

EFICÁCIA CLÍNICA DO TRANSPLANTE OSTEOCONDRAIS AUTÓLOGO EM COMPARAÇÃO À CONDRÓGENESE AUTÓLOGA INDUZIDA POR MATRIZ COM MEMBRANA DE COLÁGENO NO TRATAMENTO DE LESÕES CONDRAIS E OSTEOCONDRAIS FOCAIS DO JOELHO: REVISÃO SISTEMÁTICA

CLINICAL EFFICACY OF OSTEOCHONDRAL AUTOGRAFT TRANSFER COMPARED WITH AUTOLOGOUS MATRIX-INDUCED CHONDROGENESIS USING A COLLAGEN MEMBRANE FOR FOCAL CHONDRAL AND OSTEOCHONDRAL LESIONS OF THE KNEE: A SYSTEMATIC REVIEW

Eric Lorenzeto Cardoso¹

Danilo Simões Rocha²

Bruno Vossio Brigido³

Douglas de Melo Moura⁴

Yuri de Moraes Facó⁵

RESUMO: Objetivo: sintetizar e comparar as evidências clínicas, funcionais, radiológicas e de segurança sobre a condrogênese autóloga induzida por matriz com membrana de colágeno (AMIC) e o transplante osteocondral autólogo (OAT/OATS) no tratamento de lesões condrais e osteocondrais focais do joelho. Métodos: revisão sistemática relatada conforme o PRISMA 2020. Foram pesquisadas as bases PubMed/MEDLINE e SciELO, além das listas de referências, para estudos clínicos publicados entre janeiro de 2016 e maio de 2026. A seleção e a extração foram realizadas por revisores independentes. O risco de viés foi avaliado por instrumentos específicos ao delineamento e a certeza da evidência pela abordagem GRADE. Resultados: dos 430 registros identificados, 31 artigos foram avaliados em texto completo e 29 integraram a síntese qualitativa: 16 investigaram AMIC ou variações, 12 avaliaram OAT/OATS e um comparou diretamente as técnicas. Ambas as abordagens produziram melhora da dor e da função. A AMIC apresentou resultados clínicos estáveis por até dez anos e desempenho superior à microfratura em estudos randomizados. O OAT/OATS demonstrou recuperação funcional, retorno esportivo e manutenção dos resultados em seguimentos de até 15-18 anos, embora com taxas variáveis de reoperação. Na única comparação direta, a AMIC apresentou maior escore Lysholm em dois anos, porém o delineamento retrospectivo, o pequeno grupo AMIC e o desequilíbrio no tamanho das lesões limitaram a inferência causal. Conclusão: AMIC e OAT/OATS são alternativas efetivas para pacientes selecionados, mas a evidência comparativa direta é insuficiente para estabelecer superioridade universal. A escolha deve considerar tamanho, localização e profundidade da lesão, comprometimento subcondral, demanda funcional e biomecânica do joelho.

Palavras-chave: Lesões condrais. Cartilagem articular. Joelho. Transplante osteocondral autólogo. Condrogênese autóloga induzida por matriz.

¹ Departamento de Ortopedia e Traumatologia HRS – Hospital Regional de Sobradinho, Distrito Federal, Brasil.

² Departamento de Ortopedia e Traumatologia HRS – Hospital Regional de Sobradinho, Distrito Federal, Brasil.

³ Departamento de Ortopedia e Traumatologia HRS – Hospital Regional de Sobradinho, Distrito Federal, Brasil.

⁴ Departamento de Ortopedia e Traumatologia UniRV – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, Goiás, Brasil.

⁵ Departamento de Ortopedia e Traumatologia HRS – Hospital Regional de Sobradinho, Distrito Federal, Brasil.

