroxiapatita. Esta pesquisa se encontra aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa CAAE: 84939418.6.0000.5342 e todos os indivíduos incluídos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Foram incluídos os pacientes que concordaram em participar, assinando o termo de consentimento para utilização de dados, e que foram submetidos a tratamento cirúrgico com FE de qualquer tipo, tanto para o tratamento de fraturas quanto para a correção de deformidades, tratamento de osteomielite e/ou pseudoartrose, e com expectativa de manutenção do FE por um período mínimo de três semanas. Os pacientes foram seguidos prospectivamente a cada quatro semanas, ou conforme necessário para o tratamento. Foram excluídos os pacientes que perderam seguimento antes de 1 ano, e os pacientes que permaneceram com FE por menos de três semanas.

Utilizando a classificação de Maz-Oxford-Nuffield (MON)[19] (►**Tabela 1**), previamente validada para infecções associadas aos pinos de FE, coletou-se dois pinos de cada paciente:

Tabela 1 Classificação de Maz-Oxford-Nuffield (MON)

Graus menores	Sinais e sintomas	Tratamento
1. Não visto como clinicamente uma infecção, mas uma reação	Levemente eritematoso, leve descarga	Melhorar cuidados com o pino, observar mudanças no local
2. Clinicamente visto como infecção de pele no local do pino	Eritema da pele, descarga serosa ou purulenta, dor e sensibilidade nos tecidos moles, apto a mobilizar com analgesia.	Melhorar cuidados com o pino. *Swab* para cultura e antibiograma. Início de antibiótico oral anti-S*taphylococcus*
3	Intenso eritema + dor e descarga purulenta com edema. Incapaz de mobilizar com analgesia. Reação periosteal ao rx? Soltura do pino?	Cuidados intensivos no local do pino. Antibiótico IV por 5–7 dias; elevação do membro; Rx para excluir reação periosteal e soltura do pino que, caso presente, torna-se grau 4
Graus maiores		
4	Envolvimento grave dos tecidos moles > 1 pino, reação periosteal presente, procurar por osteólise	Sem resposta ao tratamento local ou antibióticos. Remover pino; antibiótico IV por 5–7 dias, plano de colocação de novo pino em novo estágio
5	Envolvimento grave dos tecidos moles > 1 pino + osteomielite	Remover pino: Cirurgia adicional para controle da infecção óssea. Amostras para cultura e antibiograma; antibiótico IV por período prolongado.
6	Sequestro +/− formação de fístula enquanto o tratamento com o aparelho continua	Potencial de remoção do fixador; debridamento do sequestro e coleta de amostras para cultura e antibiograma. Tratamento para salvamento do membro, longo período de antibióticos IV
Seguindo remoção do aparelho 6B	Dor/sensibilidade sobre o antigo trajeto do pino +/− formação de fístula. Sequestro no antigo trajeto do pino ao Rx	Debridamento do trajeto do pino; amostras para cultura e antibiograma; 3 pós-op antibióticos IV; após oral por 2 semanas

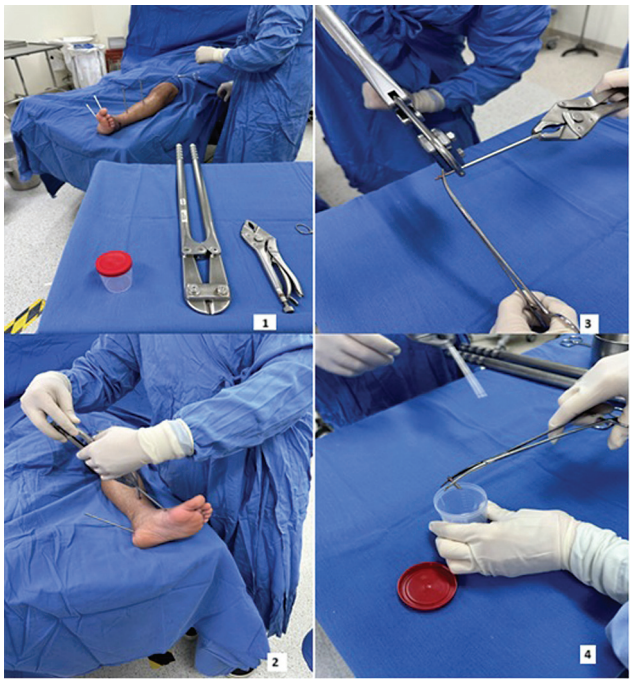

Fig. 1 Método de coleta asséptica da ponta intraóssea do pino. (**1**) Assepsia e antissepsia com colocação de campos estéreis. (**2**) Retirada do pino. (**3**) Corte da ponta intraóssea do pino. (**4**) Envio da ponta para cultura.

