Leandro Martins dos Santos

CHECKLIST DE SEGURANÇA CIRÚRGICA EM INFECÇÃO DE SÍTIO CIRÚRGICO NO PACIENTE SUBMETIDO À CIRURGIA DA COLUNA, ARTROPLASTIA TOTAL DE QUADRIL E JOELHO

Dissertação apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

São Paulo
2026

Leandro Martins dos Santos

CHECKLIST DE SEGURANÇA CIRÚRGICA EM INFECÇÃO DE SÍTIO CIRÚRGICO NO PACIENTE SUBMETIDO À CIRURGIA DA COLUNA, ARTROPLASTIA TOTAL DE QUADRIL E JOELHO

Dissertação apresentada à Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Marra

São Paulo
2026

Martins dos Santos, Leandro

***Checklist* de segurança cirúrgica em infecção de sítio cirúrgico no paciente submetido à cirurgia da coluna, artroplastia total de quadril e joelho** / Leandro Martins dos Santos. -- São Paulo, 2026.

xi, 73 f.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade Israelita de Ciências da Saúde Albert Einstein. Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa Albert Einstein. Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde.

Título em inglês: *Surgical safety checklist for surgical site infection in patients undergoing spinal surgery, total hip arthroplasty, and total knee arthroplasty.*

1. Infecção da ferida cirúrgica. 2. *Checklist*. 3. Lista de checagem. 4. Fatores de risco. 5. Resistência microbiana a medicamentos. 6. Coluna vertebral/cirurgia. 7. Artroplastia de quadril. 8 Artroplastia do joelho.

Elaborada pelo Sistema Einstein Integrado de Bibliotecas

FACULDADE ISRAELITA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE ALBERT EINSTEIN

Coordenador do curso de pós-graduação: Prof. Dr. Luciano Cesar Pontes de Azevedo

Leandro Martins dos Santos

CHECKLIST DE SEGURANÇA CIRÚRGICA EM INFECÇÃO DE SÍTIO CIRÚRGICO NO PACIENTE SUBMETIDO À CIRURGIA DA COLUNA, ARTROPLASTIA TOTAL DE QUADRIL E JOELHO

Presidente da banca: Prof. Dr. Alexandre Rodrigues Marra

BANCA EXAMINADORA

Membros titulares:
Prof. Dr. Eduardo Juan Troster
Dr. Thiago Zinsly Sampaio Camargo
Dra. Talita Rantin Belucci

Membros suplentes:
Prof. Dr. Oscar Fernando Pavão dos Santos
Dr. Hélio Arthur Bacha

Aprovada em: 19/01/2026.

Dedicatória

A Deus, fonte inesgotável de sabedoria, força e esperança, que me sustentou em cada passo desta jornada.

À minha esposa, Sheila dos Santos Coelho, por seu amor, paciência e presença constante, mesmo nos momentos de maior desafio.

À minha filha, Rafaella Martins dos Santos Coelho, que, com sua luz e inocência, renovou diariamente meu ânimo para seguir adiante.

Aos meus pais, Josefa Maria dos Santos e Lauro Martins dos Santos, exemplos de dedicação, honestidade e coragem, que me ensinaram o valor do esforço e da humildade.

À minha irmã, Lucelia Martins dos Santos, ao meu irmão, Marcos Martins dos Santos, e à minha sobrinha, Bianca Martins dos Santos, pelo apoio e incentivo ao longo desta trajetória.

Ao meu cunhado, Welington Coelho, por estar sempre presente e ajudar em todos os momentos em que precisei.

Ao meu tio, José Domingo dos Santos, e à minha tia, Socorro Fidelis, pelo acolhimento e presença que contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos meus primos, Mario Fidelis, Rosangela Fidelis e Elisangela Fidelis, pelo carinho, receptividade e preocupação demonstrados ao longo da minha caminhada.

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela sabedoria, discernimento e força concedidas ao longo desta caminhada acadêmica.

Ao meu orientador, Dr. Alexandre Marra, pelas valiosas contribuições, orientação segura e dedicação, que foram essenciais para a realização deste trabalho.

À Silvana Maria, gerente do Hospital Israelita Albert Einstein, que aceitou o desafio de ser minha coorientadora, pela oportunidade, paciência, compreensão e incentivo contínuo durante este percurso.

À Roberta Gonzalez, coordenadora do Hospital Israelita Albert Einstein, por confiar no meu potencial e apoiar o desenvolvimento deste estudo.

Ao Programa de Pós-Graduação do Hospital Israelita Albert Einstein, pelo acolhimento, estrutura e suporte oferecidos ao longo de todo o curso.

À equipe do Grupo Locomotor do Hospital Israelita Albert Einstein e à equipe da SCIH, pela colaboração e disponibilidade, que possibilitaram o desenvolvimento deste estudo sobre infecção do sítio cirúrgico.

À equipe da Central de Atenção à Prescrição Médica do Hospital Israelita Albert Einstein, pela compreensão e apoio, fundamentais para a realização desta pesquisa.

Por fim, à minha família, pela paciência, amor e apoio incondicional, que me deram forças para chegar até aqui.

Ao querido amigo Guilherme Ambrosio, que ganhei ao longo da construção desta tese, pela parceria, escuta atenta, apoio nos momentos difíceis e pelas trocas que tornaram essa jornada mais leve, enriquecedora e significativa. Sua amizade foi um presente nesse processo.

Às amigas Alessandra Chauvin e Tatiana Marins, companheiras de estudo e de tantas horas de dedicação, pela troca constante, incentivo e apoio mútuo. A caminhada foi especial com vocês ao meu lado.

Sumário

Dedicatória v
Agradecimentos vi
Lista de tabelas viii
Lista de abreviaturas ix
Resumo x
1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DA LITERATURA 7
3 MÉTODOS 27
3.1 Local do estudo 27
3.2 Desenho do estudo 27
3.3 População do estudo e critérios de inclusão e exclusão 27
3.4 Critérios de pareamento 28
3.5 Variáveis coletadas 28
3.6 Fontes de dados 29
3.6.1 Coleta de dados 29
3.6.2 Bases de dados utilizadas 29
3.7 Antimicrobianos avaliados 30
3.7.1 Cálculo do consumo de antimicrobianos 30
3.8 Dados de infecção de sítio cirúrgico 31
3.8.1 Análise da resistência antimicrobiana 31
3.8.2 Testes de suscetibilidade antimicrobiana 32
3.9 Análise estatística 32
3.10 Aspectos éticos 33
4 RESULTADOS 34
5 DISCUSSÃO 46
6 CONCLUSÕES 54
7 ANEXOS 55
8 REFERÊNCIAS 62
Abstract

Lista de tabelas

Tabela 1. Dados sociodemográficos dos pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho 36
Tabela 2. Fatores associados à ocorrência de infecção de sítio cirúrgico em cirurgias da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho.....38
Tabela 3. Fatores associados à ocorrência de infecção de infecção do sítio cirúrgico em cirurgias da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho39
Tabela 4. Dados perioperatórios dos pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho 40
Tabela 5. Número de cirurgias e de infecções e taxas anuais de infecção do sítio cirúrgico no período de estudo.....41
Tabela 6. Comparação entre os períodos pré e durante intervenção em relação ao consumo de antimicrobianos 42
Tabela 7. Características dos pacientes com infecções de sítio cirúrgico com resultado positivo nas culturas realizadas.....43
Tabela 8. Taxas de resistência dos microrganismos do Grupo ESKAPE aos antimicrobianos 44
Tabela 9. Resistência de cada microrganismo do Grupo ESKAPE aos antimicrobianos 45

Lista de abreviaturas

ACS	Colégio Americano de Cirurgiões (A*merican College of Surgeons*)
ARIMA	*AutoRegressive Integrated Moving Average*
ASA	*American Society of Anesthesiologists*
ATJ	Artroplastia total de joelho
ATQ	Artroplastia total de quadril
AVC	Acidente vascular cerebral
CDC	*Centers for Disease Control and Prevention*
CID-10	Classificação Internacional de Doenças, Décima Revisão
CLSI	*Clinical and Laboratory Standards Institute*
DDD	Dose diária definida
DM	*Diabetes mellitus*
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
ESKAPE	*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter spp*
EUA	*United States of America*
HTA	Hipertensão arterial
IDSA	*Infectious Diseases Society of America*
IMC	Índice de massa corpórea
IRAS	Infecção relacionada à assistência à saúde
ISC	Infecção do sítio cirúrgico
ISC-IP	Infecções de sítio cirúrgico incisional profunda
ISC-IS	Infecções de sítio cirúrgico incisional superficial
MRSA	*Staphylococcus aureus* resistente à meticilina
NHSN	*National Healthcare Safety Network*
OR	*Odds ratio*
RPA	Recuperação pós-anestésica
SAP	*System Analyse und Programmentwicklung*
SHEA	*Society for Healthcare Epidemiology of America*
SIM	Serviço de Informação sobre Medicamentos da Farmácia
UTI	Unidade de terapia intensiva
WHO	Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization*)

Resumo

Introdução: Seguindo as recomendações da Organização Mundial da Saúde, em 2010, o Hospital Israelita Albert Einstein implementou o programa “Cirurgia Segura” para todos os procedimentos cirúrgicos com a implementação do “*checklist* cirúrgico” antes da indução anestésica, antes da incisão cirúrgica e antes do término do procedimento. **Objetivos:** Analisar os indicadores relacionados à infecção de sítio cirúrgico em pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril, e de joelho antes (janeiro de 2006 a julho de 2010) e durante (agosto de 2010 a dezembro de 2022) a implementação do programa “Cirurgia Segura”. **Métodos:** Realizou-se um estudo de caso-controle para avaliar o impacto da implementação do programa “Cirurgia Segura” em pacientes adultos (>18 anos) submetidos às cirurgias ortopédicas. Os casos foram definidos como pacientes que desenvolveram infecção de sítio cirúrgico no período do estudo (janeiro de 2006 a dezembro de 2022). Para cada caso, um controle foi selecionado, por pareamento 1:1, dentre os pacientes que não desenvolveram infecção de sítio cirúrgico, sendo pareados principalmente pelo período da cirurgia (pré-implementação: janeiro de 2006 a julho de 2010 *versus* pós-implementação: agosto de 2010 a dezembro de 2022) e por outras variáveis relevantes. Por meio de revisão de prontuários, os grupos foram comparados retrospectivamente em relação aos fatores de risco para infecção de sítio cirúrgico, consumo dos antimicrobianos, taxas de resistência aos antimicrobianos, e adesão ao *checklist* cirúrgico. **Resultados:** Entre os 142 pacientes incluídos, 71 (50,0%) apresentaram infecção de sítio cirúrgico e 71 (50,0%) compuseram o Grupo Controle. A maioria das cirurgias (84,5%) ocorreu após a implementação do programa institucional de segurança cirúrgica. Observou-se adesão elevada às etapas críticas do *checklist* (*timeout* anestésico, verificação pré-incisão e *checkout* final), com registro em 78,3% dos casos com dados disponíveis. Na análise univariada, a transfusão de hemoderivados foi o único fator significativamente associado à infecção de sítio cirúrgico (OR = 2,667; IC 95%: 1,043–6,815; p=0,040), enquanto o tempo cirúrgico apresentou associação limítrofe (p=0,050). Houve redução significativa da taxa de infecção de sítio cirúrgico no período pós-implementação (2,0 para 0,7%; p=0,017). O perfil microbiológico demonstrou predominância de *Staphylococcus aureus* e elevada proporção de microrganismos do Grupo ESKAPE (46,7%), todas sensíveis a carbapenêmicos, glicopeptídeos e

piperacilina-tazobactam, embora com taxas de resistência relevantes para quinolonas (14,3%) e aminoglicosídeos (7,1%). **Conclusões:** A implementação do programa de segurança cirúrgica foi eficaz na redução significativa da incidência de infecção de sítio cirúrgico em procedimentos ortopédicos de alta complexidade, evidenciando que a adesão consistente às etapas críticas é suficiente para gerar benefícios clínicos relevantes. A associação entre transfusão de hemoderivados e maior risco de infecção de sítio cirúrgico reforça a importância de estratégias para redução de perdas sanguíneas e individualização do manejo hemostático. O perfil microbiológico encontrado destaca a necessidade de integrar práticas de segurança cirúrgica a programas de vigilância e uso racional de antimicrobianos.

Descritores: Infecção da ferida cirúrgica; *Checklist*; Lista de checagem; Fatores de risco; Resistência microbiana a medicamentos; Coluna vertebral/cirurgia; Artroplastia de quadril; Artroplastia do joelho

1 INTRODUÇÃO

Estudos globais e revisões recentes indicam que cerca de 10% dos pacientes hospitalizados sofrem pelo menos um evento adverso assistencial durante a internação, e metade desses eventos é considerada evitável. As categorias mais prevalentes incluem infecções relacionadas à assistência, erros de medicação e complicações perioperatórias.[1]

O termo “infecção relacionada à assistência à saúde” (IRAS) foi adotado a partir de 2008 em substituição ao termo “infecção hospitalar”, ampliando o conceito para incluir todos os contextos assistenciais, não apenas o ambiente hospitalar.[2,3] Consideram-se IRAS aquelas infecções localizadas ou sistêmicas que surgem como evento adverso à presença de microrganismos ou de suas toxinas durante a prestação de cuidados à saúde, e que não estavam presentes ou incubando no momento da admissão do paciente.[2]

As IRAS são o evento adverso mais frequente na assistência à saúde em todo o mundo, afetando 7–10% dos pacientes.[4] O Centro de Controle e Prevenção de Doenças (CDC – *Centers for Disease Control and Prevention*) dos Estados Unidos da América identificou que quase 1,7 milhão de pacientes hospitalizados adquirem IRAS anualmente enquanto são tratados para outros problemas de saúde e que mais de 98.000 pacientes (um em cada 17) morrem devido a ela.[5,6]

Uma das revisões mais abrangentes, envolvendo quase 600 milhões de internações em 25 países ao longo de décadas, encontrou incidência de 8,6 eventos adversos por 100 admissões, foram avaliados eventos cirúrgicos, relacionados a medicamentos e infecções nosocomiais, dos quais aproximadamente 52,6% foram preveníveis, e 39,7% causaram danos moderado a grave.[1] Além disso, estudos recentes estimam uma previsão global de aproximadamente 10–12% de pacientes hospitalizados com eventos adversos, com cerca de 2,6 milhões de mortes atribuídas a esses eventos anualmente, especialmente em países de baixa e média renda.[1,7]

Apesar dos significativos avanços científicos e tecnológicos nas estratégias de prevenção, as IRAS persistem como um importante problema de saúde pública e um grande desafio para os profissionais de saúde. Essas infecções estão associadas a elevada morbimortalidade, ao prolongamento da internação hospitalar, ao uso excessivo de antimicrobianos, a custos adicionais substanciais para os sistemas de

saúde e, em muitos casos, a implicações ético-legais para os profissionais e instituições envolvidas.[3,8]

Entre as IRAS, destaca-se a infecção do sítio cirúrgico (ISC) como uma das mais relevantes no contexto hospitalar. Conforme definido pelo *National Healthcare Safety Network* (NHSN),[9] a redução do risco decorrente da disseminação de microrganismos patogênicos no ambiente hospitalar é um desafio considerável no contexto do funcionamento adequado do setor de serviços médicos e para o sistema de saúde.[10]

A população idosa é mais vulnerável às infecções hospitalares devido à presença de comorbidades, declínio gradual da função do sistema imunológico associado ao envelhecimento e maior frequência de procedimentos invasivos. Estima-se que, nos Estados Unidos, haja mais de 54 milhões de pessoas com 65 anos ou mais em 2020, e esse número deverá ultrapassar 80 milhões até 2040.[11]

Nas cirurgias ortopédicas, as substituições articulares de quadril e joelho tornaram-se procedimentos cada vez mais frequentes, principalmente devido ao envelhecimento da população e à melhoria das técnicas cirúrgicas. Estimativas apontam que, até 2060, o número de artroplastias primárias nos Estados Unidos ultrapassará 2 milhões por ano, refletindo o aumento da demanda por cirurgias eletivas associadas à mobilidade e qualidade de vida em idosos.[12]

As cirurgias ortopédicas com implante de próteses articulares oferecem uma melhora substancial na mobilidade, funcionalidade e qualidade de vida dos pacientes, promovendo significativa redução da dor e maior independência nas atividades diárias.[13] Contudo, esses procedimentos, especialmente as artroplastias de quadril e joelho, também apresentam risco significativo de ISC ou infecção periprotética. Meta-análises recentes estimam que a incidência de infecção periprotética após artroplastia primária varia em torno de 0,8 a 1,1%.[14]

A capacidade de microrganismos aderirem às superfícies de biomateriais implantados e formarem comunidades protegidas, denominadas biofilmes, constitui um dos principais desafios nas infecções ortopédicas associadas aos implantes. Após o contato com o microrganismo, o implante é rapidamente revestido por proteínas do hospedeiro, tornando-se um substrato ideal para a adesão inicial bacteriana. A partir desse processo, os microrganismos estabelecem microcolônias e passam a sintetizar matriz extracelular, que confere proteção contra os mecanismos de defesa do hospedeiro e dificulta a ação de antimicrobianos.[15]

Nesse ambiente estruturado do biofilme, diferentes espécies podem coexistir e proliferar, especialmente *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*. A matriz polissacarídica que envolve essas bactérias retarda a penetração de antibióticos e prejudica o reconhecimento imunológico, contribuindo para falhas de implantes, necessidade de revisão cirúrgica e maior gravidade clínica do paciente.[16,17]

Nos Estados Unidos, espera-se que os custos anuais relacionados ao manejo das infecções de sítio cirúrgico (ISC) ultrapassem 10 bilhões de dólares, configurando um dos maiores ônus financeiros atribuídos às infecções hospitalares. Esses gastos decorrem, sobretudo, do prolongamento da permanência hospitalar, frequentemente entre 7 e 15 dias, aumento de re-hospitalizações (até cinco vezes maior), maior necessidade de internação em unidades de terapia intensiva e incremento da mortalidade.[18,19]

Adicionalmente, os custos diretos incluem gastos com reoperações, exames diagnósticos adicionais, tratamento antimicrobiano prolongado e cuidados intensivos de enfermagem. Já os custos indiretos abrangem perda de produtividade laboral, insatisfação do paciente, sofrimento psicológico e diminuição da qualidade de vida, sendo cada vez mais reconhecidos em análises econômicas.[20] A prevenção dessas infecções é complexa e requer a integração de uma série de medidas preventivas antes, durante e após a cirurgia. Desde os primeiros conceitos de antissepsia propostos por Ignaz Semmelweis e posteriormente desenvolvidos por Joseph Lister, a administração de profilaxia antibiótica de rotina em cirurgias não-limpas e de implantes tem sido o maior avanço na prevenção de ISC.[21-23]

Diversas diretrizes nacionais e internacionais recomendam medidas baseadas em evidências para a prevenção de ISC. Dentre essas estratégias, destacam-se aspectos relacionados à profilaxia antimicrobiana cirúrgica, os quais são considerados fundamentais para a redução da incidência de ISC. Elementos como a escolha apropriada do agente antimicrobiano e a necessidade de repetir a dose do antibiótico intraoperatória são apontados como determinantes para a eficácia da profilaxia.[24]

O uso profilático de antimicrobianos, iniciado até uma hora antes do início de procedimentos cirúrgicos limpos contaminados ou contaminados, reduz a carga de contaminação microbiana intraoperatória e está diretamente associado à redução do risco de ISC, além de reduzir custos, prevenir eventos adversos e evitando expor a flora microbiana do paciente infectado a outros pacientes no hospital. Para atingir esses objetivos, o antimicrobiano deve ser ativo contra os patógenos que possam contaminar

a ferida cirúrgica e administrado em uma dose que possa garantir a concentração adequada no local da incisão cirúrgica durante o período potencial de contaminação e no menor tempo possível para minimizar efeitos adversos, eventos e o desenvolvimento de resistência e custos. O uso adequado de antibioticoprofilaxia pode reduzir a taxa de ISC em até 50%.[25,26]

O protocolo de cirurgia segura prevê a implantação obrigatória de medidas para reduzir eventos adversos e a mortalidade cirúrgica, assegurando que o paciente correto seja operado no local adequado. A lista de verificação de cirurgia segura (SSC – *surgical safety checklist*), desenvolvida pela Organização Mundial da Saúde (WHO – *World Health Organization*) em 2008, é uma ferramenta importante nesse processo, com impacto comprovado em diversos contextos assistenciais.[27]

No estudo multicêntrico de 2009, foi implementado um *checklist* de 19 itens nos três momentos críticos da cirurgia ("*sign-in*", "*time-out*" e "*sign-out*") em oito hospitais de diferentes países e com diferentes contextos econômicos também (desenvolvidos a subdesenvolvidos), resultando em uma queda da taxa de complicações de 11,0 para 7,0% e da mortalidade de 1,5 para 0,8%.[28]

Outro estudo realizado em 2021, evidencia que a implementação estruturada do *checklist* de segurança cirúrgica foi associada a uma redução significativa na taxa de ISC em um hospital de grande porte, apresentando também decréscimos em resistência antimicrobiana e mortalidade intra-hospitalar, a mortalidade reduziu de 6,4 para 3,2% no período pós-intervenção.[25]

A excelência no atendimento ao paciente constitui um dos princípios centrais do Hospital Israelita Albert Einstein. Em 2010, como parte do Programa Atitude Segura, a instituição implementou a campanha "Cirurgia Segura", voltada à melhoria da qualidade assistencial e ao fortalecimento das práticas de segurança do paciente durante procedimentos cirúrgicos.

Essa iniciativa foi fundamentada nas recomendações da WHO e da *Joint Commission International*, sendo inspirada no livro *The Checklist Manifesto* de autoria do cirurgião e consultor da WHO, Gawande.[29]

A campanha teve como foco fortalecer a adesão da equipe assistencial às práticas de segurança do paciente, garantindo o uso obrigatório do *checklist* cirúrgico em três momentos críticos: previamente à anestesia, antes da incisão e ao término da cirurgia.[30] No Hospital Israelita Albert Einstein, esse *checklist* é estruturado em quatro etapas principais:

- Itens de verificação pré-operatória: conferência dos dados obrigatórios no prontuário, demarcação do local exato da intervenção (incluindo lateralidade) e verificação da presença de exames complementares;

- *Check in*: realizado na entrada do centro cirúrgico pela equipe de enfermagem, com confirmação da identificação do paciente, checagem do preenchimento do prontuário e, quando aplicável, confirmação da marcação do sítio cirúrgico;

- *Time out*: conduzido na sala cirúrgica, com a presença do cirurgião, anestesista e equipe de enfermagem. Inclui a conferência, em voz alta, da identificação do paciente, do procedimento e do local da cirurgia; verificação de exames e equipamentos; confirmação da administração de profilaxia antimicrobiana em até uma hora antes da incisão; apresentação dos membros da equipe; e discussão de riscos potenciais. A cirurgia somente é iniciada após liberação formal pela enfermeira responsável;

- *Check out*: após o término da cirurgia, realiza-se a identificação e registro de peças anatômicas retiradas, contagem de compressas e materiais utilizados, e elaboração de recomendações escritas para encaminhamento do paciente à recuperação pós-anestésica (RPA) ou à unidade de terapia intensiva (UTI).