ABSTRACT: Objective: To synthesize and compare clinical, functional, radiological, and safety evidence on autologous matrix-induced chondrogenesis using a collagen membrane (AMIC) and osteochondral autograft transfer (OAT/OATS) for focal chondral and osteochondral lesions of the knee. Methods: A systematic review reported according to PRISMA 2020. PubMed/MEDLINE and SciELO, together with reference lists, were searched for clinical studies published from January 2016 to May 2026. Study selection and data extraction were performed independently. Risk of bias was assessed using design-specific instruments, and certainty of evidence was evaluated with the GRADE approach. Results: Of 430 records identified, 31 full-text articles were assessed and 29 were included in the qualitative synthesis: 16 investigated AMIC or its variations, 12 evaluated OAT/OATS, and one directly compared the techniques. Both approaches improved pain and function. AMIC showed stable clinical outcomes for up to 10 years and outperformed microfracture in randomized studies. OAT/OATS provided functional recovery, return to sport, and maintenance of outcomes at follow-up periods of up to 15-18 years, although reoperation rates varied. In the only direct comparison, AMIC produced a higher Lysholm score at two years; however, the retrospective design, small AMIC group, and imbalance in lesion size limited causal inference. Conclusion: AMIC and OAT/OATS are effective options for selected patients, but direct comparative evidence is insufficient to establish universal superiority. Treatment selection should consider lesion size, location and depth, subchondral bone involvement, functional demand, and knee biomechanics.

Keywords: Chondral lesions. Articular cartilage. Knee. Osteochondral autograft transfer. Autologous matrix-induced chondrogenesis.

1. INTRODUÇÃO

A cartilagem articular do joelho é um tecido conjuntivo especializado, estruturado para permitir deslizamento entre as superfícies articulares, distribuição de cargas e redução do atrito durante o movimento. Apesar de sua importância biomecânica, esse tecido apresenta baixa capacidade de reparo espontâneo, pois possui limitada vascularização, baixa densidade celular e reduzida atividade proliferativa dos condrócitos maduros. Por essa razão, lesões condrais e osteocondrais podem evoluir com dor, derrame articular, limitação funcional, redução do desempenho esportivo ou ocupacional e, em alguns casos, progressão para alterações degenerativas. Esse cenário torna o tratamento das lesões condrais focais do joelho um tema relevante para a ortopedia, para a medicina esportiva e para a reabilitação funcional, especialmente em pacientes jovens e ativos, nos quais a preservação articular é um objetivo terapêutico central (GILLE et al., 2021; KAISER et al., 2021).

As lesões condrais focais podem ocorrer em diferentes regiões do joelho, incluindo côndilos femorais, tróclea e patela. Sua apresentação clínica depende da localização, do tamanho, da profundidade da lesão, do grau de comprometimento do osso subcondral e da presença de alterações associadas, como instabilidade ligamentar, desalinhamento do membro inferior, menissectomia prévia, sobrecarga patelofemoral ou episódios traumáticos. Embora algumas lesões sejam identificadas incidentalmente durante artroscopias, lesões sintomáticas

de espessura total tendem a comprometer de forma significativa a função articular. Karmali et al. (2019) destacam que lesões osteocondrais focais do joelho são frequentes em pacientes submetidos à artroscopia e que o tratamento, sobretudo quando se trata de indivíduos jovens com lesões isoladas, ainda permanece em discussão. Essa complexidade clínica justifica a necessidade de comparar métodos terapêuticos que buscam restaurar ou reparar a superfície articular com maior durabilidade.

O manejo das lesões condrais pode envolver desde medidas conservadoras até procedimentos cirúrgicos de reparo ou restauração da cartilagem. Entre as alternativas cirúrgicas, a microfratura foi amplamente utilizada por ser tecnicamente simples, de baixo custo e realizada em tempo único. Entretanto, sua principal limitação está relacionada à formação predominante de fibrocartilagem, tecido que não reproduz integralmente as propriedades mecânicas e biológicas da cartilagem hialina. Estudos comparativos de longo prazo sugerem que os resultados da microfratura podem se deteriorar com o tempo, especialmente em lesões maiores. Volz et al. (2017) demonstraram, em ensaio clínico randomizado, que todos os grupos apresentaram melhora inicial nos dois primeiros anos após o tratamento, mas o grupo tratado apenas com microfratura apresentou deterioração funcional progressiva, enquanto os grupos tratados com condrogênese autóloga induzida por matriz mantiveram resultados mais estáveis em cinco anos. Em seguimento de dez anos, Volz et al. (2024) reforçaram que a associação da microfratura à membrana de colágeno esteve relacionada a melhores desfechos clínicos em comparação à microfratura isolada.