o que apresentava melhor aspecto clínico nos tecidos ao redor do pino no momento da retirada do FE, e o que apresentava pior aspecto clínico. Assim foram formados dois grupos: um com os pinos de melhor aspecto e um com os pinos de pior aspecto de cada paciente. A taxa de recuperação microbiana foi usada para avaliar a frequência de testes microbiológicos positivos nos pacientes do estudo de uma forma geral. Para calcular a taxa de infecção global, considerou-se infectado o paciente que apresentou qualquer pino com grau 2 ou maior na classificação de MON.

Os pinos foram retirados do FE de forma asséptica, sendo que as pontas intraósseas foram cortadas e enviadas para análise microbiológica em frascos estéreis e devidamente identificados (►**Fig. 1**). As amostras foram homogeneizadas em 3 ml de caldo *brain-heart infusion* (BHI) e inoculadas em ágar sangue aeróbico, ágar chocolate, ágar sangue anaeróbico e caldo de tioglicolato. As placas de ágar sangue e chocolate foram incubadas a 35 a 37°C por 5 dias para culturas aeróbicas, e 14 dias para anaeróbicas. O caldo de tioglicolato foi incubado por 14 dias e, em caso de crescimento bacteriano, o líquido foi semeado em placas de ágar sangue (culturas aeróbicas e anaeróbicas). As colônias bacterianas isoladas foram identificadas por espectrometria de massa. O perfil de sensibilidade foi determinado para todas as cepas identificadas de acordo com técnicas microbiológicas padronizadas pelo *Clinical and Laboratory Standards Institute*.[20]

A análise estatística foi realizada utilizando-se o IBM SPSS Statistics for Windows (IBM Corporation) versão 27.0. As variáveis categóricas foram expressas como frequências absoluta e relativa. As associações entre elas foram avaliadas utilizando-se o teste qui-quadrado ou exato de Fischer quando necessário. Considerou-se estatisticamente significativos valores de probabilidade $< 0,05$.

Resultados

De todos os pacientes ($n = 44$) incluídos neste estudo, 33 foram tratados com FE usando PAIs e 11 com PHAs. Da população estudada, 30 (68,2%) eram do sexo masculino e 14 (31,8%) do sexo feminino. Considerando a classificação de MON, o grau máximo encontrado nesta amostragem foi grau 3 (►**Tabela 2**). A taxa de infecção global foi de 52,3% (23 de 44 pacientes), sendo que entre os pacientes com PHAs foi de 45,5% (5 de 11 pacientes) e os pacientes com PAIs foi de 54,5% (18 de 33 pacientes), $p = 0,732$.

No total, foram realizadas culturas de 88 pinos (2 de cada paciente), o de melhore o de pior aspecto clínico, de acordo com a classificação de MON. Dos 88 pinos avaliados, em 38

Tabela 2 Características da população de estudo ($n = 44$)

	Hidroxiapatita ($n = 11$)	Aço inoxidável ($n = 33$)	*p*
Sexo masculino	7 (63,6%)	23 (69,7%)	0,722
Tabagismo	—	5 (15,2%)	0,309
HAS	1 (9,1%)	6 (18,2%)	0,659
DM	—	2 (6,1%)	1,000
Grau máximo na classificação de Maz-Oxford-Nuffield			
1	6 (54,5%)	15 (45,4%)	0,871
2	2 (18,2%)	7 (21,2%)	
3	3 (27,2%)	11 (33,3%)	
Taxa de recuperação microbiana			
Total de pacientes	3 (27,3%)	21 (63,4%)	0,036
Pino de pior aspecto	3 (27,3%)	18 (54,5%)	0,036
Pino de melhor aspecto	2 (18,2%)	15 (45,5%)	0,036

Notas: Valores representam frequência absoluta e relativa; *p*, valor de probabilidade (teste do Qui-quadrado).

Tabela 3 Proporção de achados de germes Gram-positivos, Gram-negativos e multirresistentes entre pacientes colonizados

	Hidroxiapatita		*p*
	Sim	Não	
Pino de pior aspecto	N = 3	N = 21	
Gram-positivo	2 (66,7%)	16 (88,9%)	0,489
Gram-negativo	1 (33,3%)	5 (27,8%)	1,000
MR	1 (33,3%)	9 (44,4%)	1,000
Pino de melhor aspecto	N = 3	N = 14	
Gram-positivo	3 (100%)	12 (80,0%)	1,000
Gram-negativo	0	3 (20,0%)	1,000
Multirresistente	0	7 (46,7%)	0,485

Nota: Valores expressam frequência absoluta e relativa.