Caso algum item não seja atendido, o processo é interrompido até que a não conformidade seja solucionada, garantindo a integridade e a segurança do paciente.

O êxito da campanha “Cirurgia Segura” está associado ao comprometimento de uma equipe multidisciplinar integrada, composta por médicos, enfermeiros e técnicos de enfermagem. A comunicação efetiva e o entrosamento entre os profissionais são fatores determinantes para assegurar que a segurança do paciente permaneça como prioridade institucional.

1.1 Objetivos

1. Avaliar a associação da implementação do programa "Cirurgia Segura" sobre os indicadores de infecção do sítio cirúrgico em um hospital de referência. A investigação buscou identificar possíveis variações nas taxas de infecção do sítio cirúrgico ao longo do tempo, por meio da comparação entre os períodos pré e pós-implementação do programa;

2. Analisar os indicadores relacionados à infecção do sítio cirúrgico em pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho;

3. Identificar os fatores de risco associados à ocorrência de infecção do sítio cirúrgico;

4. Avaliar o consumo de antimicrobianos utilizados no contexto cirúrgico;

5. Analisar as taxas de resistência de micro-organismos isolados aos agentes antimicrobianos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

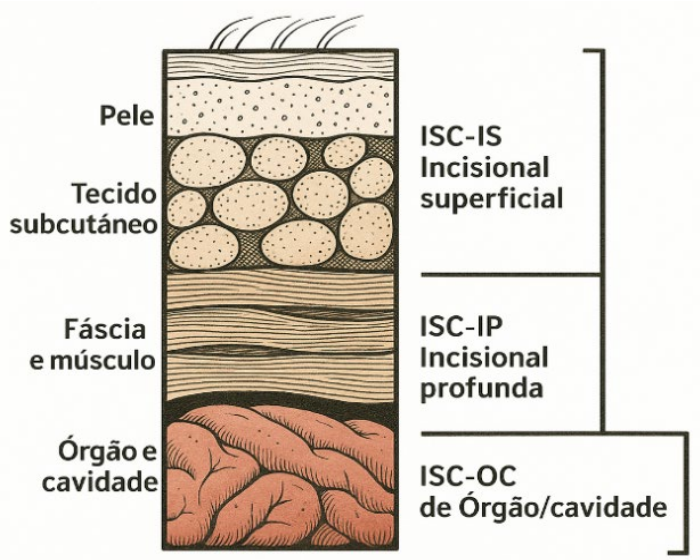
2.1 Infecção de sítio cirúrgico

O conceito de ISC foi proposto pela primeira vez pelo CDC dos Estados Unidos no final do século XX.[31] A ISC é caracterizada como uma infecção que ocorre no espaço superficial, profundo ou em órgãos/cavidades adjacentes ao local da cirurgia, dentro de 30 dias após o procedimento cirúrgico ou dentro de 90 dias a 1 ano nos casos em que há implantação de material protético, dependendo do tipo de implante.[32-34]

As definições do NHSN/CDC permanecem amplamente utilizadas na vigilância de ISC, categorizando-as em três tipos principais: ISC incisional superficial, incisional profunda, e de órgãos/cavidades.[33] As ISC superficiais envolvem apenas pele e tecido subcutâneo e ocorrem dentro de 30 dias após o procedimento. Já as ISC profundas comprometem fáscia e musculatura, enquanto as ISC de órgãos e cavidades envolvem estruturas manipuladas ou abertas durante a cirurgia, podendo surgir até 90 dias após procedimentos sem implante ou até 1 ano após procedimentos com implante.[20,35]

O índice de risco de infecção cirúrgica utilizado pelo NHSN/CDC agrupa três variáveis dicotômicas fundamentais para estratificar o risco de ISC: (1) classe da ferida (contaminada/suja *versus* limpa); (2) escore ASA ≥ 3, que reflete o estado clínico geral do paciente; e (3) duração da cirurgia acima do percentil >75% (Anexo 1) para aquele tipo de procedimento, cada fator vale 1 ponto, resultando em escore final entre 0 (menor risco) e 3 (maior risco) (Anexo 2).[36]

As infecções relacionadas aos procedimentos cirúrgicos são classificadas conforme os planos acometidos ilustrados na figura 1.



Fonte: Traduzido e adaptado de Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. Am J Infect Control. 1992 Oct;20(5):271-4. Fig. 1. Schematic of the anatomy of SSIs and their appropriate classifications; p. 273.[37]

Figura 1. Classificação da infecção do sítio cirúrgico

As ISC representam a principal fonte de infecções nosocomiais em pacientes cirúrgicos. Antes do advento da teoria microbiana da infecção e do reconhecimento da eficácia preventiva da antissepsia, a incidência de infecções cirúrgicas pós-operatórias era alarmantemente alta, frequentemente resultando em amputação de membros ou mortalidade. No entanto, a adoção de técnicas antissépticas melhorou significativamente os resultados dos pacientes.[38,39]

As ISC são amplamente reconhecidas como indicadores de qualidade assistencial, pois refletem diretamente a segurança e a eficácia dos cuidados perioperatórios prestados aos pacientes. Atualmente, constituem também importantes indicadores de qualidade hospitalar em escala global, sendo monitoradas rotineiramente em programas institucionais e nacionais de vigilância.[40,41]

Os serviços de saúde têm buscado recursos que permitam estimar com maior precisão as taxas de ISC e aprimorar a qualidade do cuidado ao paciente. Uma estratégia amplamente adotada é a vigilância pós-alta hospitalar, por meio do acompanhamento dos pacientes para identificar ISC que surgem após a alta. Estudos recentes indicam que 66% dos casos de ISC podem ser detectados nesse período.[42]

Uma revisão sistemática demonstrou que, em média, 60,1% das ISC ocorrem após a alta hospitalar, com proporções variando de 13,5 a 94,8%, dependendo do tipo de cirurgia.[43]

Outra revisão mais recente identificou que ferramentas digitais, como questionários estruturados, envio de imagens da ferida e sistemas *web* são cada vez mais utilizadas e eficazes na detecção precoce de ISC, contribuindo para reduzir visitas presenciais desnecessárias e aumentar a satisfação do paciente com tempo de vigilância entre 14 e 30 dias após a cirurgia.[44]

Em 2022, nos Estados Unidos, estima-se que cerca de 16 milhões de procedimentos cirúrgicos foram realizados anualmente. A ISC após essas cirurgias varia entre 2,5 e 3%, correspondendo a aproximadamente 400 a 480 mil casos anuais de ISC no país.[45]

Estudos recentes apontam que intervenções multimodais, quando aplicadas de forma sustentada, são eficazes na redução significativa das ISC, desde que haja adesão consistente das equipes e monitoramento sistemático dos resultados.[46]

2.1.2 Classificação das feridas operatórias

O CDC classifica as feridas cirúrgicas em quatro categorias principais, considerando o grau de contaminação e o risco potencial de infecção: limpas, limpas-contaminadas, contaminadas e sujas/infectadas (Anexo 3).[47,48]

Feridas de Classe 1 são categorizadas como feridas limpas. Esses tipos de feridas não estão infectadas, não apresentam sinais de inflamação e geralmente são fechadas. Se for necessária drenagem, recomenda-se uma abordagem de drenagem fechada. Vale ressaltar que feridas de Classe 1 não envolvem os tratos respiratório, gastrointestinal, genital ou urinário.

Exemplos de feridas limpas incluem prótese de quadril ou joelho, fixação de fraturas fechadas, reparo de menisco, laminectomia.

Ferimentos de Classe 2 são classificados como limpo-contaminados, o que significa que apresentam baixo nível de contaminação. Esses tipos de ferimentos envolvem a penetração nos tratos respiratório, gastrointestinal, genital ou urinário, mas somente em circunstâncias controladas.

Exemplos de feridas limpo-contaminados incluem cirurgia ortopédica com acesso a trato urinário (ex.: artroplastia com sondagem), procedimentos em membros com baixa contaminação controlada.

Ferimentos de Classe 3 são classificados como contaminados e normalmente resultam de uma violação de técnicas de esterilização ou vazamento do trato gastrointestinal. Incisões resultantes de inflamação aguda ou não purulenta também são consideradas ferimentos de Classe 3.

Exemplos de feridas contaminadas incluem fixação inicial de fraturas abertas GA I–II (Gustilo),[49] limpeza de feridas traumáticas sem sinais de infecção.

Ferimentos de Classe 4 são considerados sujos ou infectados. Esses ferimentos geralmente ocorrem devido ao tratamento inadequado de ferimentos traumáticos, à purulência intensa e a infecções evidentes. Quando os tecidos perdem a vitalidade, podem ocorrer ferimentos de Classe 4. Isso geralmente é causado por cirurgia ou por microrganismos encontrados em órgãos perfurados.

Exemplos de feridas sujas ou infectadas incluem fraturas abertas Gustilo IIIA–C com contaminação grave; desbridamentos de abscessos em ossos ou articulações.

A ISC incisional subdivide-se em duas categorias: a ISC incisional superficial (ISC-IS), que acomete exclusivamente a pele e o tecido celular subcutâneo da incisão cirúrgica.

As ISC incisional profunda (ISC-IP), que envolve os tecidos moles mais profundos, como fáscia e músculos, estão relacionados ao trajeto da incisão.

Os casos de ISC órgão-espaço ocorre quando a infecção atinge qualquer estrutura anatômica manipulada ou aberta durante o procedimento cirúrgico, excetuando-se as camadas da parede corporal da incisão propriamente dita, podendo incluir órgãos, cavidades ou espaços naturais (Figura 1).

A *American Society of Anesthesiologists* (ASA) desenvolveu um sistema conciso de classificação do estado físico do paciente, composto por seis categorias (I a VI), a fim de orientar a avaliação perioperatória e previsão de risco cirúrgico (Anexo 4).[50,51]

ASA I: paciente saudável sem doença sistêmica—ex.: adulto jovem submetido à reconstrução de ligamento cruzado anterior.

ASA II: paciente portador de doença sistêmica leve, sem limitação funcional—ex.: hipertenso ou diabético bem controlado, fumante moderado, gestante; obesidade leve (IMC 30–40).

ASA III: doença sistêmica grave com limitação funcional relevante—ex.: doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), *diabetes mellitus* (DM), hipertensão arterial (HTA) mal controlados, obesidade mórbida (IMC ≥ 40), insuficiência cardíaca moderada.

ASA IV: doença sistêmica grave com ameaça constante à vida—ex.: infarto ou acidente vascular cerebral (AVC) recentes (< 3 meses), sepse grave, insuficiência renal terminal.

ASA V: paciente moribundo, sem expectativa de sobrevida sem intervenção. Ex.: trauma grave, ruptura de aneurisma, hemorragia intracraniana.

ASA VI: paciente em morte encefálica, com órgãos destinados à doação.

2.1.3 Infecção de sítio cirúrgico em procedimentos ortopédicos

O aumento da longevidade da população tem contribuído para a maior incidência de doenças agudas e crônicas que afetam a integridade óssea, frequentemente exigindo intervenções cirúrgicas, como a substituição articular, para restaurar a função e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.[52] No âmbito da cirurgia ortopédica, as ISC são definidas como infecções que se manifestam dentro de 30 dias após a cirurgia, nos casos em que nenhum dispositivo de fixação é implantado, ou dentro de 1 ano após a cirurgia, se um dispositivo de metal permanecer implantado (Anexo 5).[53]

As ISC em pacientes submetidos a cirurgias ortopédicas limitam o sucesso do tratamento, e as infecções relacionadas ao implante são consideradas uma das complicações mais difíceis para o tratamento. O controle dos fatores de risco de ISC abre uma oportunidade para uma avaliação adequada do risco de ISC e quão difícil pode ser evitar a infecção.[54]

O tratamento das infecções ortopédicas associadas a próteses é complexo, exigindo antibioticoterapia prolongada, desbridamentos repetidos e, muitas vezes, cuidados intensivos. Mesmo assim, a taxa de recidiva pode chegar a 20%,

especialmente em casos crônicos ou causados por microrganismos multirresistentes, aumentando a morbimortalidade.[55,56]

A maioria das infecções associadas a próteses ortopédicas envolve a formação de biofilmes, complexas comunidades bacterianas aderidas ao implante e protegidas por glicocálix, resultando em resistência pronunciada aos antibióticos e ao sistema imunológico. Nessas condições, o controle apenas com terapia antimicrobiana sistêmica torna-se ineficaz, sendo frequentemente necessária a retirada do implante.[57,58]

2.1.4 Cirurgia de artroplastia total de quadril

A artroplastia total do quadril (ATQ) teve seus primórdios no final do século XIX, quando o cirurgião alemão Themistocles Gluck implantou, experimentalmente, próteses articulares confeccionadas em marfim, marcando o início das tentativas de substituição articular em humanos.[59]

Em 1938, o ortopedista britânico Philip Wiles realizou a primeira substituição total do quadril com prótese metálica, considerada um marco na consolidação da artroplastia como procedimento cirúrgico.[60] Esses avanços pioneiros estabeleceram as bases para o desenvolvimento de técnicas e materiais que, nas décadas seguintes, transformaram a artroplastia total do quadril no tratamento de escolha para doenças degenerativas e traumáticas da articulação coxofemoral.[61,62]

Ao longo do seu desenvolvimento, a artroplastia total do quadril passou por sucessivos aperfeiçoamentos, intercalados por desafios técnicos. Nas últimas décadas, a literatura destaca importantes progressos relacionados a novos biomateriais, ao aprimoramento das técnicas cirúrgicas e à aplicação de tecnologias assistidas por computador, contribuindo para maior longevidade dos implantes e redução de complicações.[63,64]

Apesar dos resultados cada vez mais favoráveis, permanece o esforço contínuo para ampliar a durabilidade das próteses, minimizar a necessidade de revisões cirúrgicas e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.[65]

Do ponto de vista epidemiológico, projeções indicam que o volume anual de ATQ nos Estados Unidos pode alcançar 572.000 procedimentos em 2030.[65]

Em países como Estados Unidos, Suíça e Alemanha, a taxa anual de ATQ é estimada em aproximadamente 200 procedimentos por 100.000 habitantes. Globalmente, estima-se um crescimento de 176% até 2040 e de 659% até 2060 no número de cirurgias realizadas.[66,67]

Uma das complicações preocupantes da ATQ é a ISC. A ISC denota uma complicação infecciosa que se manifesta após intervenção cirúrgica, localizada na região anatômica submetida ao procedimento operatório.[68] O início da ISC depende de vários determinantes, incluindo a modalidade cirúrgica, perfil microbiológico e a condição de saúde sistêmica do paciente. A incidência de ISC após ATQ aumentará em aproximadamente 2 a 6,5% nas próximas décadas, resultando em um aumento proporcional nas despesas gerais associadas a intervenções terapêuticas.[69]

2.1.5 Cirurgia de artroplastia total de joelho

A artroplastia de joelho (ATJ) consolidou-se entre o final da década de 1950 e o início dos anos 1960, caracterizando-se como um procedimento de grande porte, demandando extensa dissecção e tempo cirúrgico prolongado. A intervenção pode ser realizada por meio de artroplastia total, substituindo todos os compartimentos articulares, ou unicompartimental, restringindo-se ao compartimento afetado.[70]

A ATJ é uma reconstrução da articulação do joelho. É mais comumente chamada de substituição total do joelho e é um procedimento muito confiável com resultados previsíveis.[71]

As indicações para a ATJ incluem principalmente quadros de osteoartrite, osteoartrose, osteonecrose e doenças autoimunes que comprometem a integridade da articulação, provocando dor intensa e limitações funcionais significativas.[72]

A ATJ configura-se como um dos procedimentos ortopédicos eletivos mais realizados na prática clínica contemporânea, sendo amplamente reconhecida por sua elevada eficácia clínica e relação custo-benefício favorável.[72,73] Apesar das altas taxas de sucesso observadas, complicações podem ocorrer, entre as quais a ISC figura como uma das mais temidas.[74]

A ISC em ATJ constitui uma complicação grave, capaz de comprometer de forma substancial os resultados funcionais e clínicos da artroplastia.

Está associada a dor intensa, limitação importante da mobilidade, redução significativa da qualidade de vida e, em casos mais graves, pode levar até mesmo ao óbito.[75]

Diante das as altas taxas de sucesso da ATJ moderna, o volume de ATJ primária aumentou drasticamente nas últimas décadas, tornando-a o procedimento ortopédico mais frequentemente realizado nos Estados Unidos.[76]

A epidemiologia da ATJ nos Estados Unidos projeta um crescimento expressivo ao longo das próximas décadas. Estimativas indicam que o volume anual pode alcançar 3,48 milhões de procedimentos até 2030, considerando um aumento de aproximadamente 673% em relação aos níveis observados em meados dos anos 2000.[77]

Com o envelhecimento progressivo da população e o aumento da incidência de doenças articulares degenerativas, há um aumento exponencial no número de artroplastias, de acordo com a literatura, a incidência de infecções de joelho é de 2%.[78,79]

2.1.6 Cirurgia da coluna (descompressão)

A cirurgia de descompressão da coluna firmou-se como intervenção terapêutica a partir da década de 1930, com os primeiros relatos de abordagem cirúrgica para aliviar a compressão neural. Desde então, o procedimento evoluiu substancialmente, incorporando técnicas como laminectomia, a microdiscectomia com microscópio iniciada por Yasargil nos anos 1970 e, mais recentemente, abordagens minimamente invasivas, como microdiscectomia tubular e endoscópica, que aprimoram a segurança e a eficácia do tratamento.[80]

Atualmente, a descompressão cirúrgica é reconhecida como tratamento eficaz para estenose espinhal lombar, hérnia de disco e espondilolistese degenerativa, oferecendo alívio significativo da dor e melhora funcional em curto e médio prazo.[81]

Entre 2010 e 2022, foram identificados 162.878 pacientes nos EUA que se submeteram a procedimentos de descompressão lombar. Desses, 78.043 pacientes passaram por descompressão com fusão, enquanto 84.835 optaram apenas pela descompressão. Observou-se um aumento médio anual de 7,1% na realização desses procedimentos até 2015, seguido por uma queda de 49,5% em 2016, e uma

recuperação de 15,7% em 2017, atingindo um aumento de 39,2% em 2018. Apesar disso, houve uma diminuição relativa de 23,9% na utilização de procedimentos de descompressão entre 2010 e 2021.

Uma revisão retrospectiva de pacientes que passaram por procedimentos minimamente invasivos para estenose espinhal lombar, como descompressão percutânea guiada por imagem ou dispositivos de espaçador interespinhoso, indicou uma taxa de reoperação de 6,5% dentro de 5 anos.[82]

A reoperação após cirurgia de descompressão lombar apresenta taxa média de aproximadamente 10% em seguimento de longo prazo (7–11 anos), destacando-se como complicação relevante no tratamento da espondilolistese degenerativa; fatores de risco significativos incluem obesidade, DM e tabagismo.[83]

Além disso, complicações pós-operatórias precoces, ISC, sepse, infecção urinária e prolongamento da estadia hospitalar, foram associadas a maior chance de reoperação dentro de 90 dias.[84]

A ISC após cirurgia da coluna é a terceira complicação mais comum em cirurgia da coluna. A incidência de ISC após cirurgia da coluna é relatada como sendo de aproximadamente 0,7–16,1%. Os patógenos mais comuns que causam ISC são *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*.[85]

2.1.7 Epidemiologia da infecção de sítio cirúrgico

As tentativas de reduzir a taxa de ISC datam do início do século XIX, com o estudo da epidemiologia e prevenção da "febre cirúrgica" por James Young Hamilton. Posteriormente, Joseph Lister foi pioneiro no uso de antissépticos para a prevenção de ISC ortopédicas em 1865.[86]

A ISC permanece como uma das principais preocupações relacionadas à segurança do paciente nos serviços de saúde no Brasil, configurando-se como um dos eventos adversos mais frequentes e impactantes no ambiente hospitalar. Dados epidemiológicos apontam que as ISC ocupam o terceiro lugar entre as infecções hospitalares mais comuns, respondendo por aproximadamente 15% de todos os casos de infecção adquirida durante a internação.[87]

Estudos nacionais e internacionais indicam ampla variação na incidência geral de ISC, que pode variar entre 2 e 20%, dependendo do tipo de

procedimento cirúrgico, das características clínicas dos pacientes e do grau de adesão às medidas preventivas adotadas. Por exemplo, uma meta-análise global publicada em 2023 estimou uma taxa combinada de ISC de aproximadamente 2,5%, com variação significativa entre diferentes regiões do mundo.(88)

Além disso, *guidelines* atualizados patrocinados pela *Society for Healthcare Epidemiology of America* (SHEA) e pela *Infectious Diseases Society of America* (IDSA), baseados em extensas análises de dados norte-americanos, reportam incidência de ISC entre 2 e 5% em pacientes submetidos a cirurgias nos Estados Unidos, com recomendações específicas para prevenção.(89)

As taxas de ISC são relatadas como mais altas nos países em desenvolvimento do que nos desenvolvidos. Por exemplo, um estudo na Etiópia com 251 pacientes submetidos a cirurgia em um hospital terciário encontrou uma incidência de ISC de 21%. Por outro lado, um grande estudo na Alemanha, que incluiu mais de 220 mil pacientes de 79 hospitais, relatou uma incidência de ISC de 5%. Na Indonésia, a incidência de ISC varia de 5 a 14%.(90)

As infecções relacionadas a cirurgias com implantes, embora pouco frequentes, apresentam maior gravidade, pois podem causar dor persistente, necessidade de reintervenções, perda do implante, piora da qualidade de vida, elevação dos custos assistenciais e, em casos mais severos, levar ao óbito.(91)

Devido à natureza das cirurgias ortopédicas e pacientes especiais sob este procedimento com variedade de condições e distúrbios (pacientes mais velhos, especialmente em cirurgias de artroplastia, doenças subjacentes e trauma penetrante), o risco de ISC é maior em comparação com outros procedimentos.(92)

2.1.8 Fisiopatologia da infecção de sítio cirúrgico

A resposta inflamatória aguda é uma reação inespecífica e autolimitada que ocorre segundos a minutos após uma lesão ou infecção. É iniciada pela degranulação dos mastócitos, ativação dos sistemas complemento, coagulação e cinina, além da liberação de mediadores celulares como histamina, prostaglandinas e citocinas. Essa resposta visa recrutar células imunes, principalmente neutrófilos, para o local afetado, promovendo fagocitose e destruição de microrganismos. Posteriormente, macrófagos também participam da resposta, apresentando antígenos aos linfócitos T.(93)

Durante o procedimento cirúrgico as ISC são tipicamente causadas quando bactérias da flora endógena do paciente são inoculadas no local da cirurgia no momento da cirurgia. O desenvolvimento de uma infecção depende de vários fatores, como a saúde do sistema imunológico do paciente, a presença de material estranho, o grau de contaminação bacteriana da ferida e o uso de profilaxia antibiótica.(94)

A ISC inicia-se, geralmente, com a contaminação microbiana da ferida. A virulência e a carga microbiana, especialmente acima de 10^5 microrganismos por grama de tecido na ausência de corpo estranho, são fatores determinantes para o desenvolvimento da infecção.(95)

Os agentes etiológicos podem ser endógenos, oriundos da pele, mucosas, vísceras ocas ou disseminação hematogênica, ou exógenos. A etiologia varia conforme o sítio anatômico, sendo *Staphylococcus aureus* e *estafilococos coagulase-negativos* os patógenos mais frequentes em cirurgias cardíacas, mamárias, oftalmológicas, ortopédicas e vasculares.(96)

As ISC podem ocorrer tanto em procedimentos com ou sem a presença de implantes, realizados em ambiente hospitalar ou ambulatorial, sendo classificadas conforme a profundidade dos tecidos acometidos (Figura 1).

