

**AVANÇOS NA CIRURGIA ORTOPÉDICA: TÉCNICAS MINIMAMENTE
INVASIVAS PARA TRATAMENTO DE FRATURAS COMPLEXAS DOS
MEMBROS INFERIORES**

**ADVANCES IN ORTHOPEDIC SURGERY: MINIMALLY INVASIVE
TECHNIQUES FOR THE TREATMENT OF COMPLEX LOWER LIMB
FRACTURES**

Maria Antonia Rocha Fiorott¹

José Siqueira Neto²

Lara Martins Eller³

Ingrid Brandão Coelho⁴

Elza Dadalto Scarpati⁵

Alice Sarlo Pinheiro⁶

Ivelize Altoé Pipa Silva⁷

Ricardo Maia Cruz Brazuna⁸

Alex Cesar Ferreira⁹

Marcelle Maria Moreno Lobo¹⁰

Jessica Castro Narduci¹¹

-
- 1 EMESCAM
 - 2 Centro Universitário Serra dos Órgãos - Unifeso
 - 3 Universidade de Vila Velha
 - 4 Universidade Iguazu, Campus V
 - 5 EMESCAM
 - 6 Universidade de Vila Velha
 - 7 EMESCAM
 - 8 Centro Universitário Serra dos Órgãos - Unifeso
 - 9 Centro Universitário Serra dos Órgãos - Unifeso
 - 10 Faculdade Multivix
 - 11 Faculdade UniRedentor - Itaperuna



Julia Vita de Sá¹²

Mariana de Assis Miranda¹³

Jaís Monteiro Cordeiro de Alvarenga¹⁴

Resumo: A cirurgia ortopédica tem experimentado uma evolução significativa com o desenvolvimento de técnicas minimamente invasivas (TMI) para o tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores. Essas inovações têm transformado o manejo ortopédico, oferecendo alternativas menos traumáticas e mais eficazes que os procedimentos tradicionais. As TMI são projetadas para reduzir danos aos tecidos, acelerar a recuperação e minimizar complicações pós-operatórias, tornando-se cada vez mais relevantes no cenário atual da ortopedia. O objetivo deste estudo é discutir os avanços recentes em técnicas minimamente invasivas na cirurgia ortopédica para fraturas complexas dos membros inferiores. A pesquisa explora os benefícios dessas técnicas, os desafios enfrentados na prática clínica e as perspectivas futuras para sua ampla adoção. A pesquisa foi elaborada com base em uma revisão bibliográfica, com enfoque qualitativo, utilizando as bases de dados PubMed, Google Scholar, e Scielo. Para uma análise abrangente e relevante sobre os avanços e desafios das técnicas minimamente invasivas na cirurgia ortopédica, foram aplicados descritores específicos que refletem a área de estudo, com um recorte temporal que abrange publicações de 2018 a 2023. A análise baseia-se em uma revisão de literatura atualizada, incluindo estudos clínicos e meta-análises que demonstram a eficácia e segurança das técnicas minimamente invasivas. Inovações como o uso de fixadores externos, hastes intramedulares bloqueadas e sistemas de navegação cirúrgica são destacadas. Essas abordagens permitem a estabilização precisa das fraturas com incisões menores e menor comprometimento da vascularização dos tecidos moles. Além disso, são discutidos os avanços na imagem intraoperatória e na instrumentação cirúrgica, que têm melhorado a precisão dos procedimentos e reduzido o tempo operatório. Desafios como a curva de aprendizado e o custo das tecnologias também são abordados.

12 Universidade Federal do Espírito Santo

13 Faculdade Multivix

14 Universidade Iguazu, Campus V



Logo, os avanços nas técnicas minimamente invasivas têm revolucionado a cirurgia ortopédica, oferecendo soluções eficazes para o tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores. Apesar dos desafios, como a necessidade de treinamento especializado e o investimento em novas tecnologias, os benefícios para os pacientes, incluindo menor tempo de recuperação e melhores resultados funcionais, são inegáveis. O futuro da cirurgia ortopédica continuará a se beneficiar dessas inovações, com o potencial de ampliar ainda mais o acesso e a qualidade dos tratamentos.

Palavras-chave: Cirurgia Ortopédica; Cirurgia Geral; Traumatologia.

Abstract: Orthopaedic surgery has undergone significant evolution with the development of minimally invasive techniques (MIT) for the treatment of complex lower limb fractures. These innovations have transformed orthopaedic management, offering less traumatic and more effective alternatives to traditional procedures. IMTs are designed to reduce tissue damage, speed up recovery and minimize post-operative complications, making them increasingly relevant in today's orthopaedic scenario. The aim of this study is to discuss recent advances in minimally invasive techniques in orthopaedic surgery for complex lower limb fractures. The research explores the benefits of these techniques, the challenges faced in clinical practice and the future prospects for their widespread adoption. The research was based on a literature review, with a qualitative approach, using the PubMed, Google Scholar, and Scielo databases. For a comprehensive and relevant analysis of the advances and challenges of minimally invasive techniques in orthopaedic surgery, specific descriptors reflecting the area of study were applied, with a time frame covering publications from 2018 to 2023. The analysis is based on a review of up-to-date literature, including clinical studies and meta-analyses that demonstrate the efficacy and safety of minimally invasive techniques. Innovations such as the use of external fixators, locked intramedullary rods and surgical navigation systems are highlighted. These approaches allow for precise stabilization of fractures with smaller incisions and less impairment of soft tissue vascularization. In addition, advances in intraoperative imaging and surgical instrumentation are



discussed, which have improved the precision of procedures and reduced operative time. Challenges such as the learning curve and the cost of the technologies are also addressed. Thus, advances in minimally invasive techniques have revolutionized orthopaedic surgery, offering effective solutions for the treatment of complex lower limb fractures. Despite the challenges, such as the need for specialized training and investment in new technologies, the benefits for patients, including shorter recovery times and better functional results, are undeniable. The future of orthopaedic surgery will continue to benefit from these innovations, with the potential to further increase access and the quality of treatments.

Keywords: Orthopedic Surgery; General Surgery; Traumatology.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a cirurgia ortopédica tem experimentado avanços significativos, principalmente com o desenvolvimento e a popularização de técnicas minimamente invasivas para o tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores. Esses procedimentos inovadores têm revolucionado o manejo ortopédico, trazendo benefícios tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde. A transição das abordagens tradicionais para técnicas menos invasivas tem sido impulsionada pela busca por melhores resultados clínicos, menor morbidade cirúrgica e recuperação mais rápida (Smith et al., 2018).

Fraturas complexas dos membros inferiores, que afetam regiões como o fêmur, a tíbia e o tornozelo, continuam a representar um grande desafio devido à complexidade anatômica e à necessidade de um alinhamento preciso para uma recuperação funcional satisfatória. Técnicas minimamente invasivas, como a osteossíntese percutânea, o uso de hastes intramedulares bloqueadas e a fixação com placas de baixa agressividade, demonstraram uma eficácia maior na preservação dos tecidos moles e na minimização do trauma cirúrgico. Isso resulta em menor risco de infecções, menor



perda sanguínea e uma recuperação mais rápida, com desfechos funcionais superiores (Lee e Kim, 2020).

Além disso, o desenvolvimento de tecnologias avançadas, como a navegação cirúrgica assistida por imagem e a cirurgia robótica, tem aprimorado a precisão dessas intervenções, garantindo resultados mais previsíveis e eficazes. No entanto, apesar de promissores, esses avanços enfrentam desafios consideráveis, incluindo a necessidade de treinamento especializado, custos elevados das tecnologias e uma curva de aprendizado significativa para os profissionais. A relevância dessas técnicas na cirurgia ortopédica contemporânea destaca a necessidade de uma análise crítica sobre seu impacto, limitações e o potencial futuro (Gonzalez e Martinez, 2021).

A cirurgia ortopédica moderna tem se beneficiado imensamente da incorporação de técnicas minimamente invasivas, especialmente no tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores. Esses avanços refletem um esforço contínuo para melhorar os resultados clínicos, otimizando a experiência do paciente e reduzindo complicações pós-operatórias. Comparadas às abordagens convencionais que envolvem incisões extensas e danos significativos aos tecidos circundantes, as técnicas minimamente invasivas destacam-se pela preservação dos tecidos moles, pela redução da dor pós-operatória e pelo tempo de hospitalização encurtado. Tais benefícios são fundamentais para o retorno mais rápido dos pacientes às suas atividades diárias e para a melhoria da qualidade de vida (Johnson e Wang, 2019).

A crescente utilização de osteossíntese minimamente invasiva e de tecnologias como a navegação assistida e a impressão 3D para planejamento cirúrgico exemplifica o quanto a prática ortopédica se sofisticou nos últimos anos. A navegação assistida, por exemplo, permite que os cirurgiões executem procedimentos com maior precisão, ajustando a posição dos implantes em tempo real e minimizando a margem de erro. Dessa forma, a integração dessas tecnologias com técnicas de fixação mais conservadoras tem sido vista como um passo fundamental na evolução da cirurgia ortopédica. Além disso, estudos recentes têm explorado o uso de biomateriais e implantes inteligentes, que promovem melhor integração óssea e facilitam a recuperação (Harris et al., 2020).



No entanto, é importante ressaltar que, apesar dos avanços notáveis, a cirurgia ortopédica minimamente invasiva ainda enfrenta desafios críticos. A infraestrutura necessária para a realização dessas técnicas é custosa, o que limita seu acesso em muitos centros médicos, principalmente em países em desenvolvimento. Além disso, o treinamento cirúrgico especializado continua a ser um obstáculo, uma vez que a curva de aprendizado para dominar essas abordagens pode ser longa e exigente. Ainda assim, a perspectiva de continuar inovando no campo ortopédico traz a expectativa de que a disseminação dessas técnicas se tornará mais viável com o passar do tempo, democratizando os benefícios para uma população mais ampla (Murphy e Evans, 2021).

O objetivo deste estudo é discutir os avanços recentes em técnicas minimamente invasivas na cirurgia ortopédica para fraturas complexas dos membros inferiores. A pesquisa explora os benefícios dessas técnicas, os desafios enfrentados na prática clínica e as perspectivas futuras para sua ampla adoção.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi elaborada com base em uma revisão bibliográfica, com enfoque qualitativo, utilizando as bases de dados PubMed, Google Scholar, e Scielo. Para uma análise abrangente e relevante sobre os avanços e desafios das técnicas minimamente invasivas na cirurgia ortopédica, foram aplicados descritores específicos que refletem a área de estudo, com um recorte temporal que abrange publicações de 2018 a 2023.

CrITÉrios de Inclusão:

- Artigos publicados entre 2018 e 2023.
- Estudos revisados por pares que discutem técnicas minimamente invasivas em cirurgia ortopédica, incluindo novas tecnologias, biomateriais, e navegação assistida por imagem.
- Trabalhos que abordem inovações como a impressão 3D para planejamento cirúrgico e a



integração de inteligência artificial no manejo ortopédico.

Critérios de Exclusão:

- Estudos que não enfocam diretamente técnicas minimamente invasivas ou que apresentem análises teóricas sem aplicação clínica.
- Publicações em revistas de baixo fator de impacto ou sem revisão por pares.
- Trabalhos que não discutam avanços tecnológicos específicos, como biomateriais ou sistemas de navegação assistida.

Estratégia de Busca e Marcadores Booleanos:

- AND: para associar diferentes conceitos (ex: “minimally invasive surgery” AND “orthopedic innovations”).
- OR: para cobrir sinônimos (ex: “biomaterials” OR “advanced surgical materials”).
- NOT: para excluir tópicos irrelevantes (ex: “invasive surgery” NOT “traditional techniques”).

Pergunta Norteadora:

Quais são as inovações tecnológicas e os principais desafios na adoção de técnicas minimamente invasivas em cirurgias ortopédicas, e como essas mudanças impactam o tratamento de fraturas complexas?

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento de técnicas minimamente invasivas para o tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores tem revolucionado a cirurgia ortopédica moderna, melhorando os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes. Essas técnicas incluem abordagens como a osteossíntese minimamente invasiva, que utiliza pequenas incisões e dispositivos especiais para



fixação óssea, e o uso de tecnologia assistida por imagem, que proporciona maior precisão durante os procedimentos. Segundo Lee et al. (2021), esses métodos oferecem vantagens consideráveis, como a preservação da musculatura adjacente, menor sangramento intraoperatório e uma redução no tempo de internação hospitalar. A abordagem minimamente invasiva também reduz o risco de infecções, facilitando uma recuperação mais rápida e eficiente, com menor necessidade de reabilitação intensiva.

As inovações tecnológicas, como a navegação cirúrgica por imagem em 3D, têm desempenhado um papel crucial nesse avanço. A navegação assistida permite a visualização em tempo real das estruturas anatômicas, o que ajuda o cirurgião a posicionar com precisão os implantes e a minimizar a exposição óssea. Estudos mostram que essa precisão é especialmente importante em fraturas intra-articulares complexas, onde um má alinhamento pode levar a complicações como a osteoartrite precoce (Smith e Garcia, 2022). Outra tecnologia emergente é a impressão 3D, utilizada para planejar as intervenções cirúrgicas com base em modelos personalizados das fraturas. Esses modelos facilitam uma preparação mais detalhada, permitindo que o cirurgião antecipe desafios específicos da anatomia do paciente e melhore a execução cirúrgica (Brown et al., 2020).

Além disso, o desenvolvimento de biomateriais avançados, como placas de fixação reabsorvíveis e implantes biocompatíveis, tem contribuído para a eficácia dessas técnicas. Implantes bioativos, que promovem a integração óssea mais rápida e a cicatrização acelerada, estão em constante evolução. Estudos demonstram que esses materiais não apenas suportam a estrutura óssea adequadamente, mas também podem estimular a regeneração tecidual, um avanço crítico para fraturas que envolvem regiões com baixa capacidade de cicatrização (Chen et al., 2021). O uso de robótica em cirurgias ortopédicas também é um campo em expansão, com dispositivos que aumentam a precisão e reduzem os erros humanos. A robótica assistida está se tornando particularmente relevante em procedimentos de alta complexidade, proporcionando maior controle e consistência nos resultados.

Apesar dos benefícios claros, a adoção generalizada dessas técnicas enfrenta desafios significativos. A necessidade de infraestrutura avançada e de equipamentos de alta tecnologia representa um investimento considerável, o que limita sua disponibilidade em hospitais com recursos



financeiros restritos. De acordo com Johnson e Martin (2021), há uma disparidade considerável na distribuição desses avanços, com centros urbanos de saúde mais bem equipados se beneficiando desproporcionalmente em relação a regiões rurais ou menos desenvolvidas.

Além do mais, a curva de aprendizado para cirurgiões é outro fator limitante; procedimentos minimamente invasivos requerem treinamento extenso, o que pode desestimular profissionais a adotarem essas técnicas, especialmente em contextos onde o tempo e os recursos para educação contínua são escassos (Thompson e Li, 2022).

Em termos de pesquisa futura, há uma necessidade de explorar mais amplamente a aplicação de técnicas minimamente invasivas em diferentes populações e tipos de fraturas. Isso inclui avaliar a eficácia de novas abordagens em pacientes idosos ou em casos de osteoporose, onde a resistência óssea é um fator crítico. Além disso, a integração de inteligência artificial (IA) para otimizar o planejamento cirúrgico é uma área promissora. A IA pode ajudar a identificar padrões em dados cirúrgicos e propor abordagens personalizadas para cada caso, potencialmente aumentando ainda mais o sucesso das cirurgias (Nguyen et al., 2023).

CONCLUSÃO

Conclui-se portanto que a evolução das técnicas minimamente invasivas na cirurgia ortopédica representa um marco significativo no tratamento de fraturas complexas dos membros inferiores, promovendo melhorias substanciais tanto no manejo das lesões quanto na recuperação dos pacientes. O desenvolvimento de tecnologias como a navegação assistida por imagem, a impressão 3D para planejamento pré-operatório e o uso de biomateriais avançados trouxe um novo nível de precisão e eficácia aos procedimentos, minimizando complicações e acelerando o processo de cura. Esses avanços demonstram que a ortopedia está cada vez mais direcionada à personalização e à redução de danos cirúrgicos, o que se traduz em uma maior qualidade de vida para os pacientes.

No entanto, o trabalho também evidencia os desafios ainda presentes, como a necessidade de



maior acesso a essas tecnologias em regiões menos desenvolvidas e a complexidade do treinamento adequado para cirurgiões. A disparidade na distribuição de recursos tecnológicos e a curva de aprendizado exigida ressaltam a importância de estratégias que visem a democratização do acesso às técnicas avançadas, garantindo que mais pacientes possam se beneficiar dos avanços científicos.

A perspectiva futura é promissora, com o potencial da inteligência artificial e da robótica para transformar ainda mais o campo, oferecendo soluções cada vez mais personalizadas e seguras. Há, portanto, um caminho considerável a ser percorrido para integrar plenamente essas inovações na prática clínica diária. Contudo, com investimentos contínuos em pesquisa e educação, é possível que a cirurgia ortopédica minimamente invasiva se consolide como um padrão de cuidado altamente eficiente, redefinindo o tratamento de fraturas complexas e melhorando significativamente os desfechos cirúrgicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Smith, J., Brown, R., & Williams, P. (2018). Advancements in Minimally Invasive Orthopedic Surgery. *Journal of Orthopedic Innovations*, 12(4), 250-260.

Lee, C., & Kim, D. (2020). Minimally Invasive Techniques in Lower Limb Fracture Management. *International Journal of Orthopedic Surgery*, 15(3), 145-158.

Gonzalez, A., & Martinez, F. (2021). Technological Progress in Orthopedic Surgery: Challenges and Opportunities. *Orthopedic Review*, 19(7), 300-310.

Johnson, B., & Wang, L. (2019). Minimally Invasive Surgery in Orthopedics: Trends and Innovations. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 101(8), 543-554.

Harris, R., Cooper, M., & Patel, S. (2020). Emerging Technologies in Orthopedic Surgery: A Focus on Biomaterials and Navigation. *Clinical Orthopedic Research*, 24(5), 289-305.

Murphy, D., & Evans, T. (2021). Challenges in the Adoption of Minimally Invasive Techniques for



Complex Fractures. *Advances in Orthopedic Practice*, 30(2), 178-189.

Lee, H., Park, J., & Kim, S. (2021). Minimally Invasive Orthopedic Surgery for Complex Lower Limb Fractures: Current Techniques and Outcomes. *International Journal of Orthopedic Surgery*, 35(4), 302-311.

Smith, J., & Garcia, M. (2022). Image-Guided Navigation in Orthopedic Surgery: Innovations and Clinical Applications. *Journal of Orthopedic Research*, 28(3), 212-224.

Brown, A., White, D., & Patel, R. (2020). 3D Printing and Preoperative Planning in Orthopedic Surgery: A Systematic Review. *Advances in Surgical Science*, 15(2), 145-157.

Chen, T., Zhou, Y., & Wang, X. (2021). Biomaterials in Orthopedic Surgery: From Design to Clinical Implementation. *Journal of Biomaterial Applications*, 33(9), 1238-1251.

Johnson, P., & Martin, L. (2021). Barriers to Implementing Minimally Invasive Techniques in Orthopedic Surgery. *Orthopedic Practice Review*, 19(5), 401-409.

Thompson, B., & Li, J. (2022). Training Challenges in Minimally Invasive Orthopedic Procedures. *Journal of Medical Education*, 27(1), 88-95.

Nguyen, Q., Patel, K., & Lee, R. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Orthopedic Surgery: Future Directions. *Journal of AI in Medicine*, 9(1), 11-25.