Tabela 4 Proporção de achados de germes Gram +, Gram- e multirresistentes entre todos os pacientes

	Hidroxiapatita		*p*
	Sim (*n* = 11)	Não (*n* = 33)	
Pino de pior aspecto			
Gram-positivo	2 (18,2%)	15 (45,5%)	0,158
Gram-negativo	1 (9,1%)	5 (15,2%)	1,000
Multirresistente	1 (9,1%)	8 (24,2%)	0,411
Pino de melhor aspecto			
Gram-positivo	2 (18,2%)	12 (36,4%)	0,456
Gram-negativo	0	3 (9,1%)	0,561
Multirresistente	0	7 (21,2%)	0,165

Nota: Valores expressam frequência absoluta e relativa.

(43,2%) houve recuperação bacteriana, sendo isolados 42 patógenos no total. Dentre os 42 patógenos, o *S. aureus* apareceu 25 (59,5%) vezes, tendo sido o mais frequente.

Dos 11 pacientes que receberam PHAs, 3 (27,3%) apresentaram recuperação microbiana. Destes 3 pacientes, 2 (66,6%) apresentaram bactérias Gram-positivas, 1 (33,3%) apresentou bactéria Gram-negativa e 1 (33,3%) apresentou bactéria multirresistente (►**Tabelas 3**, **4**). Dos 33 pacientes que receberam PAIs, 21 (63,6%) apresentaram recuperação microbiana. Destes 21 pacientes, 16 (76,2%) apresentaram bactérias Gram-positivas, 6 (28,6%) apresentaram bactérias Gram-negativas e 9 (42,3%) apresentaram bactérias multirresistentes (►**Tabelas 3**, **4**). Observou-se que a taxa de recuperação microbiana foi significativamente maior naqueles pacientes que receberam PAIs em relação aos que receberam PHAs, 63,4% (21 de 33 pacientes) versus 27,3% (3 de 11 pacientes), $p = 0{,}036$.

Analisando a taxa de recuperação microbiana a partir dos 44 pinos de melhor aspecto clínico, sendo 33 PAIs e 11 PHAs, observou-se recuperação microbiana em 15 PAIs (45,5%) e em 2 PHAs (18,2%). No total, 17 (38,6%) dos 44 pinos de melhor aspecto apresentaram recuperação microbiana (►**Tabela 2**). Analisando a taxa de recuperação microbiana a partir dos 44 pinos de pior aspecto clínico, sendo 33 PAIs e 11 PHAs, observou-se recuperação microbiana em 18 PAIs (54,5%) e em 3 PHAs (27,3%). No total, 21 (47,4%) dos 44 pinos de pior aspecto apresentaram recuperação microbiana (►**Tabela 2**). Observou-se que a taxa de recuperação microbiana em pinos sem revestimento é significativamente maior que aqueles revestidos por hidroxiapatita, e isso foi evidenciado tanto na amostra de pinos de melhor aspecto, respectivamente 45,5% (15 de 33 PAI) versus 18,2% (2 de 11 PHA), $p = 0{,}036$, quanto nos pinos de pior aspecto, respectivamente 54,5% (18 de 33 PAIs) versus 27,3% (3 de 11 PHAs), $p = 0{,}036$ (►**Tabela 2**). Dos 21 pacientes com recuperação microbiana nos pinos de pior aspecto, 14 (66,7%) também tiveram cultura positiva nos pinos de melhor aspecto. Dos 17 pacientes com cultura positiva no pino de melhor aspecto, 14 (82,4%) também tiveram cultura positiva no pino de melhor aspecto.

Tabela 5 Bactérias identificadas em cultura durante o seguimento e respectivas frequências absolutas

	Pino de pior aspecto	Pino de melhor aspecto
Acinetobacter baumannii	1	1
Bacillus sp.	1	—
Enterobacter cloacae	1	—
Enterococcus faecalis	2	1
Pseudomonas aeruginosa	1	—
Staphylococcus aureus	14	11
Staphylococcus epidermidis	—	1
Staphylococcus hominis	—	1
Serratia marcescens	1	2
Sphingomonas paucimobilis	1	—
Staphylococcus coagulase negativa	1	1
Stenotrophomonas maltophilia	1	—

Nota: Valores expressam frequência absoluta.