2.1.9 Patogenicidade e virulência da infecção de sítio cirúrgico

A presença de microrganismos no sítio operatório é uma condição para o surgimento de ISC, no entanto a maioria das feridas contaminadas não evolui para infecção devido aos mecanismos de defesa do hospedeiro. A progressão para ISC depende principalmente de três fatores: carga bacteriana, virulência do agente e resistência do paciente, conforme demonstrado na fórmula a seguir.(97)

$$\text{Dose de contaminação bacteriana} \times \text{Virulência da bactéria} = \frac{\text{Risco de infecção do sítio cirúrgico}}{\text{Resistência do hospedeiro}}$$

A contaminação bacteriana é um precursor necessário para a ISC. As bactérias da pele sempre estão presentes, apesar de rigorosa preparação da pele. Além

disso, numerosas bactérias contaminam qualquer cirurgia que envolva uma estrutura do corpo normalmente colonizada por bactérias, como o intestino. Quantitativamente, o risco para ISC aumenta notavelmente se o mesmo estiver contaminado com $>10^5$ microrganismos por grama de tecido; entretanto, a dose de microrganismos contaminantes necessários para produzir infecção pode ser muito menor quando material estranho está presente no sítio cirúrgico.[98-100]

2.2 Fonte de contaminação da infecção de sítio cirúrgico

A fonte predominante dos patógenos responsáveis pela maioria das ISC é a microbiota endógena do paciente, que inclui a flora residente da pele, das membranas mucosas e das vísceras ocas. Quando ocorre a incisão da pele ou de uma membrana mucosa, os tecidos subjacentes ficam expostos ao risco de contaminação bacteriana. A origem dessa contaminação pode ser atribuída a diversas fontes, tradicionalmente classificadas em endógenas, provenientes do próprio paciente, ou exógenas, relacionadas ao ambiente cirúrgico e às práticas assistenciais.[100]

As fontes endógenas constituem a principal via de contaminação em ISC, sendo provenientes do próprio paciente. A microbiota residente da pele, das mucosas, bem como dos tratos gastrointestinal e geniturinário, pode atuar como reservatório direto de microrganismos que invadem o campo operatório durante ou após o procedimento cirúrgico. A colonização prévia por patógenos, notadamente *Staphylococcus aureus*, incluindo cepas resistentes à meticilina (MRSA), representa um fator de risco significativo para o desenvolvimento de ISC, devido ao seu potencial de invasividade e resistência antimicrobiana.[101]

Por outro lado, as fontes exógenas incluem fatores ambientais e operacionais relacionados ao ambiente hospitalar e à dinâmica da equipe cirúrgica. A não observância de protocolos de prevenção de infecção, como a higienização adequada das mãos e o uso correto de barreiras de proteção individual, pode transformar os profissionais de saúde em vetores de microrganismos.[102]

Além disso, instrumentos cirúrgicos mal esterilizados, falhas na manutenção da assepsia do ambiente operatório, sistemas de ventilação inadequados nas salas cirúrgicas e a utilização de materiais contaminados como soluções

antissépticas, próteses ou implantes configuram importantes vias exógenas de contaminação associadas ao aumento do risco de ISC.[103]

2.2.1 Fatores condicionantes para o desenvolvimento de infecção de sítio cirúrgico

Os fatores de risco para ISC são classicamente classificados em três categorias principais, relacionados ao paciente (pré-operatório), ao procedimento cirúrgico (perioperatório) e ao período pós-operatório, o que facilita a compreensão dos mecanismos etiopatogênicos e a implementação de estratégias preventivas direcionadas.

2.2.2 Fatores relacionados ao paciente (pré-operatório)

No período pré-operatório, diversos fatores inerentes ao paciente podem aumentar significativamente sua susceptibilidade à ISC. Destacam-se os extremos de idade, que estão associados a maior vulnerabilidade imunológica; o imunocomprometimento, incluindo uso de corticosteroides ou quimioterapia.[104]

A desnutrição, refletida por perda de peso ou albumina baixa, correlacionada a cicatrização prejudicada. O DM é outro fator reconhecido, associado a risco significativo de ISC. Transfusões de sangue perioperatórias podem elevar o risco; internação pré-operatória prolongada favorece colonização por microrganismos hospitalares; e infecções ativas em outros sítios servem como potencial fonte de contaminação.[105,106]

2.2.3 Fatores relacionados ao procedimento (perioperatório)

Durante o procedimento, o risco de ISC está relacionado principalmente à classe da ferida cirúrgica, sendo até 3 vezes maior em feridas contaminadas ou sujas. Também influenciam a magnitude do trauma e a duração da cirurgia, onde cirurgias > 90min têm risco aumentado.[19,107]

A presença de corpos estranhos, como drenos e próteses, aumenta o risco por favorecer colonização bacteriana. Aspectos ambientais, como qualidade do ar

e número de pessoas na sala cirúrgica, também elevam o risco quando inadequados. Por fim, a técnica cirúrgica, associada à experiência da equipe, desempenha papel importante nas complicações infecciosas.[108,109]

2.2.4 Fatores microbiológicos (pós-operatório)

No pós-operatório, destacam-se fatores microbiológicos como a virulência e a carga do inóculo bacteriano, os cuidados realizados com a ferida operatória, o uso adequado de antimicrobianos profiláticos ou terapêuticos e a resistência bacteriana, especialmente em patógenos como MRSA e Gram-negativos multirresistentes.[87,110]

2.3 Medidas de prevenção para o desenvolvimento de infecção de sítio cirúrgico relacionados ao paciente (pré-operatório)

A prevenção das ISC tem se tornado cada vez mais relevante, especialmente diante do aumento contínuo no volume global de procedimentos cirúrgicos realizados anualmente. Estima-se que mais de 313 milhões de cirurgias ocorram a cada ano no mundo, sendo as ISC responsáveis por relevante parcela da morbidade, prolongamento da internação hospitalar e aumento dos custos em saúde.[111]

As medidas de prevenção das ISC em procedimentos ortopédicos com uso de implantes devem ser iniciadas antes da cirurgia, por meio de orientações direcionadas aos pacientes e seus familiares. É fundamental minimizar o período de internação do paciente, pois sua exposição prolongada ao ambiente hospitalar pode aumentar o risco de colonização por microrganismos e consequente desenvolvimento de infecções.[112]

2.3.1 Controle da obesidade e desnutrição

Pacientes obesos apresentam taxas de ISC relativamente mais altas do que pacientes não obesos. Índice de massa corpórea ≥ 30 está associado a altos riscos de ISC. Estudos demostram que o tecido adiposo desempenhou um papel ativo

na inflamação e imunidade por meio de múltiplas citocinas inflamatórias e mediadores imunológicos, tornando os pacientes obesos mais suscetíveis à infecção. Portanto, o controle de peso pré-operatório e a dieta são essenciais para reduzir o risco de ISC.[113] A desnutrição pré-operatória tem sido associada a desfechos pós-operatórios adversos em diversos tipos de cirurgia, incluindo ortopedia.[114] Em pacientes submetidos à artroplastia total, a desnutrição está relacionada a internações hospitalares mais longas, admissões em UTI, complicações de feridas (como deiscência e drenagem prolongada) e infecção articular periprotética, uma das complicações mais graves devido à necessidade de cirurgia de revisão.[115,116]

Revisões recentes reforçam que a desnutrição pré-operatória aumenta o risco de ISC, readmissões e mortalidade, mas destacam a escassez de pesquisas sobre triagem nutricional e segurança alimentar nesse contexto.[117]

2.3.2 Controle glicêmico

Dados sugerem que entre 10 e 20% dos pacientes submetidos a procedimentos ortopédicos em ambientes hospitalares já têm um diagnóstico de diabetes. Os desafios que os pacientes diabéticos enfrentam após a cirurgia ortopédica são inúmeros. De modo geral, o diabetes aumenta o risco de uma infinidade de complicações após a cirurgia, abrangendo cicatrização prejudicada de feridas, maior vulnerabilidade a infecções e o potencial para dor pós-operatória intensificada devido a neuropatias.[118]

O DM afeta a função imunológica e vascular dos pacientes, o que aumenta a incidência de ISC. *Diabetes mellitus* também é amplamente reconhecido como um fator de risco para ISC, possivelmente devido ao comprometimento da resposta imunológica e da função vascular associada à hiperglicemia.[119]

Em pacientes diabéticos, a quimiotaxia e a fagocitose de neutrófilos são prejudicadas, o que pode levar à redução das defesas antimicrobianas e ao retardo na cicatrização de feridas. Além disso, o diabetes traz consigo danos ao endotélio vascular, esclerose vascular, microangiopatia.[120]

De acordo com a *Society for Healthcare Epidemiology of America* (SHEA), recomenda-se monitorar e controlar rigorosamente a glicemia tanto em cirurgias cardíacas quanto não cardíacas. As diretrizes sugerem manter a glicemia ≤ 180mg/dL

durante o pré-operatório, intraoperatório e até o pós-operatório imediato.[89,121] Além disso, recomenda-se manter a hemoglobina glicada (HbA1c) abaixo de 7% em todo o período perioperatório e garantir que os níveis glicêmicos permaneçam ≤ 180mg/dL por pelo menos 24 horas após o término da anestesia.[122]

2.3.3 Suspender o uso de imunossupressores

Muitos pacientes usam corticosteroides ou outros imunossupressores cronicamente para controlar várias condições sistêmicas, incluindo artrite reumatoide, lúpus eritematoso sistêmico, doença inflamatória intestinal, doença de Graves e outras condições inflamatórias ou autoimunes.[123]

Os mesmos mecanismos que facilitam seus efeitos anti-inflamatórios e imunossupressores também causam retardo na cicatrização de feridas. Especificamente, os corticosteroides diminuem a capacidade das células imunes de se infiltrarem em feridas por meio da regulação negativa de citocinas e proteínas de adesão no endotélio, diminuem a proliferação de fibroblastos e diminuem a capacidade de realizar a remodelação do colágeno.[124]

A suspensão do uso de inibidores do fator de necrose tumoral durante o período pré-operatório tem sido implementada para reduzir o risco de infecção devido às graves implicações da infecção da prótese articular. No entanto, há dados inconsistentes que respaldam essa prática. De fato, em certas circunstâncias, como o início do tratamento para artrite reumatoide ativa, pesquisas recentes questionaram a contribuição dos inibidores do fator de necrose tumoral para a elevada incidência de infecções bacterianas.[125]

2.3.4 Utilizar o *checklist* de segurança cirúrgica

Nas últimas duas décadas, os cirurgiões passaram a adotar "*checklists*" como ferramenta para melhorar o desempenho das equipes cirúrgicas, minimizar eventos adversos e melhorar a sobrevida dos pacientes submetidos à cirurgia. A introdução do *checklist* em cirurgia pode interceptar e prevenir tais incidentes e pode reduzir tanto a morbidade quanto a mortalidade.[126] Em 2008 o programa de "Cirurgia

Segura" da WHO salvando vidas, introduziu uma lista de verificação de 19 itens, implementando esse programa em 8 hospitais em todo o mundo, a "Lista de verificação de segurança cirúrgica da WHO " é usada globalmente para garantir a segurança do paciente durante a cirurgia e tem demonstrado uma diminuição significativa na mortalidade cirúrgica e complicações pós-operatórias (Anexo 6).[127,128]

A lista de verificação tem como alvo três fases críticas: antes da indução anestésica (*sign in*), após a indução, mas antes da incisão cirúrgica (*time out*) e durante ou logo após o fechamento da ferida (*sign out*). O processo é conduzido pelo anestesiologista, enfermeira e paciente, envolve a verificação da identidade do paciente, a confirmação do procedimento e seu lado designado e a revisão dos principais pontos relacionados à anestesia. Durante o tempo limite, a identidade do paciente é reconfirmada, os membros da equipe se apresentam e suas funções, e aspectos críticos da operação, como duração estimada e perda de sangue prevista, são discutidos. Por fim, a saída garante as verificações finais, incluindo a verificação da contagem de esponjas e a conclusão das ordens pós-operatórias.[129,130]

A introdução do "*checklist* cirúrgico" reduziu as complicações cirúrgicas de 11 para 7%, com queda de mortalidade de 1,5 para 0,8%, em um cenário global. O "*checklist* cirúrgico" teve impacto nas medidas do processo de segurança selecionadas diretamente relacionadas aos itens do *checklist*, tais como: avaliação objetiva das vias aéreas realizada antes da anestesia; uso de oxímetro de pulso; antibióticos profiláticos administrados adequadamente; confirmação verbal da identidade do paciente; e contagens de esponjas concluídas.[131]

Nos últimos dez anos, a utilização de listas de verificação cirúrgicas por profissionais de saúde ao longo de toda a jornada cirúrgica, inclusive dentro das salas de operação, tem contribuído significativamente para a redução das taxas de complicações. Diante disso, torna-se essencial identificar os elementos de risco associados a essas complicações, considerando tanto a perspectiva dos pacientes quanto a dos profissionais envolvidos no cuidado. O *checklist* cirúrgico da WHO representa uma inovação simples, acessível e escalável, que tem como principal objetivo aumentar a segurança no atendimento cirúrgico. Sua implementação tem promovido melhorias consistentes na comunicação entre as equipes, na padronização de procedimentos e, sobretudo, na redução de eventos adversos.[127,132,133]

2.4 Medidas de prevenção para o desenvolvimento de infecção de sítio cirúrgico (intraoperatório)

2.4.1 Profilaxia antimicrobiana

A profilaxia antibiótica cirúrgica é uma medida essencial na prevenção de ISC. Consiste na administração de antibióticos a pacientes sem infecção ativa, com o objetivo de reduzir a carga microbiana no campo operatório e evitar que as defesas do hospedeiro sejam superadas. Seu uso é preventivo, não terapêutico.[134]

Para ser eficaz, o antibiótico deve ser ativo contra os microrganismos mais prováveis, administrado em dose e tempo adequados para garantir níveis séricos e teciduais eficazes durante o procedimento. Além disso, deve ser seguro, utilizado pelo menor tempo necessário e com o menor impacto possível sobre a microbiota e o desenvolvimento de resistência antimicrobiana. Quando corretamente indicada e aplicada, a profilaxia antibiótica cirúrgica reduz significativamente a incidência de ISC.[134,135]

Antes da introdução dos antibióticos: antes dos antibióticos, os procedimentos cirúrgicos apresentavam alto risco de infecção, com graves consequências para os pacientes. A ausência de antimicrobianos eficazes dificultava o controle de infecções pós-operatórias, tornando até cirurgias rotineiras potencialmente letais. As elevadas taxas de morbidade e mortalidade refletiam a incapacidade de conter a proliferação bacteriana em feridas cirúrgicas, ressaltando a urgência por avanços terapêuticos.[136]

Início da profilaxia antibiótica: a introdução de antibióticos como profiláticos em cirurgias resultou em significativa redução das infecções do sítio cirúrgico ISC, marcando um avanço notável na prática cirúrgica. Esses benefícios reduziram substancialmente a morbidade e mortalidade associadas, tornando os procedimentos mais seguros e confiáveis.[137]

Resistência antimicrobiana: apesar dos avanços, a euforia com os antibióticos levou ao uso indiscriminado, inclusive em situações de benefício limitado, o que favoreceu o surgimento de cepas bacterianas resistentes. Essa resistência é um desafio persistente na medicina moderna, comprometendo a eficácia dos tratamentos e

impactando também a profilaxia cirúrgica, o que reforça a necessidade do uso criterioso desses medicamentos.[138]

Escolha dos antibióticos: para profilaxia cirúrgica envolve complexidade significativa. Os médicos cirurgiões devem selecionar antibióticos eficazes contra patógenos específicos, equilibrando eficácia, segurança e minimizando riscos. Fatores como alergias, interações medicamentosas e resistência bacteriana em evolução aumentam esse desafio, destacando a importância de uma abordagem personalizada e baseada em evidências.[139]

Protocolos para profilaxia antibiótica: com o reconhecimento da importância da profilaxia antibiótica, organizações de saúde e sociedades profissionais passaram a emitir diretrizes essenciais (Anexo 7). O Colégio Americano de Cirurgiões (ACS – A*merican College of Surgeons*), o CDC e a WHO publicaram recomendações abrangentes, baseadas em ampla evidência clínica, para orientar as melhores práticas em profilaxia antibiótica.[140]

Devido à variação no risco de ISC entre procedimentos, as diretrizes adaptam suas recomendações conforme o tipo de cirurgia, considerando o local, o perfil do paciente e as técnicas utilizadas, para direcionar a profilaxia antibiótica ao risco específico.[141]

A escolha dos antibióticos é orientada pelos patógenos mais prováveis e pelos padrões locais de resistência, garantindo eficácia e uso racional, evitando o emprego desnecessário de antibióticos de amplo espectro.[142]

Horário da profilaxia antibiótica: a escolha do antibiótico baseia-se nos patógenos prováveis e nos padrões locais de resistência, garantindo eficácia e uso racional, reduzindo o emprego desnecessário de antibióticos de amplo espectro e controlando a resistência bacteriana. A administração deve ocorrer 30 a 60 minutos antes da incisão, o que reduz significativamente a incidência de ISC.[143]

A administração dos antibióticos neste momento específico é justificada por dois motivos: assegura concentrações eficazes no local cirúrgico para combater bactérias introduzidas durante o procedimento e aproveita o fato de que a profilaxia é mais eficiente contra bactérias em divisão ativa, mais vulneráveis aos antimicrobianos.[144]

Dosagem intraoperatória de antibióticos: é importante para prevenir infecções em cirurgias que duram mais de 2 a 4 horas. Além da dose pré-operatória, uma dose adicional é administrada durante o procedimento para manter níveis

terapêuticos nos tecidos, garantindo proteção contínua contra infecções e reduzindo o risco de ISCs.[145]

Duração da profilaxia antibiótica: as diretrizes mais recentes de profilaxia antimicrobiana em cirurgia recomendam a administração de um regime de curta duração, limitado a uma dose única pré-operatória ou, no máximo, até 24 horas após o término do procedimento. Essa abordagem tem demonstrado eficácia na prevenção de ISC, além de reduzir o risco de efeitos adversos e o desenvolvimento de resistência antimicrobiana.[146]

As cefalosporinas de primeira geração, especialmente a cefazolina, são consideradas a primeira escolha para a maioria dos procedimentos cirúrgicos, incluindo os ortopédicos. Esses antibióticos oferecem excelente cobertura contra os patógenos mais comuns, como *Staphylococcus aureus* e estreptococos, com boa penetração tecidual e óssea. Além disso, evitam o uso desnecessário de antimicrobianos de amplo espectro, o que contribui para a preservação da microbiota e para o controle da resistência bacteriana.[146,147]

3 MÉTODOS

3.1 Local do estudo

O estudo foi desenvolvido no Hospital Israelita Albert Einstein, um hospital privado de caráter terciário localizado na cidade de São Paulo, Brasil. A instituição dispõe de aproximadamente 670 leitos, sendo 44 deles destinados à unidade de terapia intensiva adulta. O hospital oferece atendimento nas áreas de clínica médica e cirúrgica, abrangendo especialidades como ortopedia, cardiologia, pneumologia e oncologia, além de possuir programas de transplante de órgãos e atendimento em pediatria e neonatologia.

3.2 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional retrospectivo, do tipo caso-controle, conduzido com pacientes adultos (idade >18 anos) submetidos a procedimentos cirúrgicos. Os casos foram definidos como pacientes que desenvolveram ISC no período pós-operatório. Para cada caso, foi selecionado um controle pareado (1:1) de paciente submetido ao mesmo tipo de procedimento, no mesmo período, porém sem ocorrência de ISC. A análise foi estratificada em dois períodos distintos: pré-implementação do programa “Cirurgia Segura” de janeiro de 2006 a julho de 2010 e durante a implementação do programa de agosto de 2010 a dezembro de 2022.

3.3 População do estudo e critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos neste estudo pacientes adultos internados no Hospital Israelita Albert Einstein para realização de procedimentos cirúrgicos ortopédicos primários eletivos, especificamente: cirurgia da coluna vertebral (artrodese e descompressão), ATQ e ATJ. A elegibilidade foi restrita aos indivíduos que permaneceram hospitalizados por período superior a 48 horas após o procedimento, critério adotado para garantir tempo mínimo de acompanhamento clínico e vigilância

adequada de possíveis desfechos infecciosos no pós-operatório. Critérios de exclusão: pacientes submetidos a cirurgias de revisões, fraturas, tumor ósseo e deformidades.

3.4 Critérios de pareamento

Para a análise, foi adotada a estratégia de pareamento na proporção 1:1 entre casos e controles, considerando como variáveis de emparelhamento o sexo, o tipo de procedimento cirúrgico, a idade (±20 anos) e a data da cirurgia (±120 dias). O processo de seleção dos controles foi realizado por meio de sorteio aleatório, garantindo que cada caso tivesse a mesma probabilidade de ser pareado com os controles disponíveis dentro dos critérios estabelecidos. Para assegurar a reprodutibilidade e a transparência metodológica, utilizou-se uma semente aleatória fixa, previamente definida no *software* estatístico.[148] A semente aleatória (*random seed*) corresponde a um valor numérico utilizado como ponto inicial para a geração de números aleatórios. Quando este valor é fixado, os resultados obtidos pelo algoritmo podem ser reproduzidos exatamente da mesma forma em diferentes execuções. Em outras palavras, o uso da semente permitiu que o sorteio dos pares fosse controlado e que a mesma combinação de casos e controles pudesse ser replicada em análises subsequentes, evitando variações decorrentes da aleatoriedade do processo e garantindo consistência e comparabilidade dos resultados.

3.5 Variáveis coletadas

Foram analisadas variáveis epidemiológicas, clínicas, laboratoriais e relacionadas ao procedimento cirúrgico, incluindo: sexo, idade, peso, altura, data de internação, data da cirurgia e doença de base, classificada segundo o código primário da Classificação internacional de doenças, décima revisão (CID-10); comorbidades identificadas na avaliação pré-operatória, com destaque para DM (analisado separadamente de outras doenças endócrinas); exames laboratoriais prévios à cirurgia, como hemoglobina, hematócrito, glicemia (valores inferiores a 80mg/dL ou superiores a 180mg/dL) e contagem de plaquetas inferior a 60.000/mm³; uso de corticosteroides; tipo de cirurgia (eletiva, urgente ou emergencial); necessidade de transfusão de

hemoderivados; classificação da condição física segundo ASA; características do procedimento, como tipo de anestesia, tempo cirúrgico e necessidade de reabordagem; duração da profilaxia antimicrobiana (avaliada conforme protocolo institucional, limitado a no máximo 24 horas); e desfechos clínicos, como ocorrência de infecção, perfil de suscetibilidade dos microrganismos e evolução para óbito. A partir de agosto de 2010, os pacientes que passaram por intervenções cirúrgicas passaram a ter as informações registradas na lista de verificação – *'checklist'* – de cirurgia segura. Para cada bloco da lista, foi analisado seu preenchimento, com o objetivo de garantir que todas as etapas essenciais para a segurança do procedimento fossem devidamente documentadas.

3.6 Fontes de dados

A fonte dos dados foi obtida a partir de relatórios emitidos por diferentes setores da instituição, incluindo: Serviço de Informação sobre Medicamentos da Farmácia (SIM), Setor de Farmácia Clínica, Serviço de Controle de Infecção Hospitalar (SCIH), Setor de Microbiologia, Serviço de Epidemiologia, *Cerner Millennium* e Programa Locomotor.

3.6.1 Coleta de dados

Foi desenvolvido um banco de dados na plataforma *Research Eletronic Data Capture* (REDCap), no qual as informações foram registradas e organizadas de forma segura. A ferramenta oferece interface intuitiva, flexibilidade na criação de formulários e conformidades com padrões de confidencialidade.[149]

3.6.2 Bases de dados utilizadas

- ISC: banco de dados fornecido pelo SCIH e pelo Programa Locomotor, contendo informações detalhadas sobre a ocorrência de infecções pós-cirúrgicas;

- Dados dos pacientes cirúrgicos: banco proveniente do setor de Epidemiologia, com dados clínicos e perfil dos pacientes submetidos aos procedimentos cirúrgicos analisados;
- Prontuário eletrônico dos pacientes: utilização do sistema *Cerner Millennium* e dados do sistema digitalizado de prontuário físico, englobando registros médicos completos, diagnósticos, procedimentos e histórico clínico dos pacientes;
- Relatórios de consumo de antimicrobianos: disponíveis no *System Analyse und Programmentwicklung* (SAP), esses relatórios monitoram o consumo de antimicrobianos em todo o hospital. Apesar de a análise estar inserida em um contexto cirúrgico específico, os dados de consumo refletem o uso global institucional e não se restringem exclusivamente aos pacientes ortopédicos.

3.7 Antimicrobianos avaliados

Foi analisado o consumo global dos antimicrobianos utilizados para profilaxia cirúrgica e tratamento, com ênfase nas seguintes classes terapêuticas: cefalosporinas de primeira geração (cefazolina), cefalosporinas de segunda geração (cefuroxima) e glicopeptídeos (vancomicina). Ressalta-se que, conforme protocolo institucional, a vancomicina é indicada como alternativa à profilaxia com cefalosporinas em pacientes com histórico de alergia a betalactâmicos.

3.7.1 Cálculo do consumo de antimicrobianos

Os dados de consumo foram avaliados em frequência mensal e anual, utilizando a métrica de dose diária definida (DDD) por 1000 pacientes-dia (DDD/1000 pacientes-dia), que minimiza a influência de variações na taxa de ocupação dos leitos hospitalares.

A DDD é definida como a dose média de manutenção por dia de um medicamento utilizado para sua principal indicação terapêutica em adultos. A fórmula utilizada foi:

$$\text{DDD}/1000\ \text{pacientes-dia} = \frac{\text{Consumo do medicamento (g)} \times 1000}{\text{DDD (g)} \times \text{Número de pacientes-dia}}$$

Vale ressaltar que, o consumo dos antibióticos foi avaliado de forma global, considerando-se todos os pacientes internados durante o período do estudo, independentemente da realização ou não de procedimentos cirúrgicos ortopédicos.

3.8 Dados de infecção de sítio cirúrgico

As informações referentes à ocorrência de ISC foram fornecidas pelo SCIH. Os procedimentos cirúrgicos foram classificados em quatro categorias, conforme critérios estabelecidos pelo CDC:[23] cirurgias limpas, potencialmente contaminadas e contaminadas infectadas. As ISC foram subdivididas em: infecções incisionais superficiais, infecções incisionais profundas e infecções de espaço-órgão.

3.8.1 Análise da resistência antimicrobiana

Para a análise das taxas de resistência antimicrobiana, foram utilizados os resultados extraídos dos sistemas eletrônicos Cerner Millennium, com base em todas as infecções diagnosticadas nos dois períodos avaliados (pré e pós-implementação do programa “Cirurgia Segura”). O foco principal da análise foi direcionado aos microrganismos do Grupo *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter spp* (ESKAPE), definidos independentemente do perfil de sensibilidade, ou seja, considerando *Staphylococcus aureus* de forma global (resistentes ou não) e os demais agentes: *Enterococcus faecium, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter spp.* As taxas de resistência microbiana foram então calculadas a partir dos microrganismos isolados em culturas clínicas de pacientes com ISC, sendo os resultados avaliados de forma geral e também estratificada para os agentes do Grupo ESKAPE.

3.8.2 Testes de suscetibilidade antimicrobiana

Os testes de cultura e suscetibilidade antimicrobiana foram realizados pelo setor de microbiologia do laboratório clínico da instituição, utilizando o sistema *Cerner Millennium*. A análise foi conduzida de acordo com as diretrizes do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI), sendo os isolados classificados como: suscetíveis, resistentes ou intermediários. Os testes seguiram um painel de antimicrobianos padronizado institucionalmente pelo laboratório e pelo SCIH. Os pontos de corte interpretativos utilizados foram os preconizados pelo CLSI.[150]

3.9 Análise estatística

Análise estatística teve como objetivo identificar fatores associados à ocorrência de ISC e explorar desfechos secundários relacionados ao consumo de antimicrobianos e padrões microbiológicos. Inicialmente, realizou-se análise descritiva para caracterização da população estudada. Variáveis contínuas foram descritas por medidas de tendência central e dispersão (mediana, valores mínimo e máximo, primeiro e terceiro quartis). Variáveis categóricas foram apresentadas em frequências absolutas e relativas.

A associação entre fatores clínicos e cirúrgicos e a ocorrência de ISC foi investigada por regressão logística condicional, considerando o pareamento entre casos e controles. Primeiramente, procedeu-se à análise univariada por meio de regressão logística simples, com estimativas de *odds ratio* (OR), intervalos de confiança de 95% (IC 95%) e valores-p; em seguida, as variáveis com $p<0,10$ foram incluídas em modelo multivariado para ajuste simultâneo dos preditores. No ajuste desse modelo foi utilizado o método de *backward stepwise*, baseado no teste de razão de verossimilhanças.

A avaliação do consumo de antimicrobianos empregados em profilaxia cirúrgica, aplicaram-se modelos de regressão de séries temporais com identificação *AutoRegressive Integrated Moving Average* (ARIMA), permitindo estimar as variações médias no consumo entre os períodos pré e pós-implementação do *checklist*. Os resultados foram expressos em DDD/1.000 pacientes-dia.

As taxas anuais de ISC foram apresentadas de forma descritiva, calculadas pela incidência em relação ao número total de procedimentos realizados. A análise microbiológica incluiu a frequência de culturas positivas, a identificação de microrganismos do Grupo ESKAPE e a realização de testes de suscetibilidade antimicrobiana, descritos por período e tipo de microrganismo.

Todas as análises foram realizadas com os programas SPSS R, utilizando-se o pacote *Forecast* para os modelos de séries temporais. Adotou-se nível de significância de 5% ($p<0,05$).

3.10 Aspectos éticos

Devido ao delineamento retrospectivo e observacional, não foi possível localizar individualmente os sujeitos da pesquisa, considerando o número expressivo de pacientes internados no período analisado. As informações sobre consumo de antimicrobianos já faziam parte das práticas rotineiras do setor de Farmácia Clínica e seguiam os padrões de qualidade hospitalar, assim como os dados fornecidos pelo SCIH, pelo Setor de Microbiologia e pelo Programa Locomotor. Todos os dados foram analisados de forma anonimizada e desidentificada, sem acesso a informações que possibilitassem a identificação dos pacientes. Os dados epidemiológicos, de ISC e culturas microbiológicas foram obtidos por meio de relatórios institucionais, igualmente sem identificação nominal. Dessa forma, foi solicitada ao Comitê de Ética em Pesquisa da instituição a isenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), cujo parecer de isenção encontra-se disponível no anexo 8.

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética institucional do Hospital Israelita Albert Einstein (CAAE: 63739822.4.0000.0071, número de aprovação: 5.702.040, data: 14 de outubro de 2022), que dispensou a exigência de consentimento informado devido ao seu desenho retrospectivo e ao uso de dados anonimizados. O projeto também está registrado no SGPP sob o número 5342.

4 RESULTADOS

No período de janeiro de 2006 a dezembro de 2022, foram identificados 9.163 pacientes submetidos a procedimentos ortopédicos eletivos, incluindo artrodese da coluna vertebral (n=1.336; 14,6%), descompressão da coluna (n=3.828; 41,8%), ATQ (n=2.550; 27,8%) e ATJ (n=1.449; 15,8%). Após a exclusão de 9.021 pacientes que não preenchiam os critérios de elegibilidade (cirurgias de revisão, procedimentos por fraturas, tumores ósseos ou deformidades), a amostra final foi composta por 142 pacientes. Destes, 71 apresentaram infecção de sítio cirúrgico (ISC) e foram definidos como casos, enquanto 71 não apresentaram ISC e foram incluídos como controles.

O pareamento caso-controle foi realizado na proporção de 1:1, considerando sexo, tipo de procedimento cirúrgico (artrodese, descompressão, artroplastia de quadril ou artroplastia de joelho), idade (±20 anos) e data da cirurgia (±120 dias). Quando não havia controles disponíveis dentro de janelas mais restritas, os limites máximos de idade e tempo foram adotados para garantir a seleção. A distribuição final mostrou proporções semelhantes de procedimentos entre casos e controles: artrodese (32,4 *versus* 28,2%), descompressão (26,8 *versus* 29,6%), artroplastia de quadril (26,8% em ambos) e artroplastia de joelho (14,1 *versus* 15,5%).

Quanto ao período de observação, 22 pacientes (15,5%) foram operados no intervalo pré-implementação do Programa Cirurgia Segura (janeiro de 2006 a julho de 2010), sendo 11 casos e 11 controles. Os demais 120 pacientes (84,5%) foram submetidos a procedimentos após a implementação (agosto de 2010 a dezembro de 2022), igualmente distribuídos em 60 casos e 60 controles.

Os detalhes completos da seleção da amostra e distribuição dos pacientes podem ser consultados no fluxograma apresentado na figura 2.

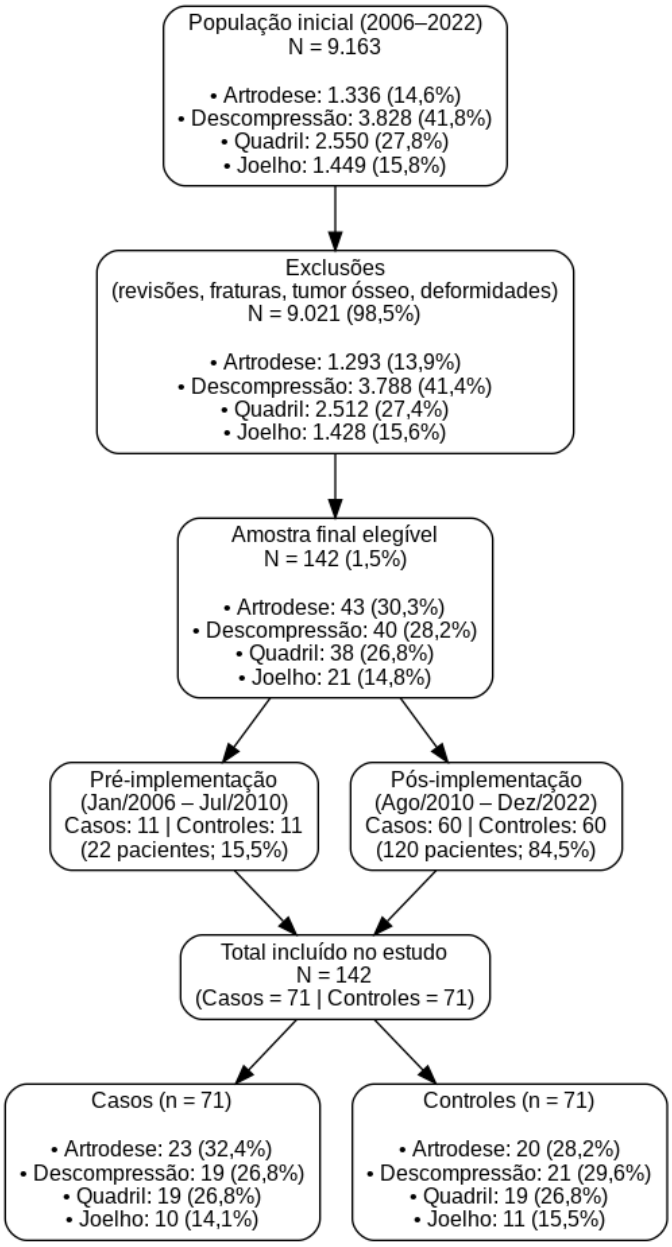


Figura 2. Seleção de casos da amostra do estudo

Observou-se predominância do sexo masculino, totalizando 85 pacientes (59,9%). A mediana de idade dos participantes foi de 64,0 anos (IIQ: 50,0–77,0), com distribuição mediana de 61,0 anos (IIQ: 48,0–77,0) no Grupo Controle e 65,0 anos (IIQ: 54,0–77,0) no grupo com ISC.

Quanto ao IMC, a mediana observada foi de 27,7kg/m² (IIQ: 25,4–32,1) na população total. Especificamente, o Grupo Controle apresentou mediana de 27,6kg/m² (IIQ: 25,1–31,2), ao passo que o grupo de casos com ISC apresentou mediana de 28,0kg/m² (IIQ: 25,9–33,3). Os valores mínimos e máximos de IMC variaram entre 17,6 e 47,7kg/m². Ao se considerar a categorização do IMC,

identificou-se que 1 paciente (0,7%) apresentava baixo peso (IMC <18,5kg/m²), 26 (18,3%) eram eutróficos (IMC entre 18,5 e 24,99kg/m²), 64 (45,1%) apresentavam sobrepeso (IMC entre 25 e 29,99kg/m²) e 51 (35,9%) foram considerados com obesidade (IMC ≥30kg/m²). A obesidade esteve presente em 29 pacientes (40,8%) do grupo com ISC, comparado a 22 pacientes (31,0%) no Grupo Controle. As características demográficas e antropométricas detalhadas encontram-se descritas na tabela 1.

Tabela 1. Dados sociodemográficos dos pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho

Dados sociodemográficos	Amostra total (n=142)	*Status* do paciente no estudo	
		Controle (n=71)	Caso (n=71)
Sexo, n (%)			
Masculino	85 (59,9)	42 (59,2)	43 (60,6)
Feminino	57 (40,1)	29 (40,8)	28 (39,4)
Idade (anos)			
Mediana (Q1; Q3)	64,0 (50,0; 77,0)	61,0 (48,0; 77,0)	65,0 (54,0; 77,0)
Mínimo; máximo	20,0; 93,0	21,0; 93,0	20,0; 89,0
Peso (kg)			
Mediana (Q1; Q3)	81,0 (70,0; 92,0)	81,0 (67,0; 89,0)	82,0 (74,0; 96,0)
Mínimo; máximo	49,0; 145,0	49,0; 125,0	49,0; 145,0
Altura (cm)			
Mediana (Q1; Q3)	169,0 (160,0; 177,0)	168,0 (160,0; 177,0)	170,0 (161,0; 177,0)
Mínimo; máximo	149,0; 190,0	150,0; 190,0	149,0; 187,0
Índice de massa corpórea (kg/m²)			
Mediana (Q1; Q3)	27,7 (25,4; 32,1)	27,6 (25,1; 31,2)	28,0 (25,9; 33,3)
Mínimo; máximo	17,6; 47,7	17,6; 41,4	20,1; 47,7
Índice de massa corpórea, n (%)			
< 18,5 kg/m^2	1 (0,7)	1 (1,4)	0 (0,0)
18,5 a 24,99 kg/m^2	26 (18,3)	14 (19,7)	12 (16,9)
25 a 29,99 kg/m^2	64 (45,1)	34 (47,9)	30 (42,3)
≥ 30 kg/m^2	51 (35,9)	22 (31,0)	29 (40,8)

Período de janeiro de 2006 a dezembro de 2022. Q1: primeiro quartil; Q3: terceiro quartil; n: número de pacientes.

Por meio da análise univariada foram identificados os seguintes achados (Tabela 2): (1) transfusão de hemoderivados foi a única variável com associação estatisticamente significativa com a ocorrência de ISC, aumentando em aproximadamente 2,7 vezes a chance de desenvolvimento da infecção (OR = 2,667; IC 95%: 1,043–6,815; p=0,040). (2) A duração da cirurgia apresentou associação limítrofe com a ocorrência de ISC. A análise univariada demonstrou que cada hora adicional de procedimento esteve associada a um aumento de aproximadamente 27% no risco de infecção (OR = 1,272; IC 95%: 1,000–1,618; p=0,050). Na prática, isso significa que uma

cirurgia com 5 horas de duração, em comparação a outra com 4 horas, teria um risco cerca de um quarto maior de evoluir para ISC. Esse efeito é cumulativo, de modo que quanto mais prolongado o procedimento, maior a exposição do paciente a fatores como contaminação do campo operatório, tempo sob anestesia e estresse metabólico, elementos reconhecidos como facilitadores do desenvolvimento de infecções cirúrgicas. (3) O uso de anestesia geral demonstrou tendência de associação com maior risco de ISC (OR = 4,000; IC 95%: 0,849–18,836; p=0,080), porém sem atingir significância estatística. De forma semelhante, pacientes classificados como ASA III apresentaram risco 3,16 vezes maior de ISC em comparação àqueles classificados como ASA II (p=0,884), também sem significância estatística. (4) A obesidade (IMC ≥ 30kg/m²) foi mais frequente entre os pacientes com ISC, mas não apresentou associação estatisticamente significativa (OR = 1,519; IC 95%: 0,639–3,608; p=0,344). (5) As comorbidades isoladas, como cardiopatias, DM e doenças neurológicas, não demonstraram associação significativa com ISC. A presença de neoplasia sugere uma possível tendência de risco aumentado (OR = 6,000), porém sem significância estatística (p=0,097). (6) Por fim, variáveis relacionadas ao uso e ao momento da antibioticoprofilaxia cirúrgica não apresentaram associação com a ocorrência de ISC. Todos os resultados completos da análise univariada estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2. Fatores associados à ocorrência de infecção de sítio cirúrgico em cirurgias da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho

Fatores associados à ocorrência ISC	*Odds ratio* (IC 95%)	Valor-p
Índice de massa corpórea (kg/m^2)	1,051 (0,987; 1,118)	0,122
IMC de 25 a 29,99 kg/m^2	1,021 (0,416; 2,507)	0,963
IMC ≥ 30 kg/m^2	1,519 (0,639; 3,608)	0,344
Presença de comorbidades	0,500 (0,092; 2,730)	0,423
Doença cardíaca	1,429 (0,722; 2,828)	0,306
Doença neurológica	0,727 (0,293; 1,808)	0,493
Diabetes	1,333 (0,562; 3,164)	0,514
Neoplasia	6,000 (0,722; 49,837)	0,097
Doença gastrointestinal	1,333 (0,463; 3,843)	0,594
Doença vascular	0,250 (0,028; 2,237)	0,215
Doença renal	0,571 (0,167; 1,952)	0,372
Comorbidades respiratórias	0,444 (0,137; 1,443)	0,177
Comorbidades hematológicas	0,750 (0,168; 3,351)	0,706
Doença musculoesquelética	0,714 (0,317; 1,608)	0,416
Comorbidades endocrinológica	1,308 (0,635; 2,692)	0,467
Tabagismo	1,167 (0,392; 3,471)	0,782
Outras comorbidades	0,200 (0,023; 1,712)	0,142
Número de comorbidades	0,966 (0,747; 1,250)	0,793
Duas ou mais comorbidades	1,500 (0,613; 3,670)	0,374
Três ou mais comorbidades	0,850 (0,445; 1,623)	0,622
Hemoglobina (g/dL)	0,820 (0,616; 1,091)	0,173
Hematócrito (%)	0,946 (0,867; 1,032)	0,213
Glicemia > 180mg/dL	0,750 (0,168; 3,351)	0,706
Cirurgia eletiva	2,500 (0,485; 12,886)	0,273
Tempo entre admissão e cirurgia (dias)	1,109 (0,935; 1,314)	0,234
Duração da cirurgia (horas)	1,272 (1,000; 1,618)	0,050
Duração da cirurgia > 4 horas	2,000 (0,807; 4,955)	0,134
Anestesia geral	4,000 (0,849; 18,836)	0,080
Transfusão de hemoderivados	2,667 (1,043; 6,815)	0,040
Uso de corticoides	1,000 (0,500; 2,000)	>0,999
ASA II	0,933 (0,367; 2,371)	0,884
ASA III	3,160 (0,724; 13,791)	0,126
Antibiótico profilático (em até 1h antes da cirurgia)	1,857 (0,741; 4,655)	0,187
Antibióticos utilizados para profilaxia corretamente	0,667 (0,188; 2,362)	0,530
Tempo de terapia profilática (em até 24hs)	1,200 (0,605; 2,381)	0,602
Adesão ao *checklist*	0,821 (0,344; 1,962)	0,658

IMC: índice de massa corpórea; ISC: infecção do sítio cirúrgico; ASA: *American Society of Anesthesiologists*. Período de janeiro de 2006 a dezembro de 2022. Ajustado modelo logístico sem considerar dependência entre os pares por falta de convergência no modelo logístico condicional.

Para o modelo múltiplo, foram incluídas as variáveis com valor-p < 0,10 na análise univariada: neoplasia, duração da cirurgia (horas), anestesia geral e transfusão de hemoderivados. No modelo final, apenas a transfusão de hemoderivados se manteve como fator independentemente associado à ocorrência de

ISC, indicando que pacientes transfundidos apresentaram 2,7 vezes mais chances de desenvolver ISC em comparação aos não transfundidos (OR = 2,667; IC 95%: 1,043–6,815; p=0,040) (Tabela 3).

Tabela 3. Fatores associados à ocorrência de infecção de infecção do sítio cirúrgico em cirurgias da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho

Fatores associados à ocorrência de ISC	***Odds ratio***	**Valor-p**
Etapa 1 (modelo com todas as variáveis)		
Neoplasia	3,845 (0,418; 35,392)	0,234
Duração da cirurgia (horas)	1,266 (0,967; 1,659)	0,086
Anestesia geral	2,667 (0,524; 13,575)	0,237
Transfusão de hemoderivados	1,983 (0,725; 5,425)	0,183
Etapa 2 (excluindo anestesia geral)		
Neoplasia	4,851 (0,548; 42,906)	0,156
Duração da cirurgia (horas)	1,263 (0,962; 1,656)	0,092
Transfusão de hemoderivados	2,288 (0,860; 6,092)	0,097
Etapa 3 (excluindo neoplasia)		
Duração da cirurgia (horas)	1,259 (0,970; 1,633)	0,083
Transfusão de hemoderivados	2,447 (0,929; 6,445)	0,070
Etapa 4 (excluindo duração da cirurgia)		
Transfusão de hemoderivados	2,667 (1,043; 6,815)	0,040

ISC: infecção do sítio cirúrgico. Período de janeiro de 2006 a dezembro de 2022.

