

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

DESVENDANDO OS CRITÉRIOS DA CONSOLIDAÇÃO DE FRATURAS: AVANÇOS TECNOLÓGICOS E TERAPÊUTICOS NA RECUPERAÇÃO ÓSSEA

Arthur Bezerra de Souza Xavier¹, Bettina Silva Tavares², Caue Berbigier Rolim Alves³, Joyce Nilane Leite Montenegro⁴, Lucas Akccyl Albuquerque Alves⁵, Paulo Victor Vidal Neves⁶, Paulo Vinícius de Oliveira Leite⁷, Raí Teixeira Lima Verde⁸, Carlos Átila da Silva⁹, Diala Aretha de Sousa Feitosa Marques¹⁰, Myrla Nayra Cavalcante Albuquerque¹¹

Resumo

A consolidação de fraturas é um processo biológico essencial para a recuperação de lesões ósseas. Este estudo objetiva revisar os principais mecanismos envolvidos na reparação óssea, bem como discutir os avanços tecnológicos e terapêuticos que têm contribuído para a melhoria dos desfechos clínicos. A metodologia consiste em uma revisão narrativa qualitativa, baseada em artigos publicados entre 2020 e 2024 nas bases PubMed, Scielo e LILACS, a escolha por um recorte temporal de cinco anos se deu para garantir que os avanços tecnológicos e terapêuticos mais atuais fossem considerados, refletindo as últimas inovações e tendências na recuperação óssea. Foram utilizados descritores relacionados à consolidação de fraturas e tecnologias emergentes, e selecionados estudos experimentais e clínicos que abordam a fisiologia e o tratamento ortopédico, totalizando 7 artigos relevantes. A análise buscou identificar padrões e tendências no tratamento de fraturas. Os resultados mostram que o entendimento aprimorado dos mecanismos celulares e a introdução de novos métodos terapêuticos têm transformado a forma como a consolidação de fraturas é tratada, promovendo maior precisão na intervenção clínica e reduzindo o tempo de recuperação. Conclui-se que os avanços na biotecnologia e medicina regenerativa oferecem um futuro promissor para o tratamento de fraturas, com potencial para melhorar significativamente a qualidade de vida dos pacientes.

Palavras-chave: Consolidação de fraturas. Regeneração óssea. Fatores de crescimento. Células-tronco.

-
- 1 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: arthurbezerrasx@gmail.com
 - 2 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: bettinast.tavares@gmail.com
 - 3 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: caueberbigier@gmail.com
 - 4 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: joyceee265@gmail.com
 - 5 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: lucasakccyl1609@gmail.com
 - 6 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: paulovictor0102.com@gmail.com
 - 7 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: pauloviniciusleite2001@gmail.com
 - 8 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: raiteixeiralv@gmail.com
 - 9 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email:
 - 10 Universidade Paulista, email: dialafeitosa@gmail.com
 - 11 Centro Universitário ESTÁCIO do Ceará (ESTÁCIO/IDOMED), email: myrlanayra@hotmail.com

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

1. Introdução

O processo de consolidação de fraturas envolve a regeneração do tecido ósseo, um fenômeno complexo e dinâmico que é crucial para a restauração da função estrutural e biomecânica dos ossos. A capacidade do tecido ósseo de se autorreparar permite que fraturas se curem sem cicatrizes, retornando à sua estrutura original. Tradicionalmente, o tratamento de fraturas era limitado a métodos como imobilização por gesso e intervenções cirúrgicas, técnicas que se concentram na estabilização mecânica para garantir que o osso permaneça alinhado e protegido durante o processo de regeneração. No entanto, nas últimas décadas, o entendimento aprofundado da biologia óssea, somado ao avanço de novas tecnologias, tem transformado significativamente a abordagem terapêutica dessas lesões (PAULINO et al., 2020; CARVALHO, 2024).

Além disso, o desenvolvimento de inovações como biomateriais, terapia celular e fatores de crescimento tem aberto novas fronteiras no tratamento de fraturas, oferecendo abordagens personalizadas e mais eficazes para pacientes com lesões complexas ou de difícil intervenção. Biomateriais, por exemplo, são agora projetados para mimetizar o ambiente ósseo natural, promovendo uma integração mais rápida e eficiente com o tecido biológico. A terapia celular, especialmente o uso de células-tronco, e o uso de fatores de crescimento, como as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs), também estão emergindo como alternativas poderosas para acelerar a regeneração óssea e melhorar os resultados clínicos (MENDES et al., 2021; BORGES, 2023).

Neste contexto, esta revisão busca responder à seguinte pergunta norteadora: Quais os avanços mais promissores no campo da consolidação de fraturas que podem revolucionar o tratamento ortopédico? Ambicionando responder a essa questão, este trabalho tem como objetivo explorar os mecanismos fundamentais que regem a consolidação de fraturas, bem como os avanços terapêuticos que têm influenciado e transformado esse processo nos últimos anos. Ao fazer isso, a revisão visa fornecer uma visão abrangente das tecnologias emergentes e das suas implicações para a prática clínica no tratamento de fraturas ósseas.

2. Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo explorar os principais critérios que influenciam a consolidação de fraturas, com ênfase nos avanços tecnológicos e terapêuticos voltados para a otimização da recuperação óssea.

3. Metodologia

Este estudo se classifica como uma revisão narrativa da literatura, com abordagem qualitativa. O levantamento do referencial teórico, foi realizado com base em uma ampla pesquisa de artigos científicos publicados nos últimos 5 anos, utilizando bases de dados como PubMed, Scielo e LILACS. Os descritores utilizados nas buscas incluíram termos como "consolidação de fraturas", "regeneração óssea", "biomateriais", "fatores de crescimento ósseo", "terapia celular", "células-tronco mesenquimais", "osteoblastos", "proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs)", e "terapia gênica para fraturas", intercalados pelo operador booleano "AND". Foram considerados elegíveis artigos originais

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

nos idiomas português e inglês, com restrição de tempo entre 2020 e 2024, a escolha por um recorte temporal de cinco anos se deu para garantir que os avanços tecnológicos e terapêuticos mais atuais fossem considerados, refletindo as últimas inovações e tendências na recuperação óssea.

Foram incluídos estudos experimentais e ensaios clínicos que abordam o processo de consolidação de fraturas e os avanços no tratamento ortopédico. Os critérios de inclusão envolveram estudos sobre a fisiologia da reparação óssea, fatores moleculares e celulares envolvidos no processo, e tecnologias emergentes, como o uso de biomateriais e terapias celulares. Artigos que não tratavam especificamente da regeneração óssea ou apresentavam evidências insuficientes foram excluídos. Após a aplicação desses critérios, a amostra final incluiu 7 artigos relevantes. A análise dos estudos foi qualitativa, buscando identificar padrões e tendências na abordagem do tratamento de fraturas e suas implicações clínicas.

4. Resultados

O processo de consolidação de fraturas é classificado em três fases fundamentais: inflamação, reparação e remodelação. Cada uma dessas fases é crítica e interdependente, garantindo que o osso lesionado recupere sua forma e função originais. Na fase inflamatória, que tem início logo após a fratura, ocorre um aumento na vascularização da área lesionada, juntamente com a liberação de fatores de crescimento, como o fator de crescimento transformador beta (TGF- β) e o fator de crescimento derivado de plaquetas (PDGF). Esses fatores recrutam células-tronco mesenquimais, responsáveis por iniciar a formação do calo ósseo. A inflamação, embora muitas vezes associada a dor e inchaço, é essencial para o início da reparação (PALUDETTO, 2024).

Durante a fase de reparação, que ocorre entre alguns dias e várias semanas após a fratura, os osteoblastos começam a produzir uma nova matriz óssea, constituída principalmente de colágeno, que posteriormente será mineralizada para formar o calo ósseo. Nesta fase, o tecido ósseo inicial (osso imaturo ou tecido ósseo fibroso) é depositado no local da fratura. Esse tecido, embora provisório e mais frágil, proporciona estabilidade inicial à fratura. Simultaneamente, os osteoclastos, células responsáveis pela reabsorção óssea, iniciam o processo de remodelação, removendo fragmentos ósseos danificados e adaptando o osso às demandas mecânicas locais. A fase de remodelação, que pode durar meses ou até anos, refina essa estrutura provisória, substituindo o osso imaturo por osso lamelar mais forte e organizado. Essa última fase é crucial para que o osso recupere sua resistência e funcionalidade (PAULINO et al., 2020; ROCHA et al., 2022; CARVALHO, 2024).

Com o avanço da biotecnologia e dos materiais biomédicos, o tratamento de fraturas complexas e de difícil consolidação tem se beneficiado de novas abordagens. Entre essas inovações, destacam-se os scaffolds biocompatíveis, materiais tridimensionais que mimetizam o ambiente extracelular do tecido ósseo. Esses scaffolds proporcionam uma estrutura que serve de suporte para o crescimento celular, facilitando a regeneração do osso nas fraturas críticas, onde o tecido ósseo não se repara de maneira adequada. Além de serem

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA

XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

biocompatíveis, esses materiais podem ser bioativos, liberando gradualmente fatores de crescimento que promovem a diferenciação das células progenitoras em osteoblastos. O desenvolvimento de scaffolds customizáveis e resorvíveis, que se degradam à medida que o osso se regenera, oferece uma solução altamente eficiente para fraturas complexas (PALUDETTO, 2024).

Outro avanço promissor são os fatores de crescimento, especialmente as proteínas morfogenéticas ósseas (BMPs), que desempenham um papel crucial na indução da diferenciação de células progenitoras em osteoblastos e na formação do calo ósseo. Estudos clínicos e experimentais indicam que a administração local de BMPs pode acelerar a consolidação de fraturas, principalmente em situações de pseudoartrose, onde o processo de cura óssea é interrompido ou retardado. No entanto, o uso clínico das BMPs ainda é objeto de estudo, devido a potenciais efeitos adversos, como inflamações excessivas e reações imunológicas. A otimização da dosagem e dos locais de aplicação continua sendo um desafio (MENDES et al., 2021; BORGES, 2023).

A terapia gênica surge como uma tecnologia emergente, com potencial de transformar significativamente o tratamento de fraturas, especialmente as mais graves e de difícil recuperação. Ao introduzir genes que codificam proteínas e fatores de crescimento diretamente no local da fratura, é possível estimular a produção contínua desses agentes regenerativos de forma controlada. Estudos experimentais têm demonstrado que a terapia gênica pode ser usada para promover a produção de BMPs e VEGF (fator de crescimento endotelial vascular), facilitando a formação óssea e a vascularização, elementos fundamentais para a consolidação de fraturas. No entanto, essa técnica ainda está em fases iniciais de pesquisa, e mais ensaios clínicos são necessários para verificar sua eficácia e segurança em humanos (MENDES et al., 2021; PALUDETTO, 2024).

Outro aspecto central na consolidação de fraturas é o impacto dos fatores mecânicos. A estabilização adequada da fratura é essencial para que o processo de reparação óssea ocorra de maneira eficiente. A estabilidade promove a formação do calo ósseo e previne complicações, como a movimentação excessiva no local da fratura, que pode comprometer a formação do novo tecido ósseo. Métodos tradicionais de fixação, como gessos e imobilizações, continuam a ser amplamente utilizados, mas dispositivos cirúrgicos, como hastes intramedulares, placas e parafusos, têm evoluído significativamente. Esses dispositivos são agora fabricados com materiais mais leves, duráveis e biocompatíveis, proporcionando melhor estabilidade mecânica e facilitando a recuperação funcional. Além disso, há uma tendência crescente de utilização de técnicas minimamente invasivas, o que reduz o tempo de recuperação e minimiza as complicações pós-operatórias (PAULINO et al., 2020; ROCHA et al., 2022).

Um campo de crescente interesse é o das terapias celulares, especialmente o uso de células-tronco mesenquimais (CTMs), que têm mostrado grande potencial regenerativo. As CTMs podem ser obtidas de várias fontes, incluindo medula óssea, tecido adiposo e sangue do cordão umbilical, e são

IX SEMANA UNIVERSITÁRIA DA URCA XXVII Semana de Iniciação Científica da URCA

04 a 08 de NOVEMBRO de 2024



Tema: "CIÊNCIA, TECNOLOGIA E AMBIENTE: MÚLTIPLOS SABERES E FAZERES"

capazes de se diferenciar em diversos tipos celulares, incluindo osteoblastos. Estudos experimentais sugerem que a aplicação de CTMs diretamente no local da fratura pode acelerar o processo de cura e melhorar a qualidade do osso regenerado, especialmente em fraturas de difícil cicatrização, como as associadas à osteoporose ou a pacientes idosos. Além disso, as CTMs podem modular a resposta inflamatória, favorecendo um ambiente mais propício à regeneração óssea (MENDES et al., 2021; TURA, 2022).

5. Conclusão

A consolidação de fraturas é um processo complexo que envolve fatores celulares, moleculares e mecânicos. Avanços em biomateriais, fatores de crescimento, terapias gênicas e células-tronco têm o potencial de transformar o tratamento de fraturas, acelerando a recuperação. No entanto, mais estudos clínicos são necessários para confirmar a eficácia e segurança dessas abordagens em larga escala.

6. Referências

BORGES, F. M. Análise comparativa das taxas de sucesso clínico e radiográfico entre a enxertia de osso autólogo de crista ilíaca e enxerto ósseo bovino liofilizado em fraturas do planalto tibial. **Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Medicina: Ciências Cirúrgicas**, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2023. 52p.

CARVALHO, E. S. D. C. Principais intervenções cirúrgicas para fraturas dos ossos do metacarpo. **Repositório Institucional Do Unifip**, 2024; 7(1).

MENDES, R. A. M.; TARGINO, M. L. de M.; MENEZES, I. L.; NASCIMENTO, J. C. do; JUNIOR, E. C. F.; MARINHO, S. A. Proteínas Morfogenéticas Ósseas em defeitos maxilofaciais: uma breve atualização / Bone Morphogenetic Proteins in maxillofacial defects: A brief update. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 5, p. 47541–47553, 2021. DOI: 10.34117/bjdv.v7i5.29655.

PALUDETTO, L. C. *Efeito do "Scaffold" de PDO comparado com malha de titânio associados a rhBMP-2 em grandes reconstruções pós-ressecções*. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Odontologia) – **Universidade Estadual Paulista (UNESP)**, Faculdade de Odontologia, Araçatuba, 2024.

PAULINO, M. D. F. D. C. et al. Desenvolvimento de metodologias de consolidação do calo ósseo e de reabsorção óssea recorrendo a sistemas de fixação externa e fixação interna. **Universidade de Coimbra**. 2020.

ROCHA, K. N. S. et al. Princípios gerais de gerenciamento de fraturas: Complicações precoces e tardias. **Braz J Health Rev**. 2022;5(1):304-314.

TURA, Bethânia Borges. *Melhora da regeneração óssea e cartilaginosa com uso de células-tronco mesenquimais em pacientes com fratura óssea ou osteoartrite*. 2022. **Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste)** – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande, 2022.