Das bactérias encontradas nas culturas realizadas no seguimento, a que tem maior frequência absoluta é o *S. aureus,* sendo encontrada em 14 amostras de pinos de pior aspecto e em 11 amostras de pinos de melhor aspecto. Em seguida aparecem na mesma frequência a *Serratia marcescens*, encontrada em 2 amostras de pinos de melhor aspecto e 1 de pior aspecto, e o *Enterococcus faecalis,* encontrado em 2 amostras de pinos de pior aspecto e 1 de melhor aspecto. Na sequência aparecem *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus* coagulase-negativa e outras bactérias descritas na ►**Tabela 5**. Curiosamente, dois pacientes sem crescimento no pino de pior aspecto tiveram crescimento de *S. epidermidis* e *Staphylococcus hominis* no pino de melhor aspecto.

Observou-se que a realização de cultura proporcionou informações clinicamente relevantes para além da classificação MON. Conforme descrito na ►**Tabela 6**, cerca de 1 em

Tabela 6 Prevalência de recuperação microbiana de acordo com a classificação MON ($n = 44$ pacientes / 88 pinos)

	Grau MON			*p*
	1 *(n = 21/42)*	2 *(n = 9/18)*	3 *(n = 14/28)*	
Pino de pior aspecto	5 (23,8%)	7 (77,8%)	9 (64,3%)	0,014
Pino de melhor aspecto	4 (19,0%)	3 (33,2%)	10 (71,4%)	0,024

Notas: Valores expressam frequências absoluta e relativa. *p*, valor de probabilidade (teste do Qui-quadrado).

cada 5 pacientes classificados como MON 1, ou seja, sem infecção clínica, apresentaram culturas positivas. Além disso, cerca de metade dos pacientes classificados como MON 2 e 3, ou seja, com infecção clínica, apresentaram culturas negativas.

Discussão

Neste estudo, as taxas de recuperação microbiana em PHAs foram significativamente menores comparadas as de PAIs. No entanto, não encontramos diferença estatística nas taxas de infecção clínica, conforme Stoffel et al.[14,18] Pizà et al.[11] também não encontraram diferença significativa nas taxas de infecção comparando o trajeto de pinos de PHAs e PAIs, porém demonstraram que pinos revestidos por hidroxiapatita apresentam maior adesão pino-osso e melhor osteointegração, levando a menores índices de soltura dos pinos. Pieske et al.[21] concluíram que a melhor adesão pino-osso encontrada nos PHAs é clinicamente irrelevante por não diminuir as taxas de afrouxamento do pino ou de infecção.

Em relação à taxa de recuperação microbiana, nossos resultados divergem daqueles usualmente encontrados na literatura. Os estudos in vivo são escassos, porém diversos estudos in vitro concluem que a hidroxiapatita é mais propensa à adesão microbiana e formação de biofilme, devido a sua superfície áspera e porosa, que apresenta mais locais de ligação para os germes. McEvoy et al.[22] encontraram uma propensão discretamente maior à formação de biofilme de *P. mirabilis* e *S. epidermidis* em fios de Kirschner revestidos por hidroxiapatita em comparação com aço inoxidável. Resultado semelhante foi encontrado por Oga et al.,[23] que avaliaram por microscopia eletrônica discos de diferentes materiais (aço inoxidável, liga de titânio, hidroxiapatita) e demonstraram maior adesão de *S. epidermidis* em discos revestidos por hidroxiapatita em relação ao aço inoxidável. Ravn et al.[24] fizeram análise micro calorimétrica de biofilmes coletados de materiais com superfície lisa (cromo-cobalto, titânio), porosa (hidroxiapatita) e polietileno, sendo que o grupo de superfície porosa apresentou o maior crescimento de biofilme em relação ao demais. Contudo, Arciola et al.[25] encontraram adesão bacteriana significativamente menor de *S. epidermidis* aos PHA em estudo in vitro, em que os pinos foram expostos a soluções bacterianas e logo após incubados em meio de cultura. Os autores identificaram que, em solução salina, a hidroxiapatita libera íons de cálcio e fósforo progressivamente no decorrer do tempo, e essa liberação coincide com a diminuição da aderência bacteriana.