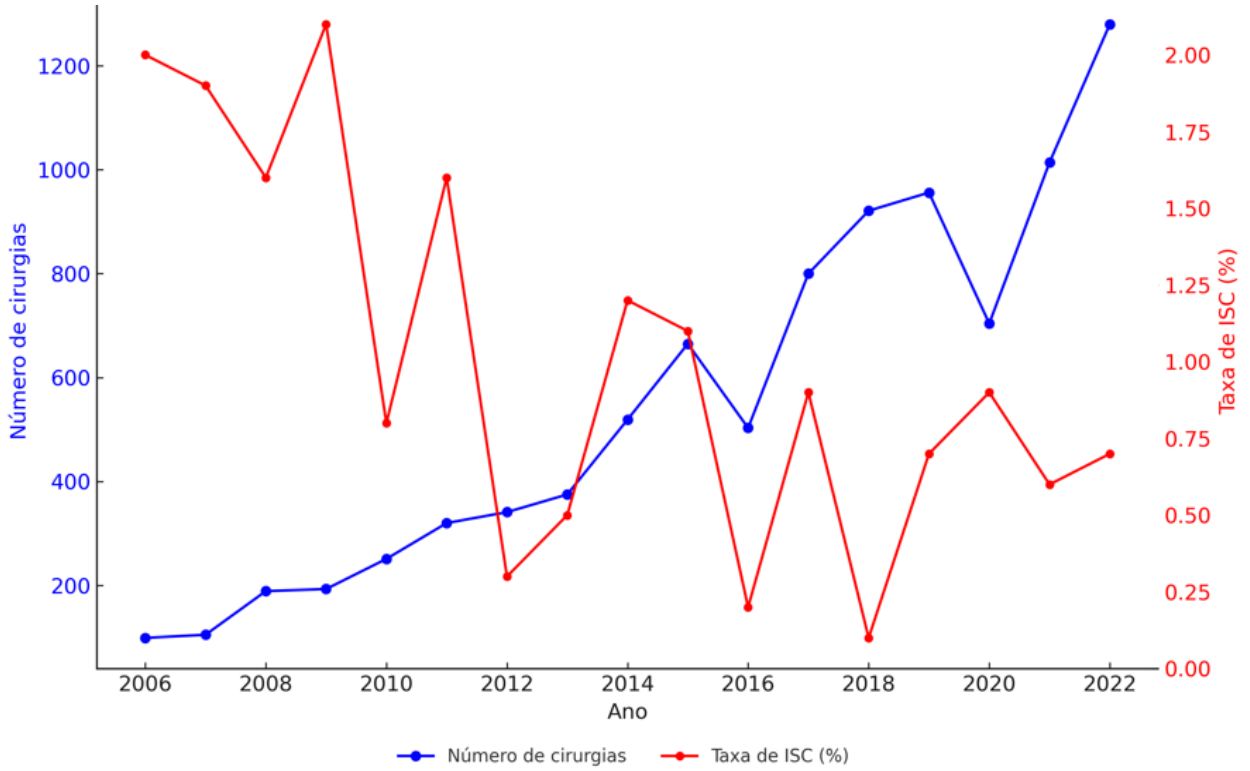
Embora a adesão ao *checklist* institucional não tenha se associado de forma estatisticamente significativa à redução do desfecho avaliado (OR = 0,821; IC 95%: 0,344–1,962; p=0,658), observou-se que, após a implementação do programa de segurança cirúrgica, o documento foi aplicado em 78,3% das cirurgias com registro disponível. Entre os pacientes analisados, as etapas *timeout* antes da indução anestésica, *timeout* antes da incisão cirúrgica e *checkout* ao término do procedimento foram devidamente registradas, contemplando 80% no Grupo Controle e 76,7% no grupo caso (Tabela 4).

Tabela 4. Dados perioperatórios dos pacientes submetidos à cirurgia da coluna (artrodese e descompressão), artroplastia total de quadril e joelho

Dados da cirurgia	Amostra total (n=142)	*Status* do paciente no estudo	
		Controle (n=71)	Caso (n=71)
Realizado *timeout* – antes da indução anestésica, n (%)			
Não	26 (21,7)	12 (20,0)	14 (23,3)
Sim	94 (78,3)	48 (80,0)	46 (76,7)
n	120	60	60
Realizado *timeout* – antes da incisão cirúrgica, n (%)			
Não	26 (21,7)	12 (20,0)	14 (23,3)
Sim	94 (78,3)	48 (80,0)	46 (76,7)
n			
Realizado *checkout* – sala cirúrgica, n (%)			
Não	26 (21,7)	12 (20,0)	14 (23,3)
Sim	94 (78,3)	48 (80,0)	46 (76,7)
n	120	60	60

Período de janeiro de 2006 a dezembro de 2022.

Ao longo dos 16 anos avaliados neste estudo, observou-se um crescimento expressivo no número de procedimentos cirúrgicos ortopédicos realizados na instituição, que passou de 99 em 2006 para 1.280 em 2022 (Figura 3). Paralelamente a esse crescimento, verificou-se uma redução significativa na taxa de ISC, que caiu de 2,0% no período anterior à implementação do programa de segurança cirúrgica (2006–2009) para 0,7% após sua adoção (2010–2022), diferença está estatisticamente significativa (p=0,017). O ano de 2018 apresentou o menor índice anual de ISC registrado ao longo da série histórica, com taxa de apenas 0,1% (Figura 3, tabela 5).



ISC: infecção do sítio cirúrgico. Observa-se aumento progressivo no número de cirurgias (linha azul) e tendência de redução nas taxas de ISC (linha vermelha), refletindo a possível efetividade de intervenções institucionais implementadas ao longo do período.

Figura 3. Número anual de cirurgias realizadas e respectivas taxas de infecção do sítio cirúrgico, entre 2006 e 2022

Tabela 5. Número de cirurgias e de infecções e taxas anuais de infecção do sítio cirúrgico no período de estudo

Ano	Número de cirurgias	Número de ISC em cirurgias	Taxa de ISC em cirurgias por 100 cirurgias
2006	99	2	0,020
2007	105	2	0,019
2008	189	3	0,016
2009	193	4	0,021
2010	251	2	0,008
2011	320	5	0,016
2012	341	1	0,003
2013	375	2	0,005
2014	519	6	0,012
2015	665	7	0,011
2016	503	1	0,002
2017	800	7	0,009
2018	921	1	0,001
2019	956	7	0,007
2020	704	6	0,009
2021	1014	6	0,006
2022	1280	9	0,007

Q1: primeiro quartil; Q3: terceiro quartil; n: número de pacientes. ISC: infecção do sítio cirúrgico.

No período pós-intervenção, observou-se aumento global no consumo de antimicrobianos utilizados para tratamento e para profilaxia cirúrgica em todo hospital. Entre os fármacos avaliados, a cefazolina apresentou incremento de +75 DDD/1.000 pacientes-dia (IC 95%: 46,25–104,49; p<0,001), seguida por cefuroxima (+10,59; IC 95%: 4,58–16,60; p=0,001) e vancomicina (+10,22; IC 95%: 2,54–17,91; p=0,009) (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação entre os períodos pré e durante intervenção em relação ao consumo de antimicrobianos

Consumo em DDD*/1000 pacientes-dia	Diferença média (IC 95%)	Valor-p
Cefazolina	75,371 (46,251; 104,491)	<0,001
Cefuroxima	10,593 (4,582; 16,604)	0,001
Vancomicina	10,224 (2,539; 17,909)	0,009

Alteração média estimada no período durante em relação ao pré-intervenção, IC 95%: intervalo de confiança de 95%; valor-p obtido por modelos de regressão de séries temporais com identificação ARIMA. *DDD: dose diária definida.

Na amostra de pacientes com ISC (n=71), foram realizadas culturas e/ou hemoculturas em 51 casos (71,8%). Entre essas, 45 (88,2%) apresentaram crescimento microbiológico (Tabela 7). Dentre os isolados positivos, 21 (46,7%) correspondiam a microrganismos potencialmente pertencentes ao Grupo ESKAPE, sendo *Staphylococcus aureus* o mais prevalente (22,2%), seguido por *Pseudomonas aeruginosa* (8,9%), *Klebsiella spp.* (6,7%), *Enterobacter spp.* (6,7%) e *Enterococcus faecium* (2,2%). Microrganismos não pertencentes ao Grupo ESKAPE foram identificados em 66,7% dos casos, com destaque para estafilococos coagulase-negativo (15,6%) e *Staphylococcus epidermidis* (11,1%). Ressalta-se que não foi possível identificar se os isolados foram submetidos a testes de sensibilidade confirmatórios para classificação definitiva como pertencentes ao Grupo ESKAPE.

Tabela 7. Características dos pacientes com infecções de sítio cirúrgico com resultado positivo nas culturas realizadas

	n (%)
Pacientes com microrganismos do Grupo ESKAPE identificado na cultura	
Não	24 (53,3)
Sim	21 (46,7)
Microrganismos do Grupo ESKAPE	
Enterococcus faecium	1 (2,2)
Staphylococcus aureus	10 (22,2)
Klebsiella spp	3 (6,7)
Pseudomonas aeruginosa	4 (8,9)
Enterobacter spp	3 (6,7)
Microrganismos de outro grupo	
Candida albicans	2 (4,4)
Enterobacter cloacae	1 (2,2)
Enterococcus faecalis	4 (8,9)
Escherichia coli	2 (4,4)
Estafilococos coagulase negativo	7 (15,6)
Finegoldia magna	2 (4,4)
Klebsiella oxytoca	1 (2,2)
Pseudomonas species	1 (2,2)
Serratia marcescens	3 (6,7)
Staphylococcus capitis	2 (4,4)
Staphylococcus epidermidis	5 (11,1)
Staphylococcus spp	1 (2,2)
Stenotrophomonas maltophilia	1 (2,2)
Streptococcus agalactia	1 (2,2)
Streptococcus oralis	1 (2,2)

n=45. Q1: primeiro quartil; Q3: terceiro quartil; n: número de pacientes.

Entre os 21 pacientes com microrganismos do Grupo ESKAPE, foram realizados testes de sensibilidade em 14 (66,7%), cujos resultados estão apresentados nas tabelas 8 e 9. Na análise global, todos os isolados foram sensíveis aos β-lactâmicos de amplo espectro (imipenem, meropenem, ertapenem), à vancomicina, à teicoplanina e à piperacilina-tazobactam. As taxas de resistência observadas foram de 14,3% para as quinolonas e de 7,1% para a amicacina e a gentamicina. Na análise estratificada por espécie, *Pseudomonas aeruginosa* apresentou resistência de 33,3% à amicacina e à gentamicina, enquanto *Staphylococcus aureus* apresentou resistência de 12,5% para ciprofloxacino, levofloxacino e moxifloxacino.

Tabela 8. Taxas de resistência dos microrganismos do Grupo ESKAPE aos antimicrobianos

Antimicrobianos	Resistente	
	Não	Sim
Amicacina	13 (92,9)	1 (7,1)
Amoxicilina	14 (100,0)	0 (0,0)
Amoxiclina + clavulanato	13 (92,9)	1 (7,1)
Ampicilina	12 (85,7)	2 (14,3)
Ampicilina + sulbactam	13 (92,9)	1 (7,1)
Azitromicina	14 (100,0)	0 (0,0)
Aztreonam	13 (92,9)	1 (7,1)
Cefalotina	14 (100,0)	0 (0,0)
Cefazolina	14 (100,0)	0 (0,0)
Cefepime	13 (92,9)	1 (7,1)
Cefotaxima	12 (85,7)	2 (14,3)
Ceftriaxona	12 (85,7)	2 (14,3)
Ciprofloxacino	12 (85,7)	2 (14,3)
Claritromicina	13 (92,9)	1 (7,1)
Clindamicina	13 (92,9)	1 (7,1)
Eritromicina	13 (92,9)	1 (7,1)
Ertapenem	14 (100,0)	0 (0,0)
Gentamicina	13 (92,9)	1 (7,1)
Imipenem	14 (100,0)	0 (0,0)
Levofloxacino	13 (92,9)	1 (7,1)
Meropenem	14 (100,0)	0 (0,0)
Moxifloxacino	13 (92,9)	1 (7,1)
Oxacilina	13 (92,9)	1 (7,1)
Penicilina	14 (100,0)	0 (0,0)
Piperacilina + tazobactam	14 (100,0)	0 (0,0)
Sulfametoxazol + trimetoprim	13 (92,9)	1 (7,1)
Teicoplanina	14 (100,0)	0 (0,0)
Vancomicina	14 (100,0)	0 (0,0)

n=14. Valores expressos em n (%).

Tabela 9. Resistência de cada microrganismo do Grupo ESKAPE aos antimicrobianos

Microrganismos resistentes	Antimicrobianos	Total n (%)
Staphylococcus aureus	Cefotaxima	1/8 (12,5)
	Ceftriaxona	1/8 (12,5)
	Ciprofloxacino	1/8 (12,5)
	Claritromicina	1/8 (12,5)
	Clindamicina	1/8 (12,5)
	Eritromicina	1/8 (12,5)
	Levofloxacino	1/8 (12,5)
	Moxifloxacino	1/8 (12,5)
	Oxacilina	1/8 (12,5)
	Sulfametoxazol + trimetoprim	1/8 (12,5)
Klebsiella pneumoniae	Todos	01/ (0,0)
Pseudomonas aeruginosa	Amicacina	1/3 (33,3)
	Ampicilina	1/3 (33,3)
	Aztreonam	1/3 (33,3)
	Cefepime	1/3 (33,3)
	Cefotaxima	1/3 (33,3)
	Ceftriaxona	1/3 (33,3)
	Ciprofloxacino	1/3 (33,3)
	Gentamicina	1/3 (33,3)
Enterobacter spp	Amoxiclina + clavulanato	1/2 (50,0)
	Ampicilina	1/2 (50,0)
	Ampicilina + sulbactam	1/2 (50,0)

5 DISCUSSÃO

A cirurgia segura é um elemento central para a melhoria dos desfechos assistenciais e redução de complicações pós-operatórias. O presente estudo analisou, ao longo de 16 anos, o impacto da implementação de um programa institucional de segurança cirúrgica sobre indicadores clínicos, microbiológicos e econômicos em procedimentos ortopédicos de alta complexidade. Os resultados demonstram que adesão satisfatória ao uso do *checklist,* mostrou redução sustentada nas taxas de ISC, embora persistam desafios relacionados ao uso racional de antimicrobianos, à resistência bacteriana e a fatores intraoperatórios de risco.

A maioria das cirurgias (84,5%) foi realizada no período pós-implementação do *checklist,* refletindo não apenas a consolidação progressiva das práticas de segurança cirúrgica, fenômeno já documentado em revisões sistemáticas, mas também o fato de que o intervalo analisado após a adoção do protocolo “Cirurgia Segura” foi mais extenso, resultando em maior número de pacientes incluídos nessa.

Observou-se predominância do sexo masculino (59,9%), dado consistente com estudos sobre artroplastias de quadril e joelho e cirurgias de coluna, nos quais homens apresentam ligeiro predomínio.[151,152] Embora o sexo não tenha se associado diretamente ao risco de ISC, revisões sistemáticas sugerem influência indireta por diferenças anatômicas, perfil de comorbidades e composição corporal.[33]

A mediana de idade foi de 64 anos, confirmando o perfil de pacientes submetidos a cirurgias ortopédicas complexas, frequentemente portadores de comorbidades e com menor reserva fisiológica. Revisões sistemáticas da literatura recentes apontam a idade avançada como marcador de vulnerabilidade para complicações, especialmente quando associada a tempo cirúrgico prolongado e implantes.[151,152]

Em termos antropométricos, identificou-se mediana do IMC de 27,7kg/m², com 81,0% da amostra classificados como sobrepeso ou obesidade. Essa prevalência elevada é consistente com achados de estudos internacionais em cirurgia ortopédica eletiva.[151,152] Entre os casos com ISC, 40,8% eram obesos, sugerindo tendência de risco não significativa, possivelmente pelo tamanho amostral. Revisões sistemáticas confirmam que obesidade (IMC ≥30kg/m²) aumenta o risco de ISC em 1,5 a 2,5 vezes, principalmente em cirurgias com implantes, devido a alterações

microcirculatórias, tensão tecidual e inflamação exacerbada.[89] No entanto, o impacto isolado pode ser atenuado quando há controle adequado de outros fatores, como antibioticoprofilaxia e técnica cirúrgica.

A associação entre transfusão de hemoderivados e aumento do risco de ISC identificada neste estudo (OR=2,67; IC 95%: 1,04–6,81; p=0,040) é um achado de relevância clínica significativa. Esse resultado é consistente com revisões sistemáticas recentes, que demonstram que transfusões perioperatórias aumentam substancialmente a incidência de ISC.[153] O mecanismo envolve a imunomodulação induzida pela transfusão que afeta a imunidade celular, reduz a função fagocitária e altera o equilíbrio inflamatório, promovendo suscetibilidade à colonização bacteriana.[154,155] Além disso, a sobrecarga volêmica e a hemodiluição prejudicam a perfusão tecidual e a oxigenação dos sítios cirúrgicos, retardando a cicatrização e criando condições favoráveis à formação de biofilme, especialmente em cirurgias com implantes.[153]

Cabe destacar que as indicações de transfusão em cirurgias ortopédicas eletivas muitas vezes se relacionam a quedas de hemoglobina perioperatória ou instabilidade hemodinâmica. Entretanto, parte dessas transfusões poderiam ser evitadas mediante adoção de estratégias de manejo restritivo, como individualização de gatilhos transfusionais, uso de técnicas de conservação sanguínea (hemodiluição normovolêmica aguda, recuperação intraoperatória), reposição com soluções cristaloides ou coloides quando adequado, e otimização pré-operatória de ferro e eritropoetina em pacientes anêmicos.[156,157] A transfusão sanguínea é atualmente direcionada por hemocomponentes específicos, de acordo com a necessidade clínica. O concentrado de hemácias é indicado para restaurar a capacidade de transporte de oxigênio.[156] A transfusão de plaquetas é utilizada em trombocitopenias ou disfunção plaquetária com risco de sangramento,[158] enquanto o plasma fresco congelado corrige coagulopatias.[159] Em contextos como trauma grave e hemorragias maciças, a transfusão de sangue total tem sido reavaliada como alternativa potencialmente superior para restauração rápida da volemia e hemostasia.[160] Além dos métodos convencionais, a autotransfusão ou re-infusão de sangue do próprio paciente, surge como alternativa viável para reduzir a dependência de sangue alogênico. Técnicas como doação autóloga pré-operatória, hemodiluição normovolêmica aguda e recuperação intraoperatória de sangue circulante demonstraram redução significativa no uso de transfusões alogênicas em cirurgias eletivas.[161] Assim, a redução do uso desnecessário de hemocomponentes

não apenas preserva recursos, mas também representa uma oportunidade concreta de prevenção de ISC em procedimentos ortopédicos de grande porte. A integração de protocolos transfusionais mais conservadores e baseados em evidências à prática clínica pode contribuir diretamente para a diminuição desse risco.

O tempo cirúrgico apresentou associação limítrofe neste estudo (OR=1,27; IC 95%: 1,00–1,61; p=0,050), sugerindo que cada hora adicional aumenta em aproximadamente 27% a probabilidade de ocorrência de ISC. Esse achado está de acordo com revisões sistemáticas recentes, que confirmam o tempo operatório como um dos fatores de risco mais robustos para complicações infecciosas em procedimentos ortopédicos de alta complexidade.[33,107] A explicação fisiopatológica envolve múltiplos mecanismos: quanto maior o tempo de exposição dos tecidos ao ambiente cirúrgico, maior a possibilidade de contaminação microbiana, mesmo em centros cirúrgicos com fluxo laminar e protocolos de assepsia rigorosos. Além disso, cirurgias prolongadas aumentam a probabilidade de hipotermia intraoperatória, fenômeno que compromete a perfusão periférica e a função leucocitária, reduzindo a capacidade de resposta imune e favorecendo a colonização bacteriana.[162] Outro fator é o aumento do tempo de anestesia, associado à instabilidade hemodinâmica e ao estresse metabólico, que podem retardar a cicatrização tecidual.

Estudos recentes indicam que o impacto do tempo cirúrgico é exponencial: procedimentos com duração superior a quatro horas podem duplicar a probabilidade de ISC, enquanto cirurgias que excedem seis horas chegam a triplicar esse risco, independentemente da profilaxia antimicrobiana adequada.[163] Em artroplastias e artrodeses, a presença de implantes metálicos amplifica esse efeito, pois superfícies protéticas são suscetíveis à formação precoce de biofilmes bacterianos, estruturas que conferem elevada resistência a antimicrobianos e ao sistema imunológico.[164] Essa associação reforça a importância de estratégias voltadas à redução do tempo operatório sem comprometer a qualidade técnica, como planejamento cirúrgico minucioso, equipes experientes e abordagem multidisciplinar para otimização pré-operatória do paciente. Evidências recentes também recomendam a padronização de protocolos cirúrgicos, que podem reduzir em até 20% a duração média dos procedimentos complexos sem aumento de complicações.[165] Além disso, práticas como a manutenção ativa da normotermia e o uso de dispositivos de aquecimento intraoperatório são fortemente apoiadas por revisões sistemáticas, dado seu papel na redução do risco infeccioso.[162]

Variáveis como a classificação ASA elevada e o uso de anestesia geral apresentaram *odds ratio* elevados neste estudo, embora sem significância estatística, achado que pode ser atribuído ao tamanho amostral e à baixa frequência relativa desses fatores no conjunto analisado. Revisões sistemáticas recentes, entretanto, corroboram a relevância desses elementos como marcadores indiretos de complexidade clínica, sendo ambos amplamente descritos como preditores independentes para desfechos adversos, incluindo ISC.[89,162] A classificação ASA reflete o *status* clínico global do paciente e sua reserva fisiológica; pacientes classificados como ASA III ou superior apresentam maior risco de complicações, pois frequentemente acumulam múltiplas comorbidades, disfunções orgânicas e menor capacidade de resposta inflamatória frente ao trauma cirúrgico. De modo semelhante, a anestesia geral está associada a maior duração do procedimento, imobilização prolongada e a uma maior necessidade de monitoramento hemodinâmico e ventilatório, fatores que, quando combinados, contribuem para instabilidade metabólica e para o aumento da vulnerabilidade infecciosa.

Do ponto de vista fisiopatológico, essas variáveis não atuam de forma isolada, mas como indicadores de um contexto cirúrgico mais desafiador, no qual coexistem maior manipulação tecidual, perdas sanguíneas significativas e necessidade de suporte invasivo. Em estudos multicêntricos recentes, pacientes ASA III ou IV submetidos à anestesia geral em cirurgias ortopédicas complexas apresentaram risco até 2,5 vezes maior de ISC, mesmo após ajustes para fatores de confusão como tempo cirúrgico e transfusões.[107] Embora o presente estudo não tenha apresentado significância estatística, essa associação tende a emergir em análises com maior poder amostral, conforme descrito por meta-análises.[163] Estratégias de mitigação incluem a otimização pré-operatória das condições clínicas, controle rigoroso de fatores metabólicos (ex.: glicemia, temperatura) e a adoção de protocolos de anestesia balanceada com menor impacto hemodinâmico, sempre que viável.

As variáveis relacionadas ao uso de antibióticos, incluindo momento da administração, escolha do antimicrobiano e duração do regime, não apresentaram associação significativa com a ocorrência de ISC neste estudo, resultado que provavelmente reflete a alta uniformidade do protocolo institucional, implementado de forma consistente ao longo do período analisado. A ausência de variabilidade reduz a capacidade de detecção de efeito estatístico, mas não diminui a relevância clínica dessa prática. Revisões sistemáticas recentes e diretrizes internacionais continuam a apontar

a profilaxia antimicrobiana adequada como uma das medidas mais efetivas e custo-efetivas na prevenção de ISC, sendo falhas nesse processo responsáveis por até 30% das infecções evitáveis.[145,162]

Meta-análises confirmam que a administração do antimicrobiano na janela ideal de até 60 minutos antes da incisão, com ajuste para casos que exigem antibióticos de meia-vida mais curta, reduz significativamente o risco de infecção, enquanto atrasos ou administração após a indução anestésica aumentam a probabilidade de contaminação intraoperatória.[22,166] Além do momento certo, a escolha do agente é determinante: cefalosporinas de primeira geração permanecem a base do regime profilático para cirurgias ortopédicas eletivas, com vancomicina reservada a pacientes de risco comprovado para MRSA, evitando o uso indiscriminado que favorece pressão seletiva e resistência antimicrobiana.[145,163] A duração da profilaxia também é um ponto crítico: revisões recentes reforçam que estender o uso de antibióticos além de 24 horas não reduz ISC e, ao contrário, aumenta risco de eventos adversos e seleção de cepas multirresistentes.[162] O fato de esses parâmetros estarem fortemente padronizados no presente estudo pode ter contribuído para as baixas taxas de ISC observadas no período pós-implementação, reforçando a importância da adesão rigorosa a protocolos baseados em evidências e da integração com programas de *stewardship* antimicrobiano.

A alta taxa de preenchimento do *checklist* observada neste estudo, com adesão de 78,3%, reforça a ideia de que a execução sistemática dos componentes centrais da ferramenta é suficiente para gerar impacto clínico positivo. No presente estudo, essa hipótese encontra respaldo nos resultados, sugere um efeito indireto significativo, provavelmente mediado por melhorias processuais decorrentes da prática sistemática dessas etapas-chave. Revisão multicêntrica recente aponta que a efetividade do *checklist* não reside no cumprimento mecânico de todos os itens, mas na consolidação de comportamentos de verificação e comunicação interprofissional.[167]

A interpretação desses achados é consistente com estudos que avaliam a maturidade da cultura de segurança como determinante crítico para a efetividade do *checklist*. Em hospitais onde a implementação é acompanhada por programas educacionais e *feedback* contínuo, observa-se redução sustentada de complicações cirúrgicas, assim como ocorreu no nosso estudo.[21,165] Essa constatação reforça que o *checklist* não deve ser tratado como ferramenta binária, cumprido ou não, mas como intervenção incremental cujo benefício depende da qualidade da execução e

da incorporação de seus princípios no cotidiano das equipes. Revisões sistemáticas destacam estratégias como simulações periódicas, auditorias formativas e envolvimento da liderança clínica como elementos essenciais para superar resistências e maximizar a efetividade.[168]

Outro ponto relevante é a interação entre a implementação do *checklist* e a utilização de antimicrobianos. Após a implementação do programa, observou-se aumento no consumo de cefazolina, cefuroxima e vancomicina utilizados para tratamento e para profilaxia cirúrgica em todo hospital, o que pode indicar maior conformidade com as recomendações do protocolo profilático. No entanto, o incremento no uso de vancomicina merece atenção, pois, embora diretrizes recomendem sua restrição a casos com risco comprovado para MRSA, sua utilização também é frequentemente justificada como alternativa para pacientes com alergia documentada a beta-lactâmicos, conforme preconizado por protocolos institucionais.[145,166] Ainda assim, o uso indiscriminado ou sem confirmação rigorosa do histórico alérgico pode induzir pressão seletiva e contribuir para resistência antimicrobiana, especialmente em microrganismos do Grupo ESKAPE.

O predomínio de *Staphylococcus aureus* e a elevada frequência de patógenos do Grupo ESKAPE (46,7%) estão em consonância com o padrão descrito em revisões sistemáticas para cirurgias ortopédicas com implantes.[163,169] No presente estudo, diferentemente de diversos relatos internacionais que descrevem resistência crescente ou até universal a carbapenêmicos, glicopeptídeos e piperacilina-tazobactam, todos os isolados apresentaram sensibilidade a esses fármacos. Esse achado sugere que, no contexto avaliado, esses antibióticos permanecem como opções terapêuticas eficazes frente aos principais patógenos multirresistentes.

As taxas de resistência mais elevadas foram observadas para quinolonas (14,3% no conjunto global) e aminoglicosídeos (7,1% para amicacina e gentamicina), com variações relevantes entre as espécies, como a resistência de 33,3% da *Pseudomonas aeruginosa* a ambos os aminoglicosídeos. Embora inferiores às registradas em levantamentos globais, essas taxas indicam circulação de fenótipos não sensíveis e reforçam a necessidade de vigilância microbiológica contínua, monitoramento local do perfil de sensibilidade e adoção de estratégias de uso racional de antimicrobianos.[170]

5.1 Limitações do estudo

Trata-se de um estudo observacional retrospectivo, cuja qualidade dos dados depende diretamente da completude e fidelidade dos registros eletrônicos. Informações ausentes, subnotificadas ou inconsistentes podem ter influenciado a acurácia de algumas variáveis, especialmente no que tange ao preenchimento do *checklist* cirúrgico e à documentação de comorbidades clínicas. O tamanho amostral incluiu 142 pacientes, dos quais apenas 22 (15,5%) foram operados no período pré-implementação do *checklist*, o que limita o poder estatístico para detecção de diferenças sutis entre os períodos e reduz a generalização de achados estratificados. Diversas variáveis com tendência de associação (como tempo cirúrgico, ASA III e anestesia geral) não atingiram significância estatística, possivelmente em função dessa limitação amostral. Embora o preenchimento das etapas do *checklist* tenha sido analisado, não foi possível aferir a qualidade da execução nem o impacto de cada etapa isoladamente, uma vez que a análise se restringiu à verificação documental. Além disso, não foi possível confirmar se todos os isolados microbiológicos foram submetidos a testes de sensibilidade antimicrobiana, restringindo a caracterização precisa do perfil de resistência e impedindo a classificação definitiva dos microrganismos em relação ao Grupo ESKAPE, cuja atribuição baseou-se apenas na identificação microbiológica sem validação confirmatória. Outro aspecto a ser considerado é que o estudo foi conduzido em hospital privado, de alta complexidade e com cultura consolidada em segurança do paciente, contexto que pode limitar a generalização dos achados para instituições com diferentes estruturas, recursos e maturidade assistencial, especialmente no setor público. O consumo de antimicrobianos foi avaliado por dados institucionais agregados (DDD/1.000 pacientes-dia), não restritos à população ortopédica ou ao período periprocedimento, o que pode ter introduzido viés de diluição, dificultando a associação direta entre a implementação do *checklist* e a efetividade do uso racional de antimicrobianos. A inclusão exclusiva de pacientes submetidos a cirurgias ortopédicas primárias com internação superior a 48 horas e a análise restrita às infecções documentadas em prontuário podem ter direcionado a amostra para casos mais graves, subestimando a real prevalência de ISC ao não contemplar episódios leves ou subclínicos. Além disso, a ausência de acompanhamento sistemático após a alta hospitalar impossibilitou a detecção de infecções diagnosticadas e tratadas em âmbito

ambulatorial, reforçando a possibilidade de subnotificação. Apesar do longo período de acompanhamento pós-implementação (2010–2022), não houve estratificação dos efeitos do *checklist* ao longo do tempo, tampouco análise do impacto de fases de treinamento, reavaliações ou ajustes de protocolo, o que impede avaliar possíveis efeitos de diluição ou ganhos incrementais conforme a maturidade da equipe aumentava. Além disso, o estudo restringiu-se ao desfecho primário de ocorrência de ISC, sem avaliar desfechos clínicos subsequentes, como tempo de recuperação funcional, retorno à mobilidade, reinternações em outros hospitais, reoperações tardias ou impacto na qualidade de vida, limitando a compreensão do real efeito da ISC na trajetória do paciente. Variáveis de contexto socioeconômico e funcional, como escolaridade, adesão ao autocuidado, mobilidade pré-operatória e suporte social pós-alta, também não foram incluídas.

Por fim, não foram avaliadas variáveis operacionais essenciais na prevenção de ISC como banho pré-operatório com clorexidina, descolonização para MRSA, ventilação adequada da sala cirúrgica, controle do fluxo de pessoas e manutenção da normotermia o que pode ter limitado a interpretação dos resultados. Além disso, o longo período do estudo pode ter introduzido vieses históricos relacionados à evolução das práticas assistenciais, técnicas cirúrgicas e tecnologias, fatores não mensurados, mas potencialmente influentes nas melhorias observadas.

6 CONCLUSÕES

1. A implementação do programa institucional de segurança cirúrgica, iniciada em 2010, associou-se a uma redução significativa e sustentada das taxas de infecção do sítio cirúrgico em procedimentos ortopédicos de alta complexidade. A adesão elevada às etapas críticas do *checklist, timeout* antes da indução anestésica, verificação pré-incisão e *checkout* ao término da cirurgia mostrou-se suficiente para promover benefícios clínicos relevantes, mesmo sem o preenchimento completo da ferramenta em todos os casos;

2. Fatores como transfusão de hemoderivados e tempo cirúrgico prolongado permaneceram como importantes preditores de risco para infecção do sítio cirúrgico, reforçando a necessidade de estratégias específicas para sua mitigação. O perfil microbiológico evidenciou predominância de microrganismos do Grupo ESKAPE, com destaque para *Staphylococcus aureus*, mas manteve sensibilidade preservada a carbapenêmicos, glicopeptídeos e piperacilina-tazobactam, o que aponta para um cenário ainda favorável ao tratamento, embora exija vigilância contínua frente ao risco de resistência;

3. Recomenda-se manter e fortalecer a aplicação estruturada das etapas essenciais do *checklist,* integrando-a a ações educativas, vigilância microbiológica ativa e programas de *stewardship* antimicrobiano, como estratégia prioritária para qualificar a assistência, prevenir complicações e otimizar recursos em cirurgias ortopédicas de alta complexidade.

7 ANEXOS

Anexo 1. Tempos médios de procedimentos ortopédicos e percentil 75% (P75)

Procedimento ortopédico	Tempo médio (min)	Percentil 75% (P75) (min)
Artroplastia total de quadril	90–120	120–135
Artroplastia total de joelho	90–120	120–135
Artrodese da coluna (coluna lombar)	120–180	180–210
Descompressão da coluna	90–120	120–150

O percentil 75% (P75) indica que 75% das cirurgias são mais curtas que este tempo, sendo utilizado para análise de risco de infecção do sítio cirúrgico (ISC).
Fonte: Centers for Disease Control and Prevention. National Healthcare Safety Network. National Healthcare Safety Network (NHSN) patient safety component manual. Surgical site infection event (SSI); p. 9-1. Available from: https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/pcsmanual_current.pdf[32]

Anexo 2. Pontuação para cálculo do índice de risco para infecção

Fatores de risco	Categorias de risco	Escore
ASA *Score*	1 ou 2	0
	3, 4 ou 5	1
Classificação da cirurgia pelo potencial de contaminação	Limpa ou potencialmente contaminada	0
	Contaminada ou infectada	1
Duração do procedimento (>T hora)	≤ percentil 75 do procedimento	0
	≥ percentil 75 do procedimento	1

ASA: *American Society of Anesthesiologists.*
Fonte: Dewitt M, Reinke C, Inman M, Bischoff W, Kester S, Neelakanta A, et al. Exploring social vulnerability in National Health Safety Network surgical site infections. Infect Control Hosp Epidemiol. 2025;46(6):1-8.[171]

Anexo 3. Classificação das cirurgias quanto ao potencial de contaminação do sítio cirúrgico

Classificação	Procedimentos cirúrgicos
Limpa	Ferida cirúrgica não infectada e com ausência de inflamação e não afeta o trato respiratório, digestivo, genital ou urinário. Estas feridas são fechadas primariamente e, se necessário, drenadas com sistema fechado.
Potencialmente contaminada	Ferida cirúrgica que afeta o trato respiratório, digestivo, genital ou urinário sob condições controladas e sem contaminação usual. Especificamente, operações envolvendo o trato biliar, apêndice, vagina e orofaringe são incluídas nessa categoria, se nenhuma evidência de infecção ou falha na técnica acontecer.
Contaminada	Feridas acidentais, abertas e recentes. Além do mais, operações com falhas principais em técnica estéril (ex.: massagem cardíaca aberta) ou extravasamento grave do trato gastrintestinal e incisões nas quais inflamação não purulenta e aguda é encontrada.
Infectada	Feridas traumáticas antigas, com tecido desvitalizado retido e aquelas que envolvem infecção prévia ou perfuração de víscera. Esta definição sugere que os organismos que causam infecção pós-operatória estão presentes no campo operatório antes da cirurgia

Fonte: Calderwood MS, Anderson DJ, Bratzler DW, Dellinger EP, Garcia-Houchins S, Maragakis LL, et al. Strategies to prevent surgical site infections in acute-care hospitals: 2022 update. Infect Control Hosp Epidemiol. 2023;44(5):695–720.[89]

Anexo 4. Classificação do índice de risco anestésico – ASA

Categoria	Descrição
ASA I	Saudável
ASA II	Doença sistêmica leve
ASA III	Doença sistêmica grave, não incapacitante
ASA IV	Doença sistêmica grave com ameaça constante à vida
ASA V	Moribundo, que não é esperado sobreviver sem a cirurgia

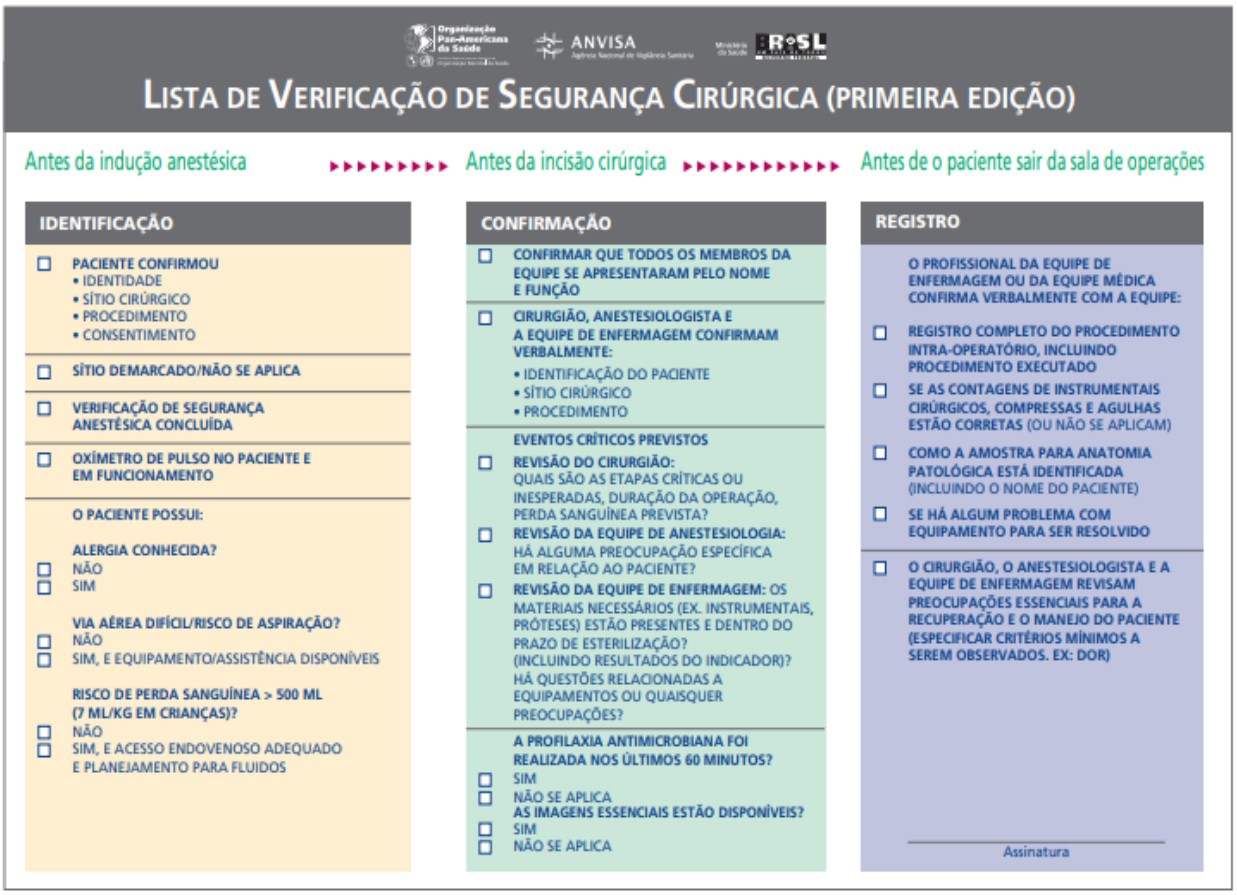
ASA: *American Society of Anesthesiologists.*
Fonte: Centers for Disease Control and Prevention. National Healthcare Safety Network. National Healthcare Safety Network (NHSN) patient safety component manual. Surgical site infection event (SSI); p. 9-1. Available from: https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/pcsmanual_current.pdf[32]

Anexo 5. Critérios diagnósticos de infecções ortopédicas

Tipo de infecção	Critérios diagnósticos
Osteomielite	Deve satisfazer pelo menos um dos seguintes critérios: 1. Identificação microbiana em osso por cultura ou método molecular (PCR). 2. Evidência de osteomielite à macroscopia ou histopatologia. 3. Pelo menos dois sinais/sintomas (febre ≥38ºC, tumefação, dor ou sensibilidade, calor local, drenagem do sítio suspeito) **E** pelo menos um resultado adicional: a) Micro-organismos identificados no sangue por cultura ou PCR + imagem sugestiva. b) Imagem sugestiva de infecção (Rx, TC, RM ou cintilografia).
Infecção do disco intervertebral	Pelo menos um dos seguintes: 1. Identificação de agente no disco por cultura ou PCR. 2. Evidência macroscópica ou histológica. 3. Pelo menos um sinal/sintoma (febre ≥38ºC ou dor local) **E** pelo menos um resultado adicional: a) Micro-organismo no sangue + imagem sugestiva. b) Imagem sugestiva (Rx, TC, RM ou cintilografia).
Pioartrite/bursite	Pelo menos um dos seguintes: 1. Cultura ou PCR positiva no líquido articular ou biópsia. 2. Evidência macroscópica ou histológica. 3. Pelo menos dois sinais/sintomas (dor, tumefação, calor, derrame, limitação de movimento) **E** pelo menos um resultado adicional:·leucócitos no líquido >25.000/mm³*. ·Microrganismos e leucócitos na coloração de Gram.·Cultura/PCR positiva no sangue.·Imagem sugestiva de infecção.
Infecção articular periprotética (IAP)	Infecção até 90 dias após implante + pelo menos um dos seguintes:·duas amostras positivas de tecido, líquido periprotético ou sonicação para o mesmo microrganismo. Cultura única de microrganismo virulento (ex. *S. aureus*).·Fístula comunicante com a articulação. Ou TRÊS critérios menores:·PCR e VHS elevados.·Leucócitos no líquido sinovial elevados (>10.000 ou >50.000).·PMNs elevados (>80% ou >90%).·Histologia (>5 neutrófilos/400x).·Micro-organismo identificado em única amostra ou PCR.

Fonte: McNally M, Sousa R, Wouthuyzen-Bakker M, Chen AF, Soriano A, Vogely HC, et al. The EBJIS definition of periprosthetic joint infection. Bone Joint J. 2021;103-B(1):18-25.[172]

Anexo 6. Lista de verificação de cirurgia segura



LISTA DE VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA CIRÚRGICA (PRIMEIRA EDIÇÃO)

Antes da indução anestésica ▸▸▸▸▸▸▸▸▸ Antes da incisão cirúrgica ▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸▸ Antes de o paciente sair da sala de operações

IDENTIFICAÇÃO

☐ PACIENTE CONFIRMOU
- IDENTIDADE
- SÍTIO CIRÚRGICO
- PROCEDIMENTO
- CONSENTIMENTO

☐ SÍTIO DEMARCADO/NÃO SE APLICA

☐ VERIFICAÇÃO DE SEGURANÇA ANESTÉSICA CONCLUÍDA

☐ OXÍMETRO DE PULSO NO PACIENTE E EM FUNCIONAMENTO

O PACIENTE POSSUI:

ALERGIA CONHECIDA?
☐ NÃO
☐ SIM

VIA AÉREA DIFÍCIL/RISCO DE ASPIRAÇÃO?
☐ NÃO
☐ SIM, E EQUIPAMENTO/ASSISTÊNCIA DISPONÍVEIS

RISCO DE PERDA SANGUÍNEA > 500 ML (7 ML/KG EM CRIANÇAS)?
☐ NÃO
☐ SIM, E ACESSO ENDOVENOSO ADEQUADO E PLANEJAMENTO PARA FLUIDOS

CONFIRMAÇÃO

☐ CONFIRMAR QUE TODOS OS MEMBROS DA EQUIPE SE APRESENTARAM PELO NOME E FUNÇÃO

☐ CIRURGIÃO, ANESTESIOLOGISTA E A EQUIPE DE ENFERMAGEM CONFIRMAM VERBALMENTE:
- IDENTIFICAÇÃO DO PACIENTE
- SÍTIO CIRÚRGICO
- PROCEDIMENTO

EVENTOS CRÍTICOS PREVISTOS

☐ REVISÃO DO CIRURGIÃO: QUAIS SÃO AS ETAPAS CRÍTICAS OU INESPERADAS, DURAÇÃO DA OPERAÇÃO, PERDA SANGUÍNEA PREVISTA?

☐ REVISÃO DA EQUIPE DE ANESTESIOLOGIA: HÁ ALGUMA PREOCUPAÇÃO ESPECÍFICA EM RELAÇÃO AO PACIENTE?

☐ REVISÃO DA EQUIPE DE ENFERMAGEM: OS MATERIAIS NECESSÁRIOS (EX. INSTRUMENTAIS, PRÓTESES) ESTÃO PRESENTES E DENTRO DO PRAZO DE ESTERILIZAÇÃO? (INCLUINDO RESULTADOS DO INDICADOR)? HÁ QUESTÕES RELACIONADAS A EQUIPAMENTOS OU QUAISQUER PREOCUPAÇÕES?

A PROFILAXIA ANTIMICROBIANA FOI REALIZADA NOS ÚLTIMOS 60 MINUTOS?
☐ SIM
☐ NÃO SE APLICA

AS IMAGENS ESSENCIAIS ESTÃO DISPONÍVEIS?
☐ SIM
☐ NÃO SE APLICA

REGISTRO

O PROFISSIONAL DA EQUIPE DE ENFERMAGEM OU DA EQUIPE MÉDICA CONFIRMA VERBALMENTE COM A EQUIPE:

☐ REGISTRO COMPLETO DO PROCEDIMENTO INTRA-OPERATÓRIO, INCLUINDO PROCEDIMENTO EXECUTADO

☐ SE AS CONTAGENS DE INSTRUMENTAIS CIRÚRGICOS, COMPRESSAS E AGULHAS ESTÃO CORRETAS (OU NÃO SE APLICAM)

☐ COMO A AMOSTRA PARA ANATOMIA PATOLÓGICA ESTÁ IDENTIFICADA (INCLUINDO O NOME DO PACIENTE)

☐ SE HÁ ALGUM PROBLEMA COM EQUIPAMENTO PARA SER RESOLVIDO

☐ O CIRURGIÃO, O ANESTESIOLOGISTA E A EQUIPE DE ENFERMAGEM REVISAM PREOCUPAÇÕES ESSENCIAIS PARA A RECUPERAÇÃO E O MANEJO DO PACIENTE (ESPECIFICAR CRITÉRIOS MÍNIMOS A SEREM OBSERVADOS. EX: DOR)

Assinatura

ESTA LISTA DE VERIFICAÇÃO NÃO TEM A INTENÇÃO DE SER ABRANGENTE. ACRÉSCIMOS E MODIFICAÇÕES PARA ADAPTAÇÃO À PRÁTICA LOCAL SÃO RECOMENDADOS.

Fonte: World Heath Organization (WHO). WHO guidelines for safe surgery: safe surgery saves lives. Geneva: World Heath Organization (WHO); 2009.[173]

Anexo 7. Antibioticoprofilaxia cirúrgica – ortopedia – Serviço de Controle Infecção Hospitalar - Hospital Israelita Albert Einstein

Pontos de atenção: i. finalizar a infusão total do antibiótico entre 60 e 5 minutos antes da incisão e da insuflação do garrote pneumático; e ii. colonização prévia por MRSA: associar vancomicina 15-20mg/kg EV (máx. 2g), termin6ar a infusão até 5 min antes da incisão.

Procedimento	Antibiótico (indução)	Intervalo/repique	Duração	Alergia β-lactâmicos/ pós-operatório
Cirurgias limpas (mão/joelho/pé sem implante)	Não indicado	-	-	-
Infiltração coluna, radiculotomia, microneurólise, rizotomia percutânea	Não indicado (exceto cefazolina 2g EV indução em casos específicos)	-	-	-
Artroscopia	Cefazolina 2g EV OU cefuroxima 1,5g EV	Não indicado	Não indicado	Clindamicina 900mg EV intraop
Laminectomia / coluna sem implantes (inclusive endoscópicas)	Cefazolina 2g EV OU cefuroxima 1,5g EV	Cefazolina 2g EV 4/4h OU cefuroxima 1,5g EV 4/4h	Até 24h	Vancomicina 15–20mg/kg (máx. 2g) EV q12h
Coluna com fatores de risco OU artrodese com implantes	Cefuroxima 1,5g EV	1,5g EV 4/4h	24h	Vancomicina 15–20mg/kg (máx. 2g) EV q12h
Procedimentos complexos (artrodese 360º, escoliose neuromuscular, revisão sem infecção)	Cefuroxima 1,5g EV + ciprofloxacino 400mg EV	Cefuroxima 4/4h + ciprofloxacino 12/12h	48h	Vancomicina + ciprofloxacino
Artroplastias (quadril, joelho, ombro, epifisiólise, próteses, pinos)	Cefazolina 2g EV OU cefuroxima 1,5g EV	Cefazolina 2g EV 4/4h OU cefuroxima 1,5g EV 4/4h	24h	Vancomicina OU clindamicina + ciprofloxacino
Revisão de artroplastia (coletar culturas intraop)	Cefuroxima 1,5g EV	1,5g EV 4/4h	Adequar conforme cultura	Vancomicina OU clindamicina + ciprofloxacino
Esmagamento ponta de dedo com fratura exposta	Cefazolina 2g EV	2g EV 4/4h	Não indicado	Clindamicina 900mg EV intraop + q8h no POi
Fratura exposta tipo 1 e 2	Cefazolina 2g EV	2g EV 4/4h	24h	Clindamicina 900mg EV intraop + q8h no POi
Fratura exposta tipo 3	Clindamicina 900mg EV + gentamicina 240mg EV	Clindamicina 6/6h + gentamicina 3–5 mg/kg q24h	24–72h	–
Osteossíntese fratura fechada / remoção material síntese	Cefazolina 2g EV OU cefuroxima 1,5g EV	Cefazolina 2g EV 4/4h OU cefuroxima 1,5g EV 4/4h	24h	Clindamicina 900mg EV intraop + q8h no POi

* Peso > 120kg: usar cefazolina 3g (indução e repique). * Vancomicina: 1g até 80kg; 1,5g entre 80–120kg; 2g acima de 120kg. * ALIF = Anterior *lumbar interbody fusion*.
* Esquema empírico sugerido: ceftazidima 2g EV q8h + vancomicina 15–20mg/kg EV q12h. POi = pós-operatório imediato. Última alteração: 06/02/2025.
Fonte: Hospital Israelita Albert Einstein. Manual farmacêutico [protocolo institucional] São Paulo: Hospital Israelita Albert Einstein; 2016.[174]

8 REFERÊNCIAS

1. Sauro KM, Machan M, Whalen-Browne L, Owen V, Wu G, Stelfox HT. Evolving factors in hospital safety: a systematic review and meta-analysis of hospital adverse events. J Patient Saf. 2021;17(8):e1285–95.

2. Magill SS, O'Leary E, Ray SM, Kainer MA, Evans C, Bamberg WM, et al.; Emerging Infections Program Hospital Prevalence Survey Team. Antimicrobial use in us hospitals: comparison of results from emerging infections program prevalence surveys, 2015 and 2011 [I]. Clin Infect Dis. 2021;72(10):1784–92.

3. Umscheid CA, Mitchell MD, Doshi JA, Agarwal R, Williams K, Brennan PJ. Estimating the proportion of healthcare-associated infections that are reasonably preventable and the related mortality and costs. Infect Control Hosp Epidemiol. 2011;32(2):101–14.

4. Thandar MM, Rahman MO, Haruyama R, Matsuoka S, Okawa S, Moriyama J, et al. Effectiveness of infection control teams in reducing healthcare-associated infections: a systematic review and meta-analysis. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(24):17075.

5. Haque M, Sartelli M, McKimm J, Abu Bakar M. Health care-associated infections - an overview. Infect Drug Resist. 2018;11:2321–33.

6. Arns B, Agani CA, Sesin GP, Horvath JD, Fogazzi DV, Romeiro Silva FK, et al. Evaluation of the characteristics of infection prevention and control programs and infection control committees in Brazilian hospitals: a countrywide cross-sectional study. Antimicrob Steward Healthc Epidemiol. 2023;3(1):e79.

7. Kumah A. Poor quality care in healthcare settings: an overlooked epidemic. Front Public Health. 2025;13:1504172.

8. Moradi S, Najafpour Z, Cheraghian B, Keliddar I, Mombeyni R. The extra length of stay, costs, and mortality associated with healthcare-associated infections: a case-control study. Health Sci Rep. 2024;7(11):e70168.

9. Magill SS, Hellinger W, Cohen J, Kay R, Bailey C, Boland B, et al. Prevalence of healthcare-associated infections in acute care hospitals in Jacksonville, Florida. Infect Control Hosp Epidemiol. 2012;33(3):283–91.

10. Lemiech-Mirowska E, Kiersnowska ZM, Michałkiewicz M, Depta A, Marczak M. Nosocomial infections as one of the most important problems of healthcare system. Ann Agric Environ Med. 2021;28(3):361–6.

11. Pefoyo AJ, Bronskill SE, Gruneir A, Calzavara A, Thavorn K, Petrosyan Y, et al. The increasing burden and complexity of multimorbidity. BMC Public Health. 2015;15(1):415.

12. Schwartz AM, Farley KX, Guild GN, Bradbury TL Jr. Projections and epidemiology of revision hip and knee arthroplasty in the United States to 2030. J Arthroplasty. 2020;35(Suppl 6):S79–85.

13. Miettinen HJ, Mäkirinne-Kallio N, Kröger H, Miettinen SS. Health-related quality of life after hip and knee arthroplasty operations. Scand J Surg. 2021;110(3):427–33.

14. Ma T, Jiao J, Guo DW, Lv SZ, Zhang D, Hou DC. Incidence of periprosthetic joint infection after primary total knee arthroplasty shows significant variation: a synthesis of meta-analysis and bibliometric analysis. J Orthop Surg Res. 2024;19(1):649.

15. Rodríguez-Merchán EC, Davidson DJ, Liddle AD. Recent strategies to combat infections from biofilm-forming bacteria on orthopaedic implants. Int J Mol Sci. 2021;22(19):10243.

16. Gbejuade HO, Lovering AM, Webb JC. The role of microbial biofilms in prosthetic joint infections. Acta Orthop. 2015;86(2):147–58.

17. Mirzaei R, Campoccia D, Ravaioli S, Arciola CR. Emerging issues and initial insights into bacterial biofilms: from orthopedic infection to metabolomics. Antibiotics (Basel). 2024;13(2):184.

18. Hou Y, Collinsworth A, Hasa F, Griffin L. Corrigendum to "Incidence and impact of surgical site infections on length of stay and cost of care for patients undergoing open procedures" [Surg Open Sci (2023) 1-18/ISSN 2589-8450]. Surg Open Sci. 2023;16:134-5. Erratum for: Surg Open Sci. 2022;11:1-18.

19. Badia JM, Casey AL, Petrosillo N, Hudson PM, Mitchell SA, Crosby C. Impact of surgical site infection on healthcare costs and patient outcomes: a systematic review in six European countries. J Hosp Infect. 2017;96(1):1–15.

20. Ban KA, Minei JP, Laronga C, Harbrecht BG, Jensen EH, Fry DE, et al. American College of Surgeons and Surgical Infection Society: surgical site infection guidelines, 2016 update. J Am Coll Surg. 2017;224(1):59–74.

21. Gillespie BM, Harbeck E, Rattray M, Liang R, Walker R, Latimer S, et al. Worldwide incidence of surgical site infections in general surgical patients: a systematic review and meta-analysis of 488,594 patients. Int J Surg. 2021;95:106136.

22. Allegranzi B, Zayed B, Bischoff P, Kubilay NZ, de Jonge S, de Vries F, et al.; WHO Guidelines Development Group. New WHO recommendations on intraoperative and postoperative measures for surgical site infection prevention: an evidence-based global perspective. Lancet Infect Dis. 2016;16(12):e288–303.

23. de Jonge SW, Gans SL, Atema JJ, Solomkin JS, Dellinger PE, Boermeester MA. Timing of preoperative antibiotic prophylaxis in 54,552 patients and the risk of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. Medicine (Baltimore). 2017;96(29):e6903.

24. Tang XF, Bin X, Qu KY, Liu HJ, Lei H, Li WF, et al. Antibiotic prophylaxis for surgical wound infections in clean and clean-contaminated surgery: an updated systematic review and meta-analysis. Int J Surg. 2024;110(9):5818–32.

25. de Almeida SM, de Menezes FG, Martino MD, Tachira CR, Toniolo AD, Fukumoto HL, et al. Impact of a surgical safety checklist on surgical site infections, antimicrobial resistance, antimicrobial consumption, costs and mortality. J Hosp Infect. 2021;116:10–5.

26. Gouvêa M, Novaes CO, Pereira DM, Iglesias AC. Adherence to guidelines for surgical antibiotic prophylaxis: a review. Braz J Infect Dis. 2015;19(5):517–24.

27. Alsadoun L, Sanipini S, Khleif R, Ashfaq A, Shehryar A, Berhane KA, et al. Evaluating the impact of the World Health Organization’s surgical safety checklist on clinical outcomes and implementation strategies: a systematic review. Cureus. 2024;16(9):e69875.

28. Haynes AB, Weiser TG, Berry WR, Lipsitz SR, Breizat AH, Dellinger EP, et al.; Safe Surgery Saves Lives Study Group. A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. N Engl J Med. 2009;360(5):491–9.

29. Gawande A. The checklist manifesto: how to get things right. New York: Metropolitan Books; 2009.

30. Tartaglia A, Matos MA. Surgical safety checklist: fact or fake? einstein (São Paulo). 2022;20:eCE0059.

31. Cawcutt KA, Marcelin JR, Silver JK. Using social media to disseminate research in infection prevention, hospital epidemiology, and antimicrobial stewardship. Infect Control Hosp Epidemiol. 2019;40(11):1262–8.

32. Centers for Disease Control and Prevention. National Healthcare Safety Network. National Healthcare Safety Network (NHSN) patient safety component manual. Surgical site infection event (SSI); p. 9-1. Available from: https://www.cdc.gov/nhsn/pdfs/pscmanual/pcsmanual_current.pdf

33. Berríos-Torres SI, Umscheid CA, Bratzler DW, Leas B, Stone EC, Kelz RR, et al.; Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee. Centers for Disease Control and Prevention guideline for the prevention of surgical site infection, 2017. JAMA Surg. 2017;152(8):784–91.

34. Menz BD, Charani E, Gordon DL, Leather AJ, Moonesinghe SR, Phillips CJ. Surgical antibiotic prophylaxis in an era of antibiotic resistance: common resistant bacteria and wider considerations for practice. Infect Drug Resist. 2021;14:5235–52.

35. O'Hara LM, Thom KA, Preas MA. Update to the Centers for Disease Control and Prevention and the Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee Guideline for the Prevention of Surgical Site Infection (2017): a summary, review, and strategies for implementation. Am J Infect Control. 2018;46(6):602–9.

36. Mu Y, Edwards JR, Horan TC, Berrios-Torres SI, Fridkin SK. Improving risk-adjusted measures of surgical site infection for the national healthcare safety network. Infect Control Hosp Epidemiol. 2011;32(10):970–86.

37. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: a modification of CDC definitions of surgical wound infections. Infect Control Hosp Epidemiol. 1992;13(10):606–8.

38. Zabaglo M, Leslie SW, Sharman T. Postoperative wound infections. [Updated 2024 Mar 5]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls; 2025. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560533/

39. Michaleas SN, Laios K, Charalabopoulos A, Samonis G, Karamanou M. Joseph Lister (1827-1912): a pioneer of antiseptic surgery. Cureus. 2022;14(12):e32777.

40. Manivannan B, Gowda D, Bulagonda P, Rao A, Raman SS, Natarajan SV. Surveillance, auditing, and feedback can reduce surgical site infection dramatically: toward zero surgical site infection. Surg Infect (Larchmt). 2018;19(3):313–20.

41. Jin J, Akau Ola S, Yip CH, Nthumba P, Ameh EA, de Jonge S, et al.; International Society of Surgery (ISS) and the G4 Alliance International Standards and Guidelines for Quality Safe Surgery and Anesthesia (ISG-QSSA) Group. The impact of quality improvement interventions in improving surgical infections and mortality in low and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. World J Surg. 2021;45(10):2993–3006.

42. Srivastav S, Khurana S, Mukhopadhyay C, Myatra SN, Katyal S, Katoch O, et al. Surveillance for surgical site infections developed during hospital stay & after discharge: a multicentric study. Indian J Med Res. 2024;160(5):428–37.

43. Woelber E, Schrick EJ, Gessner BD, Evans HL. Proportion of surgical site infections occurring after hospital discharge: a systematic review. Surg Infect (Larchmt). 2016;17(5):510–9.

44. NIHR Global Health Research Unit on Global Surgery, GlobalSurg Collaborative. Use of telemedicine for postdischarge assessment of the surgical wound: international cohort study, and systematic review with meta-analysis. Ann Surg. 2023;277(6):e1331–47.

45. Mengistu DA, Alemu A, Abdukadir AA, Mohammed Husen A, Ahmed F, Mohammed B, et al. Global incidence of surgical site infection among patients: systematic review and meta-analysis. Inquiry. 2023;60:469580231162549.

46. Cunha T, Miguel S, Maciel J, Zagalo C, Alves P. Surgical site infection prevention care bundles in colorectal surgery: a scoping review. J Hosp Infect. 2025;155:221–30.

47. Bucataru A, Balasoiu M, Ghenea AE, Zlatian OM, Vulcanescu DD, Horhat FG, et al. Factors contributing to surgical site infections: a comprehensive systematic review of etiology and risk factors. Clin Pract. 2023;14(1):52–68.

48. Cho E, House H, Marten A, Feffer M, Agel J, Scolaro J, et al. Does the CDC Surgical Wound Classification adequately predict postoperative infection in lower extremity fracture surgery? OTA Int. 2025;8(1):e357.

49. Jang Y, Natoli RM, Della Rocca GJ, Zura RD, Phelps KD, Potter GD, et al.; the PREP-IT Investigators. Higher reoperation rates in planned, staged treatment of open fractures compared with fix-and-close: a propensity score-matched analysis. J Bone Joint Surg Am. 2025;107(Suppl 1):51-9.

50. Li G, Walco JP, Mueller DA, Wanderer JP, Freundlich RE. Reliability of the ASA physical status classification system in predicting surgical morbidity: a retrospective analysis. J Med Syst. 2021;45(9):83.

51. Hendrix JM, Garmon EH. American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System. [Updated 2025 Feb 11]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls; 2025. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK441940/

52. Xiao PL, Hsu CJ, Ma YG, Liu D, Peng R, Xu XH, et al. Prevalence and treatment rate of osteoporosis in patients undergoing total knee and hip arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. Arch Osteoporos. 2022;17(1):16.

53. Zaboli Mahdiabadi M, Farhadi B, Shahroudi P, Mohammadi M, Omrani A, Mohammadi M, et al. Prevalence of surgical site infection and risk factors in patients after knee surgery: a systematic review and meta-analysis. Int Wound J. 2024;21(2):e14765.

54. Kocur E, Rozentryt P, Głogowska-Gruszka A. Risk factors for surgical site infection in patients after implant-related orthopedic procedures. Przegl Epidemiol. 2021;75(3):332–46.

55. Tarabichi S, Parvizi J. Prevention of surgical site infection: a ten-step approach. Arthroplasty. 2023;5(1):21.

56. Li C, Ojeda-Thies C, Xu C, Trampuz A. Meta-analysis in periprosthetic joint infection: a global bibliometric analysis. J Orthop Surg Res. 2020;15(1):251.

57. Rottier W, Seidelman J, Wouthuyzen-Bakker M. Antimicrobial treatment of patients with a periprosthetic joint infection: basic principles. Arthroplasty. 2023;5(1):10.

58. Villa JM, Rajschmir K, Lin S, Higuera-Rueda CA. What is the true impact of periprosthetic joint infection diagnosis on mortality? J Arthroplasty. 2024;39(9 Suppl 2):S410-4.

59. Visperas A, Santana D, Klika AK, Higuera-Rueda CA, Piuzzi NS. Current treatments for biofilm-associated periprosthetic joint infection and new potential strategies. J Orthop Res. 2022;40(7):1477–91.

60. Staats A, Li D, Sullivan AC, Stoodley P. Biofilm formation in periprosthetic joint infections. Ann Jt. 2021;6:43.

61. Wellauer H, Heuberger R, Gautier E, Tannast M, Steinke H, Wahl P. The history of the development of the regular straight stem in hip arthroplasty. EFORT Open Rev. 2023;8(7):548–60.

62. Alnahhal A, Aslam-Pervez N, Sheikh HQ. Templating hip arthroplasty. Open Access Maced J Med Sci. 2019;7(4):672–85.

63. Vendittoli PA, Martinov S, Morcos MW, Sivaloganathan S, Blakeney WG. Personalized hip joint replacement with large diameter head: current concepts. J Clin Med. 2022;11(7):1918.

64. Wilson JM, Maradit-Kremers H, Abdel MP, Berry DJ, Mabry TM, Pagnano MW, et al. Comparative survival of contemporary cementless acetabular components following revision total hip arthroplasty. J Arthroplasty. 2023;38(Suppl 7):S194–200.

65. Yan L, Ge L, Dong S, Saluja K, Li D, Reddy KS, et al. Evaluation of comparative efficacy and safety of surgical approaches for total hip arthroplasty: a systematic review and network meta-analysis. JAMA Netw Open. 2023;6(1):e2253942.

66. Shichman I, Roof M, Askew N, Nherera L, Rozell JC, Seyler TM, et al. Projections and epidemiology of primary hip and knee arthroplasty in medicare patients to 2040-2060. JB JS Open Access. 2023;8(1):e22.00112.

67. Salehi R, Alizadeh-Otaghvar H, Farhadi B, Najafi M, Torabi H, Hojjati H, et al. Prevalence of surgical site infection after hip arthroplasty; a systematic review and meta-analysis. Arch Acad Emerg Med. 2024;12(1):e54.

68. Bagheri A, Sharifi Niknafs A, Farhadi B, Mazhari SA, Karimian P, Hekmati Pour N, et al. Incidence and risk factors of surgical site infection after knee arthroplasty; a systematic review and meta-analysis. Arch Acad Emerg Med. 2025;13(1):e28.

69. Kolasiński W. Surgical site infections - review of current knowledge, methods of prevention. Pol Przegl Chir. 2018;91(4):41–7.

70. Albishi W, AbuDujain NM, Aldhahri M, Alzeer M. Unicompartmental knee replacement: controversies and technical considerations. Arthroplasty. 2024;6(1):21.

71. Hsu H, Siwiec RM. Knee arthroplasty(archived). 2023 Jul 24. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls; 2025.

72. Hunter DJ, Bierma-Zeinstra S. Osteoarthritis. Lancet. 2019;393(10182):1745–59.

73. Price AJ, Alvand A, Troelsen A, Katz JN, Hooper G, Gray A, et al. Knee replacement. Lancet. 2018;392(10158):1672–82.

74. Kunutsor SK, Whitehouse MR, Blom AW, Beswick AD; INFORM Team. Patient-related risk factors for periprosthetic joint infection after total joint arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2016;11(3):e0150866.

75. Thompson O, W-Dahl A, Stefánsdóttir A. Increased short- and long-term mortality amongst patients with early periprosthetic knee joint infection. BMC Musculoskelet Disord. 2022;23(1):1069.

76. Inacio MC, Paxton EW, Graves SE, Namba RS, Nemes S. Projected increase in total knee arthroplasty in the United States - an alternative projection model. Osteoarthritis Cartilage. 2017;25(11):1797–803.

77. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. J Bone Joint Surg Am. 2007;89(4):780–5.

78. Barretto JM, Campos AL, Ooka NH. Periprosthetic knee infection - part 1: risk factors, classification and diagnosis. Rev Bras Ortop. 2022;57(2):185–92.

79. Bourget-Murray J, Bansal R, Soroceanu A, Piroozfar S, Railton P, Johnston K, et al. Assessment of risk factors for early-onset deep surgical site infection following primary total hip arthroplasty for osteoarthritis. J Bone Jt Infect. 2021;6(9):443–50.

80. Nian S, Li N, Kong F, Lu S, Chen J. Is discectomy effective for treating low back pain in patients with lumbar disc herniation and Modic changes? A systematic review and meta-analysis of cohort studies. Spine J. 2023;23(4):533–49.

81. Chin BZ, Yong JH, Wang E, Sim SI, Lin S, Wu PH, et al. Full-endoscopic versus microscopic spinal decompression for lumbar spinal stenosis: a systematic review & meta-analysis. Spine J. 2024;24(6):1022–33.

82. Ball JR, Gallo MC, Kebaish K, Hang N, Ton A, Hernandez F, et al. National trends in lumbar degenerative spondylolisthesis with stenosis treated with fusion versus decompression. Neurospine. 2024;21(4):1068–77.

83. Chen Y, Zhou Y, Chen J, Luo Y, Wang Y, Fan X. A systematic review and meta-analysis of risk factors for reoperation after degenerative lumbar spondylolisthesis surgery. BMC Surg. 2023;23(1):192.

84. Ilyas H, Golubovsky JL, Chen J, Winkelman RD, Mroz TE, Steinmetz MP. Risk factors for 90-day reoperation and readmission after lumbar surgery for lumbar spinal stenosis. J Neurosurg Spine. 2019;31(1):20–6.

85. Zhou J, Wang R, Huo X, Xiong W, Kang L, Xue Y. Incidence of surgical site infection after spine surgery: a systematic review and meta-analysis. Spine. 2020;45(3):208–16.

86. Garner BH, Anderson DJ. Surgical site infections: an update. Infect Dis Clin North Am. 2016;30(4):909–29.

87. Magill SS, O'Leary E, Janelle SJ, Thompson DL, Dumyati G, Nadle J, et al.; Emerging Infections Program Hospital Prevalence Survey Team. Changes in prevalence of health care-associated infections in U.S. hospitals. N Engl J Med. 2018;379(18):1732–44.

88. Farid Mojtahedi M, Sepidarkish M, Almukhtar M, Eslami Y, Mohammadianamiri F, Behzad Moghadam K, et al. Global incidence of surgical site infections following caesarean section: a systematic review and meta-analysis. J Hosp Infect. 2023;139:82–92.

89. Calderwood MS, Anderson DJ, Bratzler DW, Dellinger EP, Garcia-Houchins S, Maragakis LL, et al. Strategies to prevent surgical site infections in acute-care hospitals: 2022 update. Infect Control Hosp Epidemiol. 2023;44(5):695–720.

90. Amirah A, Harahap J, Willim HA, Suroyo RB, Henderson AH. Effect of comorbidities on the incidence of surgical site infection in patients undergoing emergency surgery: a systematic review and meta-analysis. J Clin Med Res. 2024;16(7-8):345–54.

91. Silas U, Berberich C, Anyimiah P, Szymski D, Rupp M. Risk of surgical site infection after hip hemiarthroplasty of femoral neck fractures: a systematic review and meta-analysis. Arch Orthop Trauma Surg. 2024;144(8):3685–95.

92. Taherpour N, Mehrabi Y, Seifi A, Eshrati B, Hashemi Nazari SS. Epidemiologic characteristics of orthopedic surgical site infections and under-reporting estimation of registries using capture-recapture analysis. BMC Infect Dis. 2021;21(1):3.

93. Hannoodee S, Nasuruddin DN. Acute inflammatory response. 2024 Jun 8. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls; 2025.

94. Seidelman J, Anderson DJ. Surgical site infections. Infect Dis Clin North Am. 2021;35(4):901–29.

95. Dohmen PM, Konertz W. A review of current strategies to reduce intraoperative bacterial contamination of surgical wounds. GMS Krankenhhyg Interdiszip. 2007;2(2):Doc38.

96. Motififard M, Teimouri M, Shirani K, Hatami S, Yadegari M. Prevalence of bacterial surgical site infection in traumatic patients undergoing orthopedic surgeries: a cross-sectional study. Int J Burns Trauma. 2021;11(3):191–6.

97. Organização Mundial da Saúde (OMS). Segundo desafio global para a segurança do paciente: cirurgias seguras salvam vidas. Brasília (DF): Organização Pan-Americana da Saúde, Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária; 2009.

98. Cooper RA. Surgical site infections: epidemiology and microbiological aspects in trauma and orthopaedic surgery. Int Wound J. 2013;10 Suppl 1:3-8.

99. Hrynyshyn A, Simões M, Borges A. Biofilms in surgical site infections: recent advances and novel prevention and eradication strategies. Antibiotics (Basel). 2022;11(1):69.

100. Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR; Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. Guideline for prevention of surgical site infection, 1999. Infect Control Hosp Epidemiol. 1999;20(4):250–78.

101. Troeman DP, Hazard D, Timbermont L, Malhotra-Kumar S, van Werkhoven CH, Wolkewitz M, et al.; ASPIRE-SSI Study Team. Postoperative Staphylococcus aureus Infections in patients with and without preoperative colonization. JAMA Netw Open. 2023;6(10):e2339793.

102. From-Hansen M, Hansen MB, Hansen R, Sinnerup KM, Emme C. Empowering health care workers with personalized data-driven feedback to boost hand hygiene compliance. Am J Infect Control. 2024;52(1):21–8.

103. Rutala WA, Weber DJ. Risk of disease transmission to patients from “contaminated” surgical instruments and immediate use steam sterilization. Am J Infect Control. 2023;51(11S):A72–81.

104. Owens CD, Stoessel K. Surgical site infections: epidemiology, microbiology and prevention. J Hosp Infect. 2008;70 Suppl 2:3–10.

105. Sørensen LT. Wound healing and infection in surgery: the pathophysiological impact of smoking, smoking cessation, and nicotine replacement therapy: a systematic review. Ann Surg. 2012;255(6):1069–79.

106. Martin ET, Kaye KS, Knott C, Nguyen H, Santarossa M, Evans R, et al. Diabetes and risk of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. Infect Control Hosp Epidemiol. 2016;37(1):88–99.

107. Cheng H, Chen BP, Soleas IM, Ferko NC, Cameron CG, Hinoul P. Prolonged operative duration increases risk of surgical site infections: a systematic review. Surg Infect (Larchmt). 2017;18(6):722–35.

108. Ortega G, Rhee DS, Papandria DJ, Yang J, Ibrahim AM, Shore AD, et al. An evaluation of surgical site infections by wound classification system using the ACS-NSQIP. J Surg Res. 2012;174(1):33–8.

109. Lynch RJ, Englesbe MJ, Sturm L, Bitar A, Budhiraj K, Kolla S, et al. Measurement of foot traffic in the operating room: implications for infection control. Am J Med Qual. 2009;24(1):45–52.

110. de Lissovoy G, Fraeman K, Hutchins V, Murphy D, Song D, Vaughn BB. Surgical site infection: incidence and impact on hospital utilization and treatment costs. Am J Infect Control. 2009;37(5):387–97.

111. Weiser TG, Haynes AB, Molina G, Lipsitz SR, Esquivel MM, Uribe-Leitz T, et al. Estimate of the global volume of surgery in 2012: an assessment supporting improved health outcomes. Lancet. 2015;385 Suppl 2:S11.

112. Olsen MA, Nepple JJ, Riew KD, Lenke LG, Bridwell KH, Mayfield J, et al. Risk factors for surgical site infection following orthopaedic spinal operations. J Bone Joint Surg Am. 2008;90(1):62–9.

113. Liang Z, Rong K, Gu W, Yu X, Fang R, Deng Y, et al. Surgical site infection following elective orthopaedic surgeries in geriatric patients: incidence and associated risk factors. Int Wound J. 2019;16(3):773–80.

114. Skeie E, Koch AM, Harthug S, Fosse U, Sygnestveit K, Nilsen RM, et al. A positive association between nutritional risk and the incidence of surgical site infections: a hospital-based register study. PLoS One. 2018;13(5):e0197344.

115. Tsantes AG, Papadopoulos DV, Lytras T, Tsantes AE, Mavrogenis AF, Korompilias AV, et al. Association of malnutrition with periprosthetic joint and surgical site infections after total joint arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. J Hosp Infect. 2019;103(1):69–77.

116. Tsantes AG, Papadopoulos DV, Lytras T, Tsantes AE, Mavrogenis AF, Koulouvaris P, et al. Association of malnutrition with surgical site infection following spinal surgery: systematic review and meta-analysis. J Hosp Infect. 2020;104(1):111–9.

117. Gee R, Haurin K, Saxena A, DiSantis KI. The impact of nutritional status on surgical site infection rates among total joint arthroplasty patients: a systematic review. Am J Infect Control. 2025;53(11):1228–33.

118. He C, Zhou F, Zhou F, Wang J, Huang W. Impact of type 2 diabetes on surgical site infections and prognosis post orthopaedic surgery: a systematic review and meta-analysis. Int Wound J. 2023;21(2):e14422.

119. Liu H, Xing H, Zhang G, Wei A, Chang Z. Risk factors for surgical site infections after orthopaedic surgery: a meta-analysis and systematic review. Int Wound J. 2025;22(5):e70068.

120. Khawaja T, Linge J, Leinhard OD, Al-Kindi SG, Rajagopalan S, Khera A, et al. Coronary artery calcium, hepatic steatosis, and atherosclerotic cardiovascular disease risk in patients with type 2 diabetes mellitus: results from the Dallas heart study. Prog Cardiovasc Dis. 2023;78:67–73.

121. Lazar HL, McDonnell M, Chipkin SR, Furnary AP, Engelman RM, Sadhu AR, et al.; Society of Thoracic Surgeons Blood Glucose Guideline Task Force. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: blood glucose management during adult cardiac surgery. Ann Thorac Surg. 2009;87(2):663–9.

122. Ata A, Lee J, Bestle SL, Desemone J, Stain SC. Postoperative hyperglycemia and surgical site infection in general surgery patients. Arch Surg. 2010;145(9):858–64.

123. Gupta P, Quan T, Wright MA, Murthi AM. Risks of chronic steroid or immunosuppressive therapy on total shoulder arthroplasty patients. Shoulder Elbow. 2023;15(4):373–80.

124. Kittle H, Ormseth A, Patetta MJ, Sood A, Gonzalez MH. Chronic corticosteroid use as a risk factor for perioperative complications in patients undergoing total joint arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev. 2020;4(7):e2000001.

125. Liu X, Wei C, Wang J, Li M. Effect of tumour necrosis factor-a inhibitors exposure on surgical site infections in rheumatoid arthritis patients undergoing elective orthopaedic surgery: a meta-analysis. Int Wound J. 2024;21(1):e14538.

126. Panda N, Haynes AB. Effective Implementation and utilization of checklists in surgical patient safety. Surg Clin North Am. 2021;101(1):37-48.

127. Schwendimann R, Blatter C, Lüthy M, Mohr G, Girard T, Batzer S, et al. Adherence to the WHO surgical safety checklist: an observational study in a Swiss academic center. Patient Saf Surg. 2019;13(1):14.

128. Yaseen SJ, Taha S, Alkaiyat A, Zyoud SH. Multicenter audit of operating room staff compliance with the surgical safety checklist: a cross-sectional study from a low- and middle-income country. BMC Health Serv Res. 2025;25(1):103.

129. Habtie TE, Feleke SF, Terefe AB, Adisu MA. Beyond compliance: examining the completeness and determinants of WHO surgical safety checklist - a systematic review and meta-analysis. BMC Health Serv Res. 2025;25(1):504.

130. Haugen AS, Sevdalis N, Søfteland E. Impact of the World Health Organization surgical safety checklist on patient safety. Anesthesiology. 2019;131(2):420–5.

131. Harris K, Søfteland E, Moi AL, Harthug S, Ravnøy M, Storesund A, et al. Development and validation of patients' surgical safety checklist. BMC Health Serv Res. 2022;22(1):259.

132. Molina G, Jiang W, Edmondson L, Gibbons L, Huang LC, Kiang MV, et al. Implementation of the surgical safety checklist in South Carolina hospitals is associated with improvement in perceived perioperative safety. J Am Coll Surg. 2016;222(5):725–736.e5.

133. Zardi EM, Franceschi F. Prosthetic joint infection. A relevant public health issue. J Infect Public Health. 2020;13(12):1888–91.

134. Sartelli M, Coccolini F, Labricciosa FM, Al Omari AH, Bains L, Baraket O, et al. Surgical antibiotic prophylaxis: a proposal for a global evidence-based bundle. Antibiotics (Basel). 2024;13(1):100.

135. Purba AK, Setiawan D, Bathoorn E, Postma MJ, Dik JH, Friedrich AW. Prevention of surgical site infections: a systematic review of cost analyses in the use of prophylactic antibiotics. Front Pharmacol. 2018;9:776.

136. Aminov RI. A brief history of the antibiotic era: lessons learned and challenges for the future. Front Microbiol. 2010;1:134.

137. Webb AL, Flagg RL, Fink AS. Reducing surgical site infections through a multidisciplinary computerized process for preoperative prophylactic antibiotic administration. Am J Surg. 2006;192(5):663–8.

138. Alanis AJ. Resistance to antibiotics: are we in the post-antibiotic era? Arch Med Res. 2005;36(6):697–705.

139. Mathew P, Ranjalkar J, Chandy SJ. Challenges in implementing antimicrobial stewardship programmes at secondary level hospitals in India: an exploratory study. Front Public Health. 2020;8:493904.

140. Gagliardi AR, Fenech D, Eskicioglu C, Nathens AB, McLeod R. Factors influencing antibiotic prophylaxis for surgical site infection prevention in general surgery: a review of the literature. Can J Surg. 2009;52(6):481–9.

141. Onyekwelu I, Yakkanti R, Protzer L, Pinkston CM, Tucker C, Seligson D. Surgical wound classification and surgical site infections in the orthopaedic patient. J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev. 2017;1(3):e022.

142. Sartelli M, Boermeester MA, Cainzos M, Coccolini F, de Jonge SW, Rasa K, et al. Six long-standing questions about antibiotic prophylaxis in surgery. Antibiotics (Basel). 2023;12(5):908.

143. Baseel D, Kim J, Mohammed S, Lowe A, Siddiqi J. The ideal time to administer pre-operative antibiotics: current and future practices. Cureus. 2022;14(5):e24979.

144. Swedish Council on Health Technology Assessment. Antibiotic prophylaxis for surgical procedures: a systematic review (summary and conclusions). Stockholm: Swedish Council on Health Technology Assessment (SBU); 2010 Aug. SBU Yellow Report No. 200. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448007/

145. Bratzler DW, Dellinger EP, Olsen KM, Perl TM, Auwaerter PG, Bolon MK, et al.; American Society of Health-System Pharmacists; Infectious Disease Society of America; Surgical Infection Society; Society for Healthcare Epidemiology of America. Clinical practice guidelines for antimicrobial prophylaxis in surgery. Am J Health Syst Pharm. 2013;70(3):195–283.

146. Thabit AK, Fairaq EM, Almutairi FS. Appropriateness of choice and duration of surgical antibiotic prophylaxis and the incidence of surgical site infections: a prospective study. J Taibah Univ Med Sci. 2022;18(1):26–31.

147. Ritter AS, Mears S. Preventing orthopedic infections. Infect Dis Clin North Am. 2025;39(3):383–98.

148. Schader L, Song W, Kempker R, Benkeser D. Don’t let your analysis go to seed: on the impact of random seed on machine learning-based causal inference. Epidemiology. 2024;35(6):764–78.

149. Harris PA, Taylor R, Minor BL, Elliott V, Fernandez M, O’Neal L, et al.; REDCap Consortium. The REDCap consortium: building an international community of software platform partners. J Biomed Inform. 2019;95:103208.

150. Humphries RM, Ambler J, Mitchell SL, Castanheira M, Dingle T, Hindler JA, Koeth L, Sei K; CLSI Methods Development and Standardization Working Group of the Subcommittee on Antimicrobial Susceptibility Testing. CLSI Methods Development and Standardization Working Group Best Practices for Evaluation of Antimicrobial Susceptibility Tests. J Clin Microbiol. 2018 Mar 26;56(4):e01934-17.

151. Cheng H, Clymer JW, Chen BPH, et al. Prolonged operative duration is associated with complications: a systematic review and meta-analysis. J Surg Res. 2018;229:134-144. AORN J. 2019;110(3):325-30.

152. Alamanda VK, Springer BD. The prevention of infection: 12 modifiable risk factors. Bone Joint J. 2019;101-B(1_Supple_A):3-9.

153. Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, Moilanen T. Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases. J Bone Joint Surg Am. 2009;91(1):38–47.

154. Roets M, Sturgess D, Tran T, Obeysekera M, Perros A, Tung JP, et al. Intraoperative cell salvage: the impact on immune cell numbers. PLoS One. 2023;18(8):e0289177.

155. Kim JL, Park JH, Han SB, Cho IY, Jang KM. Allogeneic blood transfusion is a significant risk factor for surgical-site infection following total hip and knee arthroplasty: a meta-analysis. J Arthroplasty. 2017;32(1):320–5.

156. Carson JL, Stanworth SJ, Guyatt G, Valentine S, Dennis J, Bakhtary S, et al. Red blood cell transfusion: 2023 AABB international guidelines. JAMA. 2023;330(19):1892–902.

157. Carson JL, Guyatt G, Heddle NM, Grossman BJ, Cohn CS, Fung MK, et al.; Clinical Practice Guidelines From the AABB. Clinical practice guidelines from the AABB: red blood cell transfusion thresholds and storage. JAMA. 2016;316(19):2025–35.

158. Kaufman RM, Djulbegovic B, Gernsheimer T, Kleinman S, Tinmouth AT, Capocelli KE, et al.; AABB. Platelet transfusion: a clinical practice guideline from the AABB. Ann Intern Med. 2015;162(3):205–13.

159. Stanworth SJ, Hyde CJ, Murphy MF. Evidence for indications of fresh frozen plasma. Transfus Clin Biol. 2007;14(6):551–6.

160. Sperry JL, Cotton BA, Luther JF, Cannon JW, Schreiber MA, Moore EE, et al.; Shock, Whole Blood, and Assessment of Traumatic Brain Injury (SWAT) Study Group. Whole blood resuscitation and association with survival in injured patients with an elevated probability of mortality. J Am Coll Surg. 2023;237(2):206–19.

161. Carless P, Moxey A, O'Connell D, Henry D. Autologous transfusion techniques: a systematic review of their efficacy. Transfus Med. 2004;14(2):123–44.

162. Global guidelines for the prevention of surgical site infection. Geneva: World Health Organization; 2018. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK536404/

163. Alt V, Szymski D, Rupp M, Fontalis A, Vaznaisiene D, Marais LC, et al.; on behalf the Country Delegates of the European Bone and Joint Infection Society. The health-economic burden of hip and knee periprosthetic joint infections in Europe: a comprehensive analysis following primary arthroplasty. Bone Jt Open. 2025;6(3):298–311.

164. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE. Prosthetic-joint infections. N Engl J Med. 2004;351(16):1645–54.

165. Fourcade A, Blache JL, Grenier C, Bourgain JL, Minvielle E. Barriers to staff adoption of a surgical safety checklist. BMJ Qual Saf. 2012;21(3):191–7.

166. de Jonge SW, Boldingh QJ, Solomkin JS, Dellinger EP, Egger M, Salanti G, et al. Effect of postoperative continuation of antibiotic prophylaxis on the incidence of surgical site infection: a systematic review and meta-analysis. Lancet Infect Dis. 2020;20(10):1182-92.

167. Sotto KT, Burian BK, Brindle ME. Impact of the WHO surgical safety checklist relative to its design and intended use: a systematic review and meta-meta-analysis. J Am Coll Surg. 2021;233(6):794–809.e8.

168. Böhmer AB, Wappler F, Tinschmann T, Kindermann P, Rixen D, Bellendir M, et al. The implementation of a perioperative checklist increases patients' perioperative safety and staff satisfaction. Acta Anaesthesiol Scand. 2012;56(3):332–8.

169. Osmon DR, Berbari EF, Berendt AR, Lew D, Zimmerli W, Steckelberg JM, et al.; Infectious Diseases Society of America. Diagnosis and management of prosthetic joint infection: clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America. Clin Infect Dis. 2013;56(1):e1-e25.

170. Ajulo S, Awosile B. Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS 2022): Investigating the relationship between antimicrobial resistance and antimicrobial consumption data across the participating countries. PLoS One. 2024;19(2):e0297921.

171. Dewitt M, Reinke C, Inman M, Bischoff W, Kester S, Neelakanta A, et al. Exploring social vulnerability in National Health Safety Network surgical site infections. Infect Control Hosp Epidemiol. 2025;46(6):1-8.

172. McNally M, Sousa R, Wouthuyzen-Bakker M, Chen AF, Soriano A, Vogely HC, et al. The EBJIS definition of periprosthetic joint infection. Bone Joint J. 2021;103-B(1):18-25.

173. World Heath Organization (WHO). WHO guidelines for safe surgery: safe surgery saves lives. Geneva: World Heath Organization (WHO); 2009.

174. Hospital Israelita Albert Einstein. Manual farmacêutico [protocolo institucional] São Paulo: Hospital Israelita Albert Einstein; 2016.

Abstract

Introduction: Following the recommendations of the World Health Organization, in 2010, Hospital Israelita Albert Einstein implemented the Safe Surgery program for all surgical procedures, introducing the use of the surgical checklist prior to anesthetic induction, before the surgical incision, and at the conclusion of the procedure. **Purpose:** To analyze indicators related to surgical site infection in patients undergoing spinal surgery (arthrodesis and decompression), and total hip and knee arthroplasty before (January 2006 to July 2010) and during (August 2010 to December 2022) the implementation of the Safe Surgery program. **Methods:** A case-control study was conducted to evaluate the impact of the implementation of the Safe Surgery program in adult patients (>18 years) undergoing orthopedic surgery. Cases were defined as patients who developed surgical site infection during the study period (January 2006 to December 2022). For each case, one control was selected in a 1:1 matching ratio among patients who did not develop surgical site infection, matched primarily by the surgical period (pre-implementation: January 2006 to July 2010 versus post-implementation: August 2010 to December 2022) and by other relevant variables. Through medical record review, the groups were retrospectively compared regarding risk factors for surgical site infection, antimicrobial consumption, antimicrobial resistance rates, associated costs, and adherence to the surgical checklist. **Results:** Among the 142 patients included, 71 (50.0%) developed surgical site infection and 71 (50.0%) composed the Control Group. The majority of surgeries (84.5%) were performed after the implementation of the institutional surgical safety program. High adherence to the critical steps of the checklist (anesthetic timeout, pre-incision verification, and final checkout) was observed, with documentation in 78.3% of cases with available data. In the univariate analysis, blood product transfusion was the only factor significantly associated with surgical site infection (OR = 2.667; 95% CI: 1.043–6.815; p=0.040), while surgical time showed a borderline association (p=0.050). There was a significant reduction in surgical site infection rates in the post-implementation period (from 2.0% to 0.7%; p=0.017) and a decrease in hospital costs among patients without surgical site infection (p=0.024). The microbiological profile demonstrated predominance of *Staphylococcus aureus* and a high proportion of ESKAPE Group microorganisms (46.7%), all susceptible to carbapenems, glycopeptides, and piperacillin-tazobactam, though with relevant resistance rates to quinolones (14.3%) and

aminoglycosides (7.1%). **Conclusions:** The implementation of the surgical safety program was effective in significantly reducing the incidence of surgical site infection in high-complexity orthopedic procedures, demonstrating that consistent adherence to critical checklist steps is sufficient to generate meaningful clinical benefits. The association between blood product transfusion and increased risk of surgical site infection underscores the importance of strategies to minimize blood loss and individualize hemostatic management. The microbiological profile highlights the need to integrate surgical safety practices with surveillance programs and the rational use of antimicrobials.

Keywords: Surgical wound infection; Checklist; Risk factors; Drug resistance, microbial; Spine/surgery; Arthroplasty, replacement, hip; Arthroplasty, replacement, knee