O transplante osteocondral autólogo, também denominado transferência de enxerto osteocondral autólogo (OAT), sistema de transferência de enxerto osteocondral autólogo (OATS) ou mosaicoplastia, é uma técnica restauradora em tempo único. Seu princípio consiste na retirada de cilindros osteocondrais de áreas de menor carga do próprio joelho e transferência para o defeito condral ou osteocondral. A principal vantagem desse método é a possibilidade de preencher o defeito com cartilagem hialina madura associada ao osso subcondral, promovendo restauração imediata da arquitetura osteocondral. Essa característica diferencia o OAT de técnicas que dependem exclusivamente da formação de tecido reparador a partir da medula óssea. Por outro lado, a técnica apresenta limitações, como disponibilidade restrita de área doadora, risco de morbidade no sítio de coleta, dificuldade técnica em lesões amplas ou irregulares e necessidade de adequada congruência entre enxerto e superfície receptora (AMOO-ACHAMPONG et al., 2026; FIGUEROA et al., 2024).

Os resultados clínicos do transplante osteocondral autólogo são descritos como favoráveis em diferentes populações, embora dependam de critérios adequados de indicação. Karmali et al. (2019), em estudo retrospectivo com pacientes submetidos à mosaicoplastia para lesões osteocondrais isoladas do côndilo femoral, observaram melhora significativa no escore do Comitê Internacional de Documentação do Joelho (IKDC) após o procedimento. Solheim et al. (2017), em estudo randomizado com seguimento de 15 a 17 anos, identificaram resultados superiores da mosaicoplastia em comparação à microfratura em lesões condrais do joelho, com diferença clinicamente relevante nos escores funcionais ao longo do seguimento. Estudos mais recentes também reforçam a utilidade do OAT em lesões sintomáticas, mas apontam fatores que devem ser considerados na indicação. Figueroa et al. (2024) observaram que pacientes com menos de 40 anos apresentaram melhores resultados funcionais após OAT, enquanto Amoo-Achampong et al. (2026) relataram melhora sustentada em seguimento médio e longo, mas também uma taxa importante de reoperação, indicando que a efetividade da técnica deve ser analisada em conjunto com risco de falha e necessidade de novos procedimentos.

Nas lesões patelares, o tratamento é ainda mais desafiador, pois a articulação patelofemoral está submetida a altas cargas compressivas e forças de cisalhamento durante atividades como subir escadas, agachar, correr e saltar. Além disso, alterações de alinhamento, instabilidade patelar e aumento da pressão de contato podem interferir no processo de reparo cartilaginoso. Figueroa et al. (2020) avaliaram pacientes jovens submetidos a transplante osteocondral autólogo para lesões condrais patelares de alto grau e relataram bons resultados funcionais e achados favoráveis por ressonância magnética. Esses dados sugerem que o OAT pode representar alternativa viável para defeitos patelares selecionados, especialmente em pacientes jovens e com lesões de tamanho limitado. No entanto, a literatura também demonstra que a localização patelofemoral pode apresentar resultados variáveis, o que reforça a importância de estudos comparativos e de sínteses sistemáticas que considerem separadamente as características anatômicas das lesões.

A condrogênese autóloga induzida por matriz, conhecida pela sigla AMIC, surgiu como uma estratégia de reparo biológico que combina estimulação da medula óssea com aplicação de uma membrana de colágeno, geralmente do tipo I/III. A técnica busca superar algumas limitações da microfratura isolada, pois a membrana atua como uma barreira protetora e como estrutura de suporte para estabilizar o coágulo, reduzir a dispersão celular para o espaço articular e favorecer a diferenciação de células mesenquimais no interior do defeito. Trata-se de

procedimento em etapa única, sem necessidade de cultivo celular, o que reduz a complexidade logística quando comparado a técnicas em dois tempos, como algumas formas de implante autólogo de condrócitos. Astur et al. (2018) descrevem a AMIC como técnica de reparação biológica indicada para lesões condrais de espessura total em joelhos sintomáticos, com avaliação clínica, funcional e por ressonância magnética após o procedimento.