Em raro estudo in vivo,[11] investigou-se a taxa de infecção entre PHA e PAI, e não foi encontrada diferença estatística tanto na taxa de infecção quanto na taxa de recuperação microbiana, à exceção da *P. aeruginosa* que foi mais isolada em PHAs, sem encontrar explicação para o achado. Em nosso estudo, a *P. aeruginosa* foi isolada em apenas uma amostra, também em um PHA.

O perfil microbiológico identificado no presente estudo corrobora os achados de outros estudos envolvendo fixadores externos. A bactéria mais identificada nas culturas foi o *S. aureus*, representando cerca de 60% da recuperação microbiana. Na sequência de germes mais prevalentes, observamos *Serratia mercescens*, *E. faecalis* e *A. baumannii*. Pizà et al.[11] identificaram o *S. aureus* como agente etiológico da infecção do trajeto do pino em mais de 50% das vezes, seguido por germes Gram-negativos como *P. aeruginosa*, *P. mirabilis* e *E. coli*. Em um estudo[26] com 106 pacientes na Suécia, ao final de tratamento prolongado com FE, foram realizadas culturas de todas as pontas dos pinos e encontraram 39% de culturas positivas, sendo que o *S. aureus* foi responsável por 63% destas.

Dentre as limitações deste estudo, destacamos a amostragem relativamente pequena de pinos, a possível interferência do uso de antibiótico em pacientes com FE por tempo prolongado, a não diferenciação entre pacientes tratando infecção, fratura ou deformidade, e o fato de não ter sido feita análise mediana de tempo. No entanto, sabe-se que os PHAs não são utilizados usualmente em controle de dano ortopédico.

Conclusão

As menores taxas de recuperação microbiana nos PHAs comparada com os PAIs, nos dois grupos avaliados, poderiam sugerir maior resistência à adesão microbiana em PHAs. Entretanto, para isso ser confirmado necessitaríamos realizar a sonicação dos implantes extraídos, o que não foi possível ser feito. No entanto, estas diferenças não impactaram nas taxas de infecção clínica, que foram semelhantes nos pacientes que utilizaram FE com pinos com ou sem revestimento. O *S. aureus* foi responsável pela maior parte das culturas positivas.

Suporte Financeiro
Os autores declaram que não receberam suporte financeiro de agências dos setores público, privado, ou sem fins lucrativos para a realização deste estudo.

Conflito de Interesses
Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Referências

1 Sisk TD. General principles and techniques of external skeletal fixation. Clin Orthop Relat Res 1983;(180):96–100
2 Bliven EK, Greinwald M, Hackl S, Augat P. External fixation of the lower extremities: Biomechanical perspective and recent innovations. Injury 2019;50(Suppl 1):S10–S17. Doi: 10.1016/j.injury.2019.03.041
3 Huiskes R, Chao EY, Crippen TE. Parametric analyses of pin-bone stresses in external fracture fixation devices. J Orthop Res 1985;3(03):341–349. Doi: 10.1002/jor.1100030311
4 Jennison T, McNally M, Pandit H. Prevention of infection in external fixator pin sites. Acta Biomater 2014;10(02):595–603. Doi: 10.1016/j.actbio.2013.09.019
5 Checketts RG, MacEachern AG, Otterburn M. Pin track infection and the principles of pin site care. In: De Bastiani G, Apley AG, Anthony G, editors. Orthofix External Fixation in Trauma and Orthopaedics. London: Springer-Verlag; 2000:97–103. Doi: 10.1007/978-1-4471-0691-3_11
6 Ceroni D, Grumetz C, Desvachez O, Pusateri S, Dunand P, Samara E. From prevention of pin-tract infection to treatment of osteomyelitis during paediatric external fixation. J Child Orthop 2016;10(06):605–612. Doi: 10.1007/s11832-016-0787-8
7 Parameswaran AD, Roberts CS, Seligson D, Voor M. Pin tract infection with contemporary external fixation: how much of a problem? J Orthop Trauma 2003;17(07):503–507. Doi: 10.1097/00005131-200308000-00005
8 Zimmerli W, Sendi P. Orthopaedic biofilm infections. APMIS 2017;125(04):353–364. Doi: 10.1111/apm.12687
9 Ciofu O, Rojo-Molinero E, Macià MD, Oliver A. Antibiotic treatment of biofilm infections. APMIS 2017;125(04):304–319. Doi: 10.1111/apm.12673
10 W-Dahl A, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A. No difference between daily and weekly pin site care. Acta Orthop Scand 2003;74(06):704–708. Doi: 10.1080/00016470310018234
11 Pizà G, Caja VL, González-Viejo MA, Navarro A. Hydroxyapatite-coated external-fixation pins. The effect on pin loosening and pin-track infection in leg lengthening for short stature. J Bone Joint Surg Br 2004;86(06):892–897. Doi: 10.1302/0301-620x.86b6.13875
12 Parra-Ruiz J, Bravo-Molina A, Peña-Monje A, Hernández-Quero J. Activity of linezolid and high-dose daptomycin, alone or in combination, in an in vitro model of Staphylococcus aureus biofilm. J Antimicrob Chemother 2012;67(11):2682–2685. Doi: 10.1093/jac/dks272
13 Cirioni O, Ghiselli R, Silvestri C, Minardi D, Gabrielli E, Orlando F, et al. Effect of the combination of clarithromycin and amikacin on Pseudomonas aeruginosa biofilm in an animal model of ureteral stent infection. J Antimicrob Chemother 2011;66(06):1318–1323. Doi: 10.1093/jac/dkr107
14 Stoffel C, Eltz B, Salles MJ. Role of coatings and materials of external fixation pins on the rates of pin tract infection: A systematic review and meta-analysis. World J Orthop 2021;12(11):920–930. Doi: 10.5312/wjo.v12.i11.920
15 Saithna A. The influence of hydroxyapatite coating of external fixator pins on pin loosening and pin track infection: a systematic review. Injury 2010;41(02):128–132. Doi: 10.1016/j.injury.2009.01.001
16 Davies R, Holt N, Nayagam S. The care of pin sites with external fixation. J Bone Joint Surg Br 2005;87(05):716–719. Doi: 10.1302/0301-620X.87B5.15623
17 Britten S, Ghoz A, Duffield B, Giannoudis PV. Ilizarov fixator pin site care: the role of crusts in the prevention of infection. Injury 2013;44(10):1275–1278. Doi: 10.1016/j.injury.2013.07.001
18 Stoffel C, de Lima E, Salles MJ. Hydroxyapatite-coated compared with stainless steel external fixation pins did not show impact in the rate of pin track infection: a multicenter prospective study. Int Orthop 2023;47(05):1163–1169. Doi: 10.1007/s00264-023-05717-w
19 Stoffel CL. Complicações infecciosas no trajeto dos pinos de fixadores externos com e sem revestimento por hidroxiapatita – estudo prospectivo comparativo [tese]. São Paulo: Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo; 2022. https://fcmsantacasasp.edu.br/wp-content/uploads/2022/07/2022-Cristhopher-Lucca-Stoffel_Final.pdf
20 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) Standardization of Antimicrobial Disk Diffusion Susceptibility Testing: Approved Standard - Eighth Edition. Wayne, PA: CLSI document M02–A08, 2010, Vol. 23, No. 1
21 Pieske O, Kaltenhauser F, Pichlmaier L, Schramm N, Trentzsch H, Löffler T, et al. Clinical benefit of hydroxyapatite-coated pins compared with stainless steel pins in external fixation at the wrist: a randomised prospective study. Injury 2010;41(10):1031–1036. Doi: 10.1016/j.injury.2010.03.030
22 McEvoy JP, Martin P, Khaleel A, Dissanayeke S. Titanium Kirschner wires resist biofilms better than stainless steel and hydroxyapatite-coated wires: an *in vitro* study. Strateg Trauma Limb Reconstr 2019;14(02):57–64. Doi: 10.5005/jp-journals-10080-1426
23 Oga M, Arizono T, Sugioka Y. Bacterial adherence to bioinert and bioactive materials studied in vitro. Acta Orthop Scand 1993;64(03):273–276. Doi: 10.3109/17453679308993623
24 Ravn C, Ferreira IS, Maiolo E, Overgaard S, Trampuz A. Microcalorimetric detection of staphylococcal biofilm growth on various prosthetic biomaterials after exposure to daptomycin. J Orthop Res 2018;36(10):2809–2816. Doi: 10.1002/jor.24040
25 Arciola CR, Montanaro L, Moroni A, Giordano M, Pizzoferrato A, Donati ME. Hydroxyapatite-coated orthopaedic screws as infection resistant materials: in vitro study. Biomaterials 1999;20(04):323–327. Doi: 10.1016/s0142-9612(98)00168-9
26 W-Dahl A, Toksvig-Larsen S. Infection prophylaxis: a prospective study in 106 patients operated on by tibial osteotomy using the hemicallotasis technique. Arch Orthop Trauma Surg 2006;126(07):441–447. Doi: 10.1007/s00402-006-0165-y