



ISSN 2674-8169



Latindex



DOI



## ***Medicina Regenerativa Aplicada à Reabilitação de Lesões Complexas no Joelho: Mecanismos e Resultados Clínicos***

Luigi Silva Pinheiro<sup>1</sup>, Eduarda Ienerich Marciano<sup>2</sup>, Roberto Barbieri Júnior<sup>3</sup>, Mell Carlotto<sup>4</sup>, Mariana Giantomassi do Nascimento<sup>5</sup>, Ana Beatriz da Costa Dovidio<sup>6</sup>, Kamilly Vitória Fernandes Sutil<sup>7</sup>, Julia Rizzon Souza<sup>8</sup>, Michaela Evangelista de Menezes<sup>9</sup>, Victor Bortolanza Gaião<sup>10</sup>, Maria Clara Zanin<sup>11</sup>, Guilherme Dedonatti Meireles<sup>12</sup>.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2026v8n2p193-201>

Artigo recebido em 6 de Janeiro e publicado em 6 de Fevereiro de 2026

### **ARTIGO ORIGINAL**

#### **RESUMO**

Este estudo aborda a aplicação da medicina regenerativa no tratamento de lesões do joelho, com ênfase em suas aplicações clínicas, eficácia terapêutica e limitações. Trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa, baseada em artigos publicados entre 2014 e 2026 em bases de dados científicas reconhecidas. As principais terapias analisadas incluem o plasma rico em plaquetas e as células-tronco mesenquimais, que vêm sendo amplamente estudadas devido ao seu potencial na regeneração de tecidos articulares e na redução da dor em condições como osteoartrite, lesões condrais e ligamentares do joelho. Os resultados indicam benefícios clínicos relevantes, especialmente na melhora da função articular e no alívio sintomático. Entretanto, também são evidenciadas limitações relacionadas à padronização dos protocolos, à heterogeneidade metodológica dos estudos e à variabilidade dos desfechos clínicos. Conclui-se que a medicina regenerativa representa uma alternativa promissora no manejo das lesões do joelho, embora ainda sejam necessários estudos adicionais para consolidar sua eficácia e ampliar sua aplicação na prática clínica.

**Palavras-chave:** Medicina regenerativa. Regeneração articular. Plasma rico em plaquetas. Células-tronco mesenquimais. Ortopedia.

# Regenerative Medicine Applied to the Rehabilitation of Complex Knee Injuries: Mechanisms and Clinical Outcomes

## ABSTRACT

This study addresses the application of regenerative medicine in the treatment of knee injuries, with emphasis on its clinical applications, therapeutic efficacy, and limitations. It is a narrative literature review based on articles published between 2014 and 2026 in recognized scientific databases. The main therapies analyzed include platelet-rich plasma and mesenchymal stem cells, which have been widely studied due to their potential for articular tissue regeneration and pain reduction in conditions such as osteoarthritis and chondral and ligamentous knee injuries. The results indicate relevant clinical benefits, particularly in the improvement of joint function and symptomatic relief. However, limitations related to the standardization of protocols, methodological heterogeneity among studies, and variability of clinical outcomes are also highlighted. It is concluded that regenerative medicine represents a promising alternative in the management of knee injuries, although further studies are still required to consolidate its efficacy and expand its application in clinical practice.

**Keywords:** Regenerative medicine. Articular regeneration. Platelet-rich plasma. Mesenchymal stem cells. Orthopedics.

**Instituição afiliada** – Universidade de Cuiabá - Mato Grosso, Brasil.

**Autor correspondente:** *Luigi Silva Pinheiro* - [luigi.pinheiro10@gmail.com](mailto:luigi.pinheiro10@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## **INTRODUÇÃO**

As lesões do joelho configuram-se como uma das principais causas de dor, limitação funcional e afastamento das atividades laborais e esportivas, afetando indivíduos de diferentes faixas etárias. Condições como lesões ligamentares, meniscais, condrais e a osteoartrite do joelho apresentam elevada prevalência e impacto significativo na qualidade de vida, além de representarem importante ônus para os sistemas de saúde. Os tratamentos convencionais, que incluem medidas conservadoras, terapias farmacológicas e intervenções cirúrgicas, muitas vezes possuem caráter predominantemente sintomático ou invasivo, com resultados limitados no que se refere à regeneração efetiva dos tecidos articulares.

Nesse cenário, a medicina regenerativa tem emergido como uma abordagem terapêutica inovadora no campo da ortopedia, propondo estratégias que visam estimular os mecanismos biológicos naturais de reparo e regeneração tecidual. Essa área fundamenta-se no uso de terapias biológicas, como o plasma rico em plaquetas, as células-tronco mesenquimais e o aspirado de medula óssea, que atuam por meio da modulação do processo inflamatório, liberação de fatores de crescimento e estímulo à regeneração da cartilagem e de outras estruturas articulares do joelho (SOUZA et al., 2025; DORLIVETE et al., 2021).

Estudos recentes têm demonstrado resultados promissores quanto à redução da dor, melhora da função articular e possível retardamento da progressão de doenças degenerativas do joelho com o uso dessas terapias. O plasma rico em plaquetas, por exemplo, destaca-se pela alta concentração de fatores de crescimento capazes de favorecer a cicatrização tecidual, enquanto as células-tronco mesenquimais apresentam potencial de diferenciação celular e ação imunomoduladora, contribuindo para o reparo estrutural da cartilagem articular (SOUZA et al., 2025). Tais características tornam a medicina regenerativa uma alternativa minimamente invasiva e potencialmente eficaz no manejo das lesões do joelho.

Entretanto, apesar dos avanços observados, a literatura ainda aponta limitações importantes, como a ausência de padronização dos protocolos terapêuticos, a variabilidade dos métodos de preparo e aplicação das terapias biológicas e a escassez

de estudos clínicos de longo prazo que confirmem sua eficácia e segurança. Dessa forma, torna-se essencial a análise crítica das evidências científicas disponíveis para melhor compreender o papel da medicina regenerativa no tratamento das lesões do joelho.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo discutir o uso da medicina regenerativa no tratamento das lesões do joelho, abordando seus principais mecanismos de ação, aplicações clínicas, benefícios e limitações, à luz das evidências científicas atuais, contribuindo para o aprimoramento da prática clínica e para o desenvolvimento de futuras pesquisas na área.

## **METODOLOGIA**

Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa e análise crítica de ensaios clínicos randomizados, estudos controlados e revisões sistemáticas publicados entre 2014 e 2026, que investigaram o uso de terapias biológicas regenerativas no tratamento de lesões do joelho, com ênfase em osteoartrite e tendinopatias. Os critérios de inclusão para os artigos selecionados pelo mecanismo de busca foram: estudos clínicos com pacientes adultos diagnosticados com lesões degenerativas ou traumáticas do joelho, Uso de terapias regenerativas, incluindo PRP, células-tronco mesenquimais (CTMs) derivadas de medula óssea, tecido adiposo ou cordão umbilical, e terapias combinadas, estudos que apresentaram avaliação clínica, exames de imagem e/ou biomarcadores inflamatórios. Foram excluídos relatos de caso isolados, opiniões, artigos sem dados clínicos relevantes, estudos com baixa qualidade metodológica ou sem grupo controle e estudos em animais ou in vitro.

A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e US National Library of Medicine (PUBMED), utilizando combinações dos descritores: "knee osteoarthritis", "patellar tendinopathy", "platelet-rich plasma", "mesenchymal stem cells", "bone marrow aspirate", "regenerative medicine", "extracorporeal shockwave therapy", entre outros, associados a operadores booleanos (AND, OR). Os estudos incluídos contemplaram um total de 1.093 pacientes com lesões do joelho, variando entre lesões degenerativas (osteoartrite grau I-IV pela classificação de Kellgren-Lawrence) e tendinopatias crônicas. A faixa etária predominante foi de adultos jovens a idosos, com maior prevalência do sexo feminino.

## DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo corroboram a crescente evidência científica que posiciona a medicina regenerativa como uma abordagem terapêutica promissora para o tratamento das lesões do joelho, especialmente em relação à redução da dor, melhora da função articular e estímulo à regeneração tecidual. As terapias biológicas analisadas, com destaque para o plasma rico em plaquetas (PRP) e as células-tronco mesenquimais (CTMs), demonstraram benefícios clínicos relevantes em diferentes condições patológicas, incluindo osteoartrite, lesões condrais e ligamentares, alinhando-se com achados recentes da literatura [1–3].

A melhora significativa nos parâmetros clínicos, evidenciada pela redução dos escores de dor aferidos pela Escala Visual Analógica (VAS) e pelo aumento dos índices funcionais validados (WOMAC, VISA-P, MBS), sugere que essas intervenções não atuam apenas de forma sintomática, mas interferem diretamente nos mecanismos fisiopatológicos da degeneração articular. O PRP, caracterizado por uma alta concentração de fatores de crescimento como PDGF, TGF- $\beta$  e VEGF, exerce múltiplas ações biológicas, incluindo a modulação da resposta inflamatória, a promoção da angiogênese e a estimulação da síntese e remodelação da matriz extracelular, o que pode explicar os efeitos benéficos observados na recuperação funcional e no retorno às atividades esportivas [1,2].

No que tange às CTMs, os dados obtidos estão em consonância com estudos que destacam seu potencial imunomodulador, antiapoptótico e regenerativo. Essas células possuem a capacidade de secretar mediadores bioativos que reduzem a inflamação local, inibem a apoptose dos condrócitos e estimulam a regeneração da cartilagem articular, promovendo um microambiente biológico favorável à reparação tecidual [3,4]. A análise dos biomarcadores inflamatórios reforça essa hipótese, evidenciando redução dos níveis séricos de citocinas pró-inflamatórias, como IL-6, IL-17 e IL-33, concomitante ao aumento de fatores pró-regenerativos, como o VEGF-A [1].

A avaliação estrutural por meio de exames de imagem, especialmente ressonância magnética com protocolos avançados, permitiu observar a manutenção ou discreto aumento da espessura cartilaginosa e melhora da integridade dos tecidos

periarticulares em parte dos pacientes tratados. Embora essas alterações estruturais ainda sejam modestas e apresentem variabilidade interindividual, sua associação com a melhora clínica sugere um possível efeito modificador da doença, sobretudo em estágios iniciais das lesões do joelho [2,3].

Entretanto, a interpretação desses resultados deve ser realizada com cautela, considerando limitações metodológicas importantes. A heterogeneidade dos protocolos de preparo, concentração, via e frequência de aplicação do PRP e das CTMs, bem como as diferenças nos critérios de seleção dos pacientes, dificultam a comparação direta entre os estudos e a padronização clínica [3]. Além disso, a maioria das pesquisas apresenta amostras pequenas e seguimento relativamente curto, restringindo a avaliação da eficácia e segurança a longo prazo dessas terapias [2].

Outro aspecto relevante refere-se à ausência de consenso quanto às doses ideais, número de aplicações e combinações terapêuticas mais eficazes, especialmente no uso das CTMs. Questões éticas, regulatórias e financeiras também representam barreiras significativas para a ampla implementação da medicina regenerativa na prática clínica, particularmente em sistemas públicos de saúde, onde a relação custo-benefício e a acessibilidade são fatores críticos [3].

## **RESULTADOS**

A análise dos dados clínicos demonstrou que os pacientes submetidos às terapias biológicas apresentaram redução significativa dos escores de dor, medidos pela Escala Visual Analógica (VAS), em comparação aos valores basais ( $p < 0,05$ ). Essa melhora foi observada tanto no grupo tratado com plasma rico em plaquetas (PRP) quanto no grupo que recebeu células-tronco mesenquimais (CTMs), com tendência a maior magnitude no grupo CTMs, especialmente em lesões de maior gravidade [1,2]. Os índices funcionais, avaliados pelos questionários WOMAC, VISA-P e MBS, também apresentaram aumento estatisticamente significativo, refletindo melhora da capacidade funcional e da qualidade de vida dos pacientes ( $p < 0,05$ ) [1,3].

A avaliação dos biomarcadores inflamatórios revelou redução expressiva dos níveis séricos de citocinas pró-inflamatórias, incluindo interleucinas IL-6, IL-17 e IL-33,

após o tratamento com CTMs, enquanto o PRP promoveu modulação semelhante, porém menos pronunciada [1,4]. Paralelamente, observou-se aumento dos fatores pró-regenerativos, como o fator de crescimento endotelial vascular (VEGF-A), sugerindo a criação de um microambiente biológico favorável à reparação tecidual [1].

Os exames de imagem, especialmente a ressonância magnética com protocolos específicos para avaliação cartilaginosa, evidenciaram manutenção ou discreto aumento da espessura da cartilagem articular em uma proporção significativa dos pacientes tratados com CTMs, enquanto no grupo PRP as alterações estruturais foram menos evidentes, porém associadas à melhora clínica [2,3]. Além disso, foi observada melhora da integridade dos tecidos periarticulares, incluindo meniscos e ligamentos, em alguns casos, indicando potencial efeito reparador das terapias biológicas sobre a arquitetura articular [3].

Não foram reportados eventos adversos graves relacionados às intervenções, confirmando o perfil de segurança das terapias biológicas utilizadas, conforme descrito em estudos prévios [2,4]. Entretanto, a variabilidade individual na resposta terapêutica foi notável, sugerindo a necessidade de critérios mais rigorosos para seleção dos pacientes e padronização dos protocolos de tratamento.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente revisão evidencia que a medicina regenerativa, por meio do uso de plasma rico em plaquetas (PRP) e células-tronco mesenquimais (CTMs), representa uma alternativa terapêutica inovadora e promissora para o tratamento das lesões do joelho. Os dados clínicos indicam que essas terapias promovem redução significativa da dor, melhora da função articular e potencial estímulo à regeneração tecidual, especialmente em estágios iniciais e moderados das patologias articulares [1–3].

Entretanto, a heterogeneidade dos protocolos de preparo, dosagem e aplicação, bem como a variabilidade nos critérios de seleção dos pacientes, limitam a generalização dos resultados e a padronização clínica. Além disso, a escassez de estudos com amostras robustas e seguimento prolongado restringe a avaliação da eficácia e segurança a longo prazo dessas intervenções [2,3]. Aspectos éticos, regulatórios e econômicos também



constituem desafios para a implementação ampla dessas terapias, sobretudo em sistemas públicos de saúde [3].

Portanto, para consolidar o papel da medicina regenerativa no arsenal terapêutico ortopédico, faz-se necessária a realização de ensaios clínicos randomizados, multicêntricos, com protocolos padronizados e acompanhamento longitudinal extenso. A integração de biomarcadores e técnicas avançadas de imagem poderá contribuir para a personalização do tratamento e melhor compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos [1,4].

## REFERÊNCIAS

1. Jhan SW, Chen CH, Chen YJ, et al. A comparative analysis of platelet-rich plasma alone versus combined with extracorporeal shockwave therapy in athletes with patellar tendinopathy and knee pain: a randomized controlled trial. *Knee Surg Relat Res.* 2024;36(1):1-11.
2. Ip HL, Cheung WH, Cheung KM, et al. Regenerative Medicine for Knee Osteoarthritis – The Efficacy and Safety of Intra-Articular Platelet-Rich Plasma and Mesenchymal Stem Cells Injections: A Literature Review. *Cureus.* 2020;12(9):e10575.
3. Souza GPE, de Oliveira JF, Silva R, et al. Ortopedia Regenerativa: O Papel das Terapias Biológicas na Reconstrução e Articulação. *Braz J Implantol Health Sci.* 2025;7(1):745-754.
4. Matas J, Orrego M, Becerra J, et al. A phase I dose-escalation clinical trial to assess the safety and efficacy of umbilical cord-derived mesenchymal stromal cells in knee osteoarthritis. *Stem Cells Transl Med.* 2024;13(3):193-203.
5. JHAN, Shun-Wun et al. A comparative analysis of platelet-rich plasma alone versus combined with extracorporeal shockwave therapy in athletes with patellar tendinopathy and knee pain: a randomized controlled trial. *Knee Surgery & Related Research*, v. 36, n. 1, p. 47, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s43019-024-00252-3>.
6. CUNHA, Paulo Fernando Andrade; SILVA, Ronald Bispo Barreto da. Osteoartrite de joelho e o aspirado de medula óssea como escolha de tratamento - Uma revisão narrativa. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, e17410716391, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16391>.



7. IP, Hoi Leng et al. Regenerative Medicine for Knee Osteoarthritis – The Efficacy and Safety of Intra-Articular Platelet-Rich Plasma and Mesenchymal Stem Cells Injections: A Literature Review. *Cureus*, v. 12, n. 9, e10575, 21 set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.7759/cureus.10575>.
8. SOUZA, Guilherme Paes Espinola de et al. Ortopedia regenerativa: o papel das terapias biológicas na reconstrução e articulação. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 7, n. 1, p. 745-754, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v7n1p745-754>.