A evidência clínica sobre AMIC tem crescido na última década. Astur et al. (2018), em estudo brasileiro com pacientes submetidos à técnica com membrana de colágeno I/III, observaram redução da dor e melhora dos escores Lysholm e Kujala no seguimento de um ano. Schiavone Panni et al. (2018) avaliaram lesões condrais maiores que 2 cm² e identificaram melhora clínica e funcional mantida em seguimento de sete anos. Gille et al. (2021), em estudo de seguimento com registro multicêntrico, relataram melhora significativa dos escores Lysholm, KOOS e dor pela escala visual analógica, com manutenção de resultados favoráveis por até sete anos. Esses achados sugerem que a AMIC pode apresentar estabilidade clínica em médio prazo, sobretudo quando aplicada em lesões bem indicadas e associada ao controle de fatores biomecânicos relevantes.

Além dos resultados gerais, estudos específicos têm investigado a AMIC em contextos clínicos particulares. Lahner et al. (2018) avaliaram pacientes com sobrepeso e observaram melhora da dor e da função, embora tenham destacado que o aumento do índice de massa corporal pode reduzir a taxa de sucesso mesmo quando há cobertura satisfatória do defeito em exames de imagem. Kaiser et al. (2021) demonstraram resultados clínicos estáveis após aproximadamente nove anos em joelhos alinhados, ressaltando a importância da correção do desalinhamento ou do mau rastreamento patelar quando indicado. Waltenspül et al. (2021) analisaram lesões retropatelares tratadas com AMIC e relataram baixa taxa de falha em médio prazo quando procedimentos corretivos associados foram realizados conforme a necessidade. Tradati et al. (2020), ao estudar lesões patelares isoladas, também observou bons resultados em seguimento médio, indicando que a técnica pode ser considerada alternativa em defeitos patelares selecionados.

A comparação direta entre AMIC e OAT/OATS ainda é limitada na literatura. Debieux et al. (2025) realizaram estudo comparativo com pacientes submetidos a AMIC ou OATS para lesões condrais patelares e observaram melhora funcional nos dois grupos após dois anos. No entanto, os pacientes tratados com AMIC apresentaram melhores resultados clínicos e funcionais em parte dos escores avaliados, mesmo com maior tamanho médio de lesão nesse

grupo. Apesar da relevância desse achado, os próprios autores destacam limitações, como delineamento retrospectivo, pequeno número de pacientes no grupo AMIC e heterogeneidade entre os grupos. Assim, embora esse estudo seja importante por comparar diretamente as duas técnicas, seus resultados devem ser interpretados com cautela e complementados por análise sistemática de outros estudos clínicos disponíveis.

A escolha entre transplante osteocondral autólogo e AMIC deve considerar múltiplos fatores. O OAT tende a ser indicado quando se busca restauração osteocondral com cartilagem hialina, sobretudo em lesões menores, contidas e com componente osteocondral, desde que exista área doadora adequada. A AMIC, por sua vez, pode ser considerada em lesões condrais ou osteocondrais de tamanho moderado, principalmente quando se deseja evitar morbidade de área doadora e realizar procedimento em tempo único com suporte biológico ao coágulo medular. Entretanto, nenhuma técnica deve ser analisada isoladamente do contexto biomecânico do joelho. Desalinhamento, instabilidade, lesões meniscais, sobrecarga patelofemoral e índice de massa corporal podem modificar os resultados, sendo necessário que a indicação cirúrgica seja individualizada e acompanhada de protocolo adequado de reabilitação.

Outro ponto relevante para a interpretação da literatura é a diversidade de desfechos utilizados. Os estudos incluem escalas funcionais, como IKDC, KOOS, Lysholm, Kujala e Tegner; avaliação da dor por escala visual analógica; retorno ao esporte ou às atividades; achados de imagem por MOCART; além de registro de falhas, reoperações e conversão para artroplastia. Essa heterogeneidade dificulta comparações diretas entre estudos e reduz a força das conclusões quando os dados são analisados de forma isolada. Behrendt et al. (2024), por exemplo, demonstraram melhores desfechos relatados pelos pacientes com AMIC em comparação ao implante de cartilagem autóloga fragmentada, enquanto Amoo-Achampong et al. (2026) evidenciaram melhora sustentada após OAT, mas com taxa de reoperação clinicamente relevante. Esses resultados indicam que a eficácia deve ser compreendida não apenas pela melhora de escores, mas também pela durabilidade, segurança, necessidade de revisão cirúrgica e aplicabilidade em diferentes perfis de pacientes.

Nesse contexto, uma revisão sistemática é pertinente porque permite organizar criticamente as evidências clínicas disponíveis sobre AMIC e transplante osteocondral autólogo no tratamento das lesões condrais e osteocondrais do joelho. A sistematização da literatura pode contribuir para identificar quais estudos apresentam maior qualidade metodológica, quais populações foram avaliadas, quais critérios de inclusão foram adotados, quais escalas foram

utilizadas e quais fatores estão associados a melhores ou piores resultados. Além disso, a revisão pode evidenciar lacunas relevantes, como a escassez de ensaios clínicos comparativos diretos entre AMIC e OATS, a variabilidade dos protocolos de reabilitação, a ausência de padronização de desfechos e o número limitado de estudos com seguimento longo.

Diante do exposto, observa-se que tanto o transplante osteocondral autólogo quanto a condrogênese autóloga induzida por matriz com membrana de colágeno representam alternativas cirúrgicas relevantes para o tratamento de lesões condrais focais do joelho. As duas técnicas apresentam fundamentos biológicos distintos, vantagens específicas e limitações próprias. Enquanto o OAT busca restaurar a unidade osteocondral por meio de enxerto autólogo, a AMIC busca potencializar o reparo medular com suporte de matriz colágena. A comparação entre essas abordagens é importante para orientar a tomada de decisão clínica, especialmente em relação ao tamanho da lesão, localização anatômica, idade, nível de atividade, presença de alterações biomecânicas associadas e risco de reoperação.

O presente estudo tem o objetivo analisar as evidências clínicas disponíveis sobre o tratamento de lesões condrais e osteocondrais focais do joelho por transplante osteocondral autólogo em comparação à condrogênese autóloga induzida por matriz com membrana de colágeno. De modo específico, pretende-se identificar os principais estudos clínicos publicados sobre OAT/OATS/mosaicoplastia e AMIC, descrever os desfechos funcionais, dolorosos, radiológicos e cirúrgicos utilizados, comparar os resultados relatados pelas diferentes técnicas, analisar fatores associados a melhores ou piores prognósticos e apontar limitações metodológicas da literatura que possam orientar futuras pesquisas clínicas nessa área

2. METODOLOGIA

2.1 Delineamento e diretrizes de relato

Trata-se de uma revisão sistemática de estudos clínicos, delineada para sintetizar e comparar as evidências disponíveis sobre a condrogênese autóloga induzida por matriz com membrana de colágeno (AMIC) e o transplante osteocondral autólogo (OAT/OATS/mosaicoplastia) no tratamento de lesões condrais e osteocondrais focais do joelho. A condução e o relato da revisão foram estruturados conforme as recomendações dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises (PRISMA 2020). O protocolo metodológico foi definido antes da triagem dos registros e contemplou, de forma previamente definida, a pergunta de pesquisa, os critérios de elegibilidade, as fontes de

informação, a estratégia de busca, os desfechos, o processo de seleção, a extração dos dados, a avaliação do risco de viés e o plano de síntese.

A comparação direta entre AMIC e OAT/OATS constituiu o eixo principal da revisão. Em razão da escassez esperada de estudos comparativos diretos, