



Tratamento das lesões condrais no joelho

Treatment of Chondral Lesions in the Knee

José Paulo Aramburu Gabbi Filho^{1,2} Eduardo Branco de Sousa³

¹ Médico Ortopedista e Traumatologista, Serviço de Traumatologia, Hospital Central da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

² Médico Ortopedista e Traumatologista, Serviço de Traumatologia e Ortopedia, Hospital Quinta D'Or, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

³ Ortopedista e Traumatologista, Centro de Cirurgia do Joelho, Divisão de Traumatologia e Ortopedia, Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Endereço para correspondência José Paulo Aramburu Gabbi Filho, MD, Hospital Central da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro, Rua Estácio de Sá, 20–Estácio, 20211-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil (e-mail: clinicacirurgiadojoelho@gmail.com).

Rev Bras Ortop 2023;58(4):e551–e556.

Resumo

As lesões da cartilagem articular são comuns e levam à deterioração precoce da articulação e ao desenvolvimento da osteoartrite. As técnicas de reparo da cartilagem articular visam a formação de um neo-tecido cartilaginoso capaz de suportar carga articular e evitar a progressão da degeneração. Há várias técnicas disponíveis para esse fim, como a microfratura e o transplante de condrocitos. Entretanto muitas vezes o desfecho do procedimento é a formação de fibrocartilagem, que não possui a mesma resistência mecânica do tecido cartilaginoso. Em outros procedimentos, nos quais é realizado enxerto osteocondral autólogo, há risco de morbidade associada ao procedimento, além da disponibilidade limitada de tecido. Por esse motivo, o transplante osteocondral, utilizando enxertos a fresco ou congelados tem sido utilizado para lesões de maior volume. Por fim, novas técnicas utilizando fragmentos de cartilagem picada ou particulada, assim como o uso de células tronco mesenquimais se apresentam como promissores. O objetivo desse artigo é realizar uma atualização dos procedimentos para tratamento das lesões condrais do joelho.

Palavras-chave

- ▶ cartilagem articular
- ▶ condrocitos
- ▶ microfratura
- ▶ transplantes de células
- ▶ traumatismos do joelho

Abstract

Articular cartilage injuries are common and lead to early joint deterioration and osteoarthritis. Articular cartilage repair techniques aim at forming a cartilaginous neo-tissue to support the articular load and prevent progressive degeneration. Several techniques are available for this purpose, such as microfracture and chondrocyte transplantation. However, the procedural outcome is often fibrocartilage, which does not have the same mechanical resistance as cartilaginous tissue. Procedures with autologous osteochondral graft have a morbidity risk, and tissue availability limits their use. As such, larger lesions undergo osteochondral transplantation using fresh or frozen grafts. New techniques using minced or particulate cartilage fragments or mesenchymal stem cells are promising. This paper aims to update the procedures for treating chondral lesions of the knee.

Keywords

- ▶ cell transplantation
- ▶ cartilage, articular
- ▶ knee injuries
- ▶ microfracture
- ▶ chondrocytes

recebido
21 de Março de 2023
aceito
12 de Abril de 2023

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0043-1772196>.
ISSN 0102-3616.

© 2023. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Introdução

A cartilagem articular é um tecido especializado avascular, aneural que cobre as extremidades ósseas nas articulações sinoviais, fornecendo uma superfície para deslizamento sem atrito, além de absorver e suportar cargas mecânicas.¹ É composta por condrocitos, que contribuem com cerca de 1 a 2% do volume do tecido, embebidos em uma matriz extracelular densa altamente organizada de colágeno e proteoglicanas.²⁻⁴ O colágeno tipo II é a principal fibra de colágeno da cartilagem articular madura, constituindo cerca de 90 a 95% do peso total de colágeno e 10% do peso seco da cartilagem.²

Estudos avaliando séries de casos de artroscopias do joelho evidenciaram que a incidência dessas lesões varia entre 19%⁵ a 66%.⁶ As lesões da cartilagem articular são de difícil tratamento devido à limitada capacidade intrínseca de reparo, o que gera grandes impactos econômicos e sociais.⁷ A grande preocupação é que os defeitos osteocondrais podem evoluir para osteoartrite.⁸

Diagnóstico

O primeiro passo da avaliação envolve a realização de anamnese e exame físico minuciosos, para investigar quando a lesão ocorreu e quais os sintomas estão presentes. Os sintomas comuns de lesão da cartilagem articular incluem edema articular, dor relacionada a atividades, claudicação, bloqueio articular ou sensação de instabilidade, embora não sejam específicos.⁹

Diversas condições clínicas devem ser investigadas antes do tratamento específico das lesões condrais do joelho, como a avaliação dos ligamentos cruzados e colaterais, da articulação patelofemoral e dos meniscos, além da investigação de tratamentos prévios, incluindo o cirúrgico.^{9,10} A reconstrução ligamentar deve ser realizada anteriormente ou simultaneamente ao tratamento da lesão da cartilagem articular. O alinhamento dos membros inferiores deve ser avaliado para descartar sobrecarga dinâmica em varo ou valgo em posição ortostática e radiografias panorâmicas dos membros inferiores realizada em todos os casos, para avaliar a necessidade de realização de osteotomia corretiva. Os meniscos devem ser investigados por exame de ressonância magnética e artroscópico, devendo ser tomados todos os cuidados necessários para preservação dos meniscos. Por fim, a articulação patelofemoral deve ser avaliada com exame físico cuidadoso, radiografias, ressonância e, eventualmente tomografia computadorizada, de modo que qualquer alteração anatômica que coloque o paciente em risco de luxação recorrente ou aumento de estresse nas facetas patelares possa ser tratado cirurgicamente.⁹⁻¹¹

Variáveis específicas do defeito condral como localização, tamanho, profundidade, geometria e quantidade de defeitos, assim como a qualidade do osso subcondral, qualidade da cartilagem circundante e grau de contenção do defeito devem ser investigados previamente à decisão do procedimento a ser realizado.^{9,12} As alterações macroscópicas da cartilagem articular foram classificadas por Outerbridge^{13,14} (→ **Tabela 1**). Todavia, a classificação da *Internacional Cartilage Regeneration and Joint Preservation Society – ICRS*¹⁵ tem

Tabela 1 Classificação de Outerbridge

Grau	Descrição
Grau 0	Normal
Grau I	Amolecimento da cartilagem
Grau II	Fragmentação e fissura ≤ 0,5 polegada de diâmetro
Grau III	Fragmentação e fissura > 0,5 polegada de diâmetro
Grau IV	Erosão da cartilagem que expõe o osso subcondral

Tabela 2 Classificação da ICRS

Normal	Grau 0
Quase normal	Grau 1a – Lesões superficiais/ amolecimento Grau 1b – Lesões superficiais/ amolecimento e/ou fissuras ou fendas artificiais
Anormal	Grau 2 – Extensão < 50% da espessura
Lesão grave	Grau 3a – Extensão > 50% da espessura Grau 3b – Até a camada calcificada Grau 3c – Até a superfície do osso subcondral (sem penetração) Grau 3d – Inclui abaulamento da cartilagem ao redor da lesão
Lesão muito grave	Grau 4a – Penetração do osso subcondral, mas não no diâmetro total do defeito Grau 4b – Penetração em todo o diâmetro do defeito

sido mais usada ultimamente nos estudos envolvendo o tratamento das lesões condrais (→ **Tabela 2**).

Tratamento

Recentemente foi sugerido por alguns autores um algoritmo para a divisão das estratégias cirúrgicas para o tratamento das lesões da cartilagem articular baseada em três “Rs”: reparo, restauração ou regeneração.¹ As técnicas de reparo da cartilagem têm como objetivo induzir a formação de tecido no local do defeito condral ou osteocondral através da estimulação de células locais e/ou do implante de células, biológicos e/ou *scaffolds* no defeito, sendo as mais comuns a microfratura e o transplante autólogo de condrocitos.¹ Já as técnicas de restauração são aquelas definidas como procedimentos que substituem um defeito condral ou osteocondral com cartilagem hialina funcional e osso subcondral, sendo o enxerto osteocondral autólogo e o transplante osteocondral alógeno as técnicas que se enquadram sob essa definição.¹ Já as técnicas de regeneração compreendem métodos de intervenção que resultam na recapitulação da cartilagem hialina funcional e do osso subcondral.¹

Técnicas de reparo da cartilagem

Microfratura

A microfratura é uma técnica de estimulação da medula óssea, descrita inicialmente no final da década de 1980 e

indicada para defeitos condrais Outerbridge III a IV pequenos ($<2\text{ cm}^2$ a 4 cm^2 , que consiste na realização de perfurações no osso subcondral, permitindo a migração de células progenitoras mesenquimais da medula óssea e de fatores de crescimento, formando um coágulo rico em células que irão proliferar e diferenciar, originando um tecido de reparo que preenche o defeito condral.¹⁶⁻¹⁸ A saída de sangue e de gordura pelas perfurações com o torniquete desinflado deve ser verificada para garantir que a superfície subcondral foi penetrada o suficiente, devendo ser realizada ao final da do procedimento, de modo que a visão não seja prejudicada durante a artroscopia e permita a formação de coágulo no local do defeito de cartilagem.¹⁰

Representa a primeira linha de tratamento de defeitos pequenos da cartilagem articular do joelho, promovendo melhora da função e alívio da dor a médio prazo.¹⁹ Entretanto, a técnica frequentemente resulta na formação de um tecido fibrocartilaginoso que é inferior à cartilagem hialina sob pontos de vista biomecânico e bioquímico, sendo vulnerável aos traumas mecânicos, deteriorando 18 a 24 meses após o procedimento.^{7,18}

Os pacientes com melhor prognóstico após o tratamento com microfratura, segundo revisão sistemática recém-publicada, são jovens, com curta duração de sintomas pré-operatórios, mecanismo de lesão não degenerativo, com lesões de menor tamanho e lesão única.²⁰ Por outro lado, índice de massa corporal elevado ($>30\text{ kg/m}^2$), tamanho do defeito superior a $2-4\text{ cm}^2$, defeito localizado no compartimento patelofemoral ou no plateau tibial e pacientes com idade superior a 40 anos apresentam pior prognóstico.²¹ Contraindicações à técnica incluem o desvio de eixo do membro inferior, defeitos de espessura parcial e defeitos não contidos de cartilagem, osteoartrite, artrite sistêmica imuno-mediada e incapacidade de cumprir o protocolo de reabilitação pós-operatório.²²

As principais complicações envolvem o preenchimento incompleto do defeito, quando o coágulo preenche ou é aderente a apenas uma porção da lesão; sobrecrecimento ósseo, relacionado à formação de um osteófito intralesional ou elevação da placa óssea sucondral; e a deterioração ao longo do tempo.²³

Transplante autólogo de condrócitos

O transplante autólogo de condrócitos (ACI, *autologous chondrocyte implantation*) é um procedimento, recomendado para defeitos superiores a 3 e 4 cm^2 , realizado em duas etapas.^{17,18} A primeira consiste em um procedimento artroscópico diagnóstico no qual é realizada uma biopsia para obtenção de um fragmento de cartilagem que é cultivado e expandido *in vitro* por 4 a 6 semanas, e na segunda é realizado o implante das células diferenciadas no defeito e coberto com um retalho de periosteio.⁹ Entretanto apresenta como desvantagens necessitar de duas cirurgias e possuir custo elevado,¹⁸ além de necessitar de um maior período de recuperação para maturação do neotecido que varia entre 6 e 12 meses.⁷

Ao longo do tempo, a técnica sofreu modificações e há quatro gerações de transplante autólogo de condrócitos até o presente: primeira geração (P-ACI), condrócitos em suspensão injetados sob um retalho de periosteio; segunda geração

(C-ACI), condrócitos em suspensão injetados sob uma membrana de colágeno; terceira geração, condrócitos cultivados em uma superfície carreadora ou em uma matriz porosa/*scaffold*, quarta geração, condrócitos implantados em um procedimento em uma etapa.²⁴

A terceira geração do transplante autólogo de condrócitos corresponde à técnica denominada MACI (*matrix-assisted chondrocyte implantation*), que envolve o uso de uma membrana de colágeno tipo I/III na qual os condrócitos são cultivados e depois implantados no defeito.^{25,26} A membrana age como um carreador celular que distribui as células a uma densidade de 500.000 a 1.000.000 de células por cm^2 e é fácil de implantar.¹⁰ Outros produtos foram desenvolvidos e são comercializados, como por exemplo o Hyalograft® C (Fidia Advanced Biopolymers, Abano Terme, Itália) que usa o ácido hialurônico como suporte, o ChondroGide (Geistlich Biomaterials, Wolhusen, Suíça), que é uma membrana de colágeno I/III porcina e o NeoCart® (Histogenics Corporation, Waltham, Estados Unidos), que é um *scaffold* de colágeno tipo I.^{27,28}

No nosso meio, uma série de casos observacional analisando os resultados de 15 pacientes tratados pela técnica de AMIC (codrogênese autóloga induzida por matriz, usando membrana porcina de colágenos tipo I/III, evidenciou maior benefício em pacientes com lesões condrais de maior tamanho pela avaliação de escores clínicos subjetivos e pela avaliação radiológica pelo MOCART (*Magnetic Resonance Observation of Cartilage Repair Tissue*).²⁹ Outro estudo realizado com 56 pacientes apresentando lesões únicas condrais ou osteocondrais demonstrou que a cultura de condrócitos em fibrina poderia proporcionar um microambiente favorável para a síntese de matriz, melhorando a condição clínica e a atividade dos pacientes após um ano de acompanhamento.³⁰

As complicações mais comuns do transplante autólogo de condrócitos são a hipertrofia do enxerto, comumente associada com o retalho de periosteio, com incidência de 28% a 36%; a regeneração insuficiente da cartilagem, mais comum nos reparos com cobertura de periosteio (3,8%) e com uso de matriz (3,7%); a delaminação, que corresponde à separação da cartilagem do osso subjacente, ocorrendo em 22,1% dos casos; e a fusão inadequada/insuficiente, quando o enxerto falha em se incorporar à cartilagem adjacente, que ocorre em cerca de 23,1% dos casos.²³

Técnicas de restauração da cartilagem

Enxerto osteocondral autólogo

O uso de enxerto osteocondral autólogo consiste na transferência de cilindros osteocondrais contendo cartilagem madura e osso do próprio paciente, de regiões com relativamente menor carga, para regiões de maior carga articular, podendo ser realizado por via aberta ou artroscópica.²⁶ É indicado para defeitos de espessura total de cartilagem ou osteocondrais maiores ($> 3\text{ cm}^2$).¹⁷

Os cilindros retirados devem contornados para encaixar no local da lesão e possuir entre 6 e 10 mm de diâmetro, podendo ser usados numerosos cilindros no formato de um mosaico se necessário para o tratamento defeitos maiores ($>3\text{ cm}^2$).^{10,31,32} Entretanto, não é recomendado o uso de mais de dois cilindros

grandes devido à morbidade ao sítio doador.²⁶ Deve-se retirar um cilindro de 10 a 15 mm de profundidade, cuja medida deve ser confirmada após extração.²⁶

Os cilindros são fixados por *press-fit*, não necessitando material para fixação, mas com cuidado na manutenção da perpendicularidade em relação ao sítio receptor e reprodução da curvatura da superfície articular.^{9,10,26}

Possui como principais vantagens ser um procedimento realizado em único estágio, o menor custo em relação ao enxerto osteocondral, a capacidade de tratar lesões com envolvimento subcondral¹⁰ e ausência de risco de transmissão de doenças,²⁴ e como desvantagens a quantidade autolimitada de tecido, além da morbidade ao sítio doador, sendo por isso indicado para lesões menores (< 2 cm²).^{9,18} Além disso, existe preocupação com a formação de fibrocartilagem entre os cilindros, o que ocasiona um resultado misto no reparo.³³ Um estudo afirmou que quando adequadamente usada, a técnica de mosaicoplastia pode produzir resultados excelentes com grande durabilidade e impacto funcional, com baixas taxas de morbidade e baixo custo.³⁴

Uma técnica publicada recentemente descreveu a retirada de enxerto osteocondral da articulação tibiofemoral proximal.³⁵

Transplante osteocondral

O transplante osteocondral envolve o transplante de um enxerto de cadáver consistindo em cartilagem articular viável e o seu osso subcondral subjacente, sendo uma opção de tratamento para lesões de tamanho superior a 2,5 cm². Pode ser usado para fornecer uma superfície de cartilagem hialina para defeitos condrais profundos, além de preencher defeitos ósseos associados.¹²

O transplante osteocondral é indicado para pacientes com defeitos de cartilagem sintomáticos grandes ($\geq 2\text{cm}^2$), secundários a trauma, fraturas intra-articulares, osteonecrose, osteocondrite dissecante e revisão de procedimentos de cartilagem que falharam anteriormente.^{36,37} Pode ser utilizado na forma de cilindros osteocondrais como os utilizados na mosaicoplastia ou na forma de enxertos maiores com instrumentação no momento da cirurgia de modo a ser compatibilizado com o tamanho do defeito do receptor.²⁶

O método de armazenamento dos enxertos (por exemplo, congelados, criopreservados, a fresco) tem papel decisivo na viabilidade dos condrocitos, na sua imunogenicidade e no tempo para transplante,³⁸⁻⁴⁰ sendo tipicamente armazenados em meio específico entre 4°C e 37°C.³⁶ Os enxertos a fresco possuem o maior grau de viabilidade celular, entretanto esta começa a reduzir após 14 dias naqueles refrigerados a 4°C,³⁸ atingindo 70% de condrocitos viáveis até 28 dias,⁴¹ sendo deletéria após esse período.³⁷

A compatibilidade de tamanho entre o doador e o receptor também é um ponto importante a ser considerado, sendo primordial garantir a congruência ótima da superfície para o tamanho, curvatura e formato para minimizar a formação de degrau articular, carga na borda do enxerto e risco de falência do enxerto.³⁷

Apresenta como vantagens o fato de poder ser realizado em um único procedimento,⁹ alcançar a arquitetura articular precisa e tratar grandes defeitos sem morbidade ao sítio

doador.⁴² Entretanto possui como desvantagens o fato de apresentar uma curva de aprendizado operatória mais difícil, o alto custo dos materiais, alta taxa de reoperação precoce (30% em dois anos), a disponibilidade de enxerto de joelho com dimensões semelhantes e o fato de a manipulação excessiva aumentar a morte dos condrocitos.³⁶

A técnica tem demonstrado resultados favoráveis com união radiográfica em 86% dos casos e bons a excelentes resultados em 86 a 89% em 2 anos. Entretanto, pacientes com idade superior a 30 anos e que realizaram três ou mais procedimentos prévios apresentam piores resultados.³³ No Brasil, o transplante osteocondral foi considerado, em um estudo, como sendo um procedimento seguro e apresentando bons resultados clínicos em curto e médio prazo para o tratamento de lesões osteocondrais do joelho (> 4cm²).⁴³ Entretanto, outro estudo alertou lesões ocorridas por uso de corticosteróides, lesões bipolares e doença degenerativa apresentam resultados inferiores em longo prazo utilizando enxerto a fresco.⁴⁴

Perspectivas de tratamento

Cartilagem picada ou particulada (Minced or particulate cartilage)

O princípio do uso de cartilagem autóloga picada ou particulada (*"minced cartilage"*, *"particulate cartilage"* ou *"cartilage chips"*) se baseia em cortar cartilagem hialina saudável e viável em pequenos pedaços, o menor possível (<1 mm³) até atingir uma aparência pastosa, seguido da implantação direta na lesão condral ou osteocondral.^{45,46}

A fragmentação induz a reparação através da ativação de condrocitos na migração, proliferação e diferenciação.⁴⁶ Deve ser realizada de forma rápida, com cortes precisos (usando bisturi, *shaver* ou picotador), evitando esmagar a cartilagem o que reduziria a viabilidade celular.^{45,46} Quanto menor o tamanho do fragmento, maior o potencial de proliferação e diferenciação dos condrocitos.⁴⁶

O procedimento, realizado por aberta⁴⁷ ou artroscópica,⁴⁸ é indicado para todos os tipos de lesões (contidas, isoladas e unipolares), podendo também ser usado em lesões osteocondrais. As técnicas de fixação descritas envolvem o plasma rico em plaquetas, cola de fibrina, membranas e uma combinação entre elas.⁴⁶ Apresenta como vantagens ser um procedimento em um estágio que transplanta condrocitos e matriz extracelular, podendo ser totalmente realizado por via artroscópica, rápido e atrativo economicamente. Entretanto, é limitado pelo tamanho do defeito.⁴⁸

Recentemente, foi descrita uma técnica utilizando cartilagem articular juvenil alógena intacta, particulada, com fragmentos aderidos ao defeito utilizando adesivo de fibrina. A cartilagem juvenil (<13 anos) apresenta como vantagem possuir potencial condrogênico superior ao da cartilagem adulta, além de ter demonstrado em laboratório a capacidade de formar cartilagem semelhante à hialina, com viabilidade celular de 40 a 45 dias entre a coleta e a enxertia.⁴⁹

Nos Estados Unidos da América, as técnicas de cartilagem autóloga picada (*Cartilage Autograft Implantation System* [CAIS; DePuy/Mitek]) e cartilagem juvenil particulada alógena (*DeNovo Natural Tissue* [NT]; Zimmer Inc, Warsaw, Estados

Unidos) foram descritas. Na primeira, CAIS, a cartilagem hialina é retirada artroscopicamente de uma área com pouca carga (parede lateral do nó intercondilar ou margem troclear), com um instrumento que picota a cartilagem em fragmentos de 1 a 2 mm e, posteriormente, dispersa a cartilagem picotada em um scaffold biodegradável. Já na segunda, DeNovo NT, após preparo do defeito e medida das suas dimensões, o enxerto é aplicado (um pacote para cada 2,5 cm² de tamanho do defeito). Ambos os procedimentos são promissores, porém os estudos sugerem que são necessários mais pesquisas para definir as suas indicações e contraindicações.^{17,50}

Wodzig et al.⁵¹ demonstraram resultados promissores do tratamento de 18 pacientes com procedimento de cartilagem autóloga picotada, com melhora significativa na função articular, qualidade de vida e dor após 12 meses de acompanhamento. Além disso, a avaliação radiológica evidenciou boa qualidade de cartilagem no mesmo período através do escore MOCART.

Aspirado de medula óssea e aspirado concentrado de medula óssea

O aspirado de medula óssea é uma mistura complexa de componentes celulares, incluindo plaquetas, células brancas, células vermelhas, precursores hematopoiéticos e não-hematopoiéticos.^{52,53} Já o aspirado concentrado de medula óssea (*BMAC, bone marrow aspirate concentrate*) descreve a mistura de elementos da medula óssea com células tronco mesenquimais isoladas da medula óssea obtida por uma ou múltiplas centrifugações de um aspirado de medula óssea.^{52,53} O aspirado concentrado de medula óssea já foi estudado isoladamente ou associado a procedimentos de reparo da cartilagem com boa eficácia clínica. Entretanto, ainda permanecem algumas questões quanto ao seu uso, incluindo a fonte de células, necessidade de expansão, momento de tratamento e quantidade.⁵³

Aspirado microfragmentado de tecido adiposo

O aspirado microfragmentado de tecido adiposo é um procedimento inovador e seguro,⁵⁴ sendo considerado simples, sustentável, minimamente invasivo, rápido e em um estágio⁵⁵ Dentre os métodos disponíveis no Brasil, o Lipogems® envolve um processo não enzimático utilizando força mecânica para que a gordura, obtida da gordura abdominal ou dos flancos, seja lavada, emulsificada e microfragmentada, removendo sangue e resíduos, sem detrimento da integridade do nicho estromal vascular.⁵⁶

Células tronco mesenquimais expandidas

O uso das células tronco mesenquimais expandidas no cenário clínico pode ser considerado seguro, tendo em vista a ausência de relatos a curto e médio prazo de eventos adversos maiores tanto relacionados ao tratamento, quanto ao procedimento para retirada das células. Além disso, a melhora clínica e os achados positivos histológicos e nos exames de imagem encontradas em alguns estudos indicam sua efetividade.⁵⁷ Todavia, o caminho ainda pode ser considerado longo se levarmos em consideração toda a complexidade relacionada aos processos de condrogênese e de reparo da cartilagem articular.⁵⁸

Considerações Finais

As lesões da cartilagem articular são de difícil tratamento devido à sua capacidade limitada de reparo. Existem diversas técnicas disponíveis para tratamento que envolvem desde a estimulação da medula óssea até o transplante de cilindros osteocondrais, todas apresentando vantagens e desvantagens inerentes aos procedimentos realizados. Novos procedimentos, incluindo a terapia celular têm apresentado potencial promissor para utilização. Entretanto, é necessário cautela pois alguns métodos ainda carecem estudos mais aprofundados, além da aprovação em agências regulatórias para uso no país.

Suporte Financeiro

A presente pesquisa não recebeu nenhum financiamento específico de agências de financiamento dos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Schreiner AJ, Stoker AM, Bozynski CC, Kuroki K, Stannard JP, Cook JL. Clinical application of the basic science of articular cartilage pathology and treatment. *J Knee Surg* 2020;33(11):1056–1068
- Ulrich-Vinther M, Maloney MD, Schwarz EM, Rosier R, O'Keefe RJ. Articular cartilage biology. *J Am Acad Orthop Surg* 2003;11(06):421–430
- Buckwalter JA, Mankin HJ. Articular cartilage: part I: design and chondrocyte-matrix interactions. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79(04):600–611
- Poole AR, Kojima T, Yasuda T, Mwale F, Kobayashi M, Laverty S. Composition and structure of articular cartilage: a template for tissue repair. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(391):S26–S33
- Hjelle K, Solheim E, Strand T, Muri R, Brittberg M. Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies. *Arthroscopy* 2002;18(07):730–734
- Arøen A, Løken S, Heir S, et al. Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med* 2004;32(01):211–215
- Makris EA, Gomoll AH, Malizos KN, Hu JC, Athanasiou KA. Repair and tissue engineering techniques for articular cartilage. *Nat Rev Rheumatol* 2015;11(01):21–34
- Cicuttini FM, Wluka AE. Osteoarthritis: Is OA a mechanical or systemic disease? *Nat Rev Rheumatol* 2014;10(09):515–516
- Moyad TF. Cartilage injuries in the adult knee: Evaluation and management. *Cartilage* 2011;2(03):226–236
- Krych AJ, Saris DBF, Stuart MJ, Hacken B. Cartilage injury in the knee: Assessment and treatment options. *J Am Acad Orthop Surg* 2020;28(22):914–922
- Kopf S, Sava MP, Stärke C, Becker R. The menisci and articular cartilage: a life-long fascination. *EFORT Open Rev* 2020;5(10):652–662
- Cole BJ, Pascual-Garrido C, Grumet RC. Surgical management of articular cartilage defects in the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2009;91(07):1778–1790
- Outerbridge RE. Further studies on the etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 1964;46(02):179–190
- Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 1961;43-B:752–757
- Brittberg M, Winalski CS. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am* 2003;85-A(Suppl 2):58–69
- Steadman JR, Rodkey WG, Briggs KK. Microfracture: Its history, and experience of the developing surgeon. *Cartilage* 2010;1(02):78–86

- 17 Redondo ML, Naveen NB, Liu JN, Tauro TM, Southworth TM, Cole BJ. Preservation of knee articular cartilage. *Sports Med Arthrosc Rev* 2018;26(04):e23–e30
- 18 Kwon H, Brown WE, Lee CA, et al. Surgical and tissue engineering strategies for articular cartilage and meniscus repair. *Nat Rev Rheumatol* 2019;15(09):550–570
- 19 Orth P, Gao L, Madry H. Microfracture for cartilage repair in the knee: a systematic review of the contemporary literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28(03):670–706
- 20 van Tuijn IM, Emanuel KS, van Hugten PPW, Jeuken R, Emans PJ. Prognostic factors for the clinical outcome after microfracture treatment of chondral and osteochondral defects in the knee joint: A systematic review. *Cartilage* 2023;14(01):5–16
- 21 Gomoll AH. Microfracture and augments. *J Knee Surg* 2012;25(01):9–15
- 22 Sommerfeldt MF, Magnussen RA, Hewett TE, Kaeding CC, Flanigan DC. Microfracture of articular cartilage. *JBJS Rev* 2016;4(06):e6
- 23 Welton KL, Logterman S, Bartley JH, Vidal AF, McCarty EC. Knee cartilage repair and restoration: Common problems and solutions. *Clin Sports Med* 2018;37(02):307–330
- 24 Solanki K, Shanmugasundaram S, Shetty N, Kim SJ. Articular cartilage repair & joint preservation: A review of the current status of biological approach. *J Clin Orthop Trauma* 2021;22:101602
- 25 Chimutengwende-Gordon M, Donaldson J, Bentley G. Current solutions for the treatment of chronic articular cartilage defects in the knee. *EFORT Open Rev* 2020;5(03):156–163
- 26 Hinckel BB, Thomas D, Vellios EE, et al. Algorithm for treatment of focal cartilage defects of the knee: Classic and new procedures. *Cartilage* 2021;13(1_suppl):473S–495S
- 27 Filardo G, Kon E, Roffi A, Di Martino A, Marcacci M. Scaffold-based repair for cartilage healing: a systematic review and technical note. *Arthroscopy* 2013;29(01):174–186
- 28 Jiang S, Guo W, Tian G, et al. Clinical application status of articular cartilage regeneration techniques: Tissue-engineered cartilage brings new hope. *Stem Cells Int* 2020;2020:5690252
- 29 Miyahira MKC, Novaretti JV, Astur DC, et al. Lesões condrais maiores tratadas com uso de membrana de colágeno-condrogênese autóloga induzida por matriz-apresentam maiores escores clínicos. *Rev Bras Ortop* 2021;56(03):333–339
- 30 Alvarez-Lozano E, Martinez-Rodriguez H, Forriol F. Tratamento de lesões condrais no joelho com condrocitos autólogos embebidos em arcabouço de fibrina. Avaliação clínica e funcional. *Rev Bras Ortop* 2021;56(04):470–477
- 31 Inderhaug E, Solheim E. Osteochondral autograft transplant (mosaicplasty) for knee articular cartilage defects. *JBJS Essential Surg Tech* 2019;9(04):e34.1–2
- 32 Jacob G, Shimomura K, Nakamura N. Osteochondral injury, management and tissue engineering approaches. *Front Cell Dev Biol* 2020;8:580868
- 33 Howell M, Liao Q, Gee CW. Surgical management of osteochondral defects of the knee: An educational review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2021;14(01):60–66
- 34 Karmali S, Guerreiro R, da Costa D, et al. Técnica de mosaicoplastia no tratamento de lesões osteocondrais isoladas do côndilo femoral do joelho-estudo retrospectivo. *Rev Bras Ortop* 2019;54(03):316–321
- 35 Espregueira-Mendes J, Andrade R, Monteiro A, et al. Mosaicplasty using grafts from the upper tibiofibular joint. *Arthrosc Tech* 2017;6(05):e1979–e1987
- 36 Cavendish PA, Everhart JS, Peters NJ, Sommerfeldt MF, Flanigan DC. Osteochondral allograft transplantation for knee cartilage and osteochondral defects: A review of indications, technique, rehabilitation, and outcomes. *JBJS Rev* 2019;7(06):e7
- 37 Lai WC, Bohlen HL, Fackler NP, Wang D. Osteochondral allografts in knee surgery: Narrative review of evidence to date. *Orthop Res Rev* 2022;14:263–274
- 38 Sherman SL, Garrity J, Bauer K, Cook J, Stannard J, Bugbee W. Fresh osteochondral allograft transplantation for the knee: current concepts. *J Am Acad Orthop Surg* 2014;22(02):121–133. [published correction appears in *J Am Acad Orthop Surg* 2014;22(3):199]
- 39 Zouzas IC, Bugbee WD. Osteochondral Allograft Transplantation in the Knee. *Sports Med Arthrosc Rev* 2016;24(02):79–84
- 40 Vivacqua TA, Prinz RD, Cavanellas N, et al. Protocolo para a captação, transporte e preservação de tecido osteocondral humano. *Rev Bras Ortop* 2020;55(07):163–169
- 41 Pisanu G, Cottino U, Rosso F, et al. Large osteochondral allografts of the knee: Surgical technique and indications. *Joints* 2018;6(01):42–53
- 42 Bedi A, Feeley BT, Williams RJ III. Management of articular cartilage defects of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(04):994–1009
- 43 Tirico LEP, Demange MK, Santos LUS, et al. Transplante osteocondral a fresco no joelho no Brasil: mínimo de dois anos de seguimento. *Rev Bras Ortop* 2017;52(01):75–81
- 44 Tirico LE, Demange MK. O uso do transplante osteocondral a fresco no tratamento das lesões osteocondrais do joelho. *Rev Bras Ortop* 2012;47(06):694–700
- 45 Salzmans GM, Ossendorff R, Gilat R, Cole BJ. Autologous minced cartilage implantation for treatment of chondral and osteochondral lesions in the knee joint: An overview. *Cartilage* 2021;13(1_suppl):1124S–1136S
- 46 Ossendorff R, Walter SG, Schildberg FA, et al. Biologic principles of minced cartilage implantation: a narrative review. *Arch Orthop Trauma Surg* 2022;***. Doi: 10.1007/s00402-022-04692-y. [published online ahead of print, 2022 Nov 16]
- 47 Salzmans GM, Calek AK, Preiss S. Second-generation autologous minced cartilage repair technique. *Arthrosc Tech* 2017;6(01):e127–e131
- 48 Schneider S, Ossendorff R, Holz J, Salzmans GM. Arthroscopic minced cartilage implantation (MCI): A technical note. *Arthrosc Tech* 2020;10(01):e97–e101
- 49 Pickett AM, Hensley DT Jr. Knee Cell-Based Cartilage Restoration. *J Knee Surg* 2019;32(02):127–133
- 50 Farr J, Cole BJ, Sherman S, Karas V. Particulated articular cartilage: CAIS and DeNovo NT. *J Knee Surg* 2012;25(01):23–29
- 51 Wodzig MHH, Peters MJM, Emanuel KS, et al. Minced autologous chondral fragments with fibrin glue as a simple promising one-step cartilage repair procedure: A clinical and MRI study at 12-month follow-up. *Cartilage* 2022;13(04):19–31
- 52 Piuze NS, Khlopas A, Newman JM, et al. Bone marrow cellular therapies: novel therapy for knee osteoarthritis. *J Knee Surg* 2018;31(01):22–26
- 53 Cotter EJ, Wang KC, Yanke AB, Chubinskaya S. Bone marrow aspirate concentrate for cartilage defects of the knee: from bench to bedside evidence. *Cartilage* 2018;9(02):161–170
- 54 Russo A, Screpis D, Di Donato SL, Bonetti S, Piovan G, Zorzi C. Autologous micro-fragmented adipose tissue for the treatment of diffuse degenerative knee osteoarthritis: an update at 3 year follow-up. *J Exp Orthop* 2018;5(01):52
- 55 Cattaneo G, De Caro A, Napoli F, Chiapale D, Trada P, Camera A. Micro-fragmented adipose tissue injection associated with arthroscopic procedures in patients with symptomatic knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord* 2018;19(01):176
- 56 Tremolada C, Colombo V, Ventura C. Adipose Tissue and Mesenchymal Stem Cells: State of the Art and Lipogems® Technology Development. *Curr Stem Cell Rev* 2016;2(03):304–312
- 57 Filardo G, Perdisa F, Roffi A, Marcacci M, Kon E. Stem cells in articular cartilage regeneration. *J Orthop Surg Res* 2016;11:42
- 58 Cruz IB, Severo AL, Azzolin VF, Garcia LF, Kuhn A, Lech O. Regenerative potential of the cartilaginous tissue in mesenchymal stem cells: update, limitations, and challenges. *Rev Bras Ortop* 2016;52(01):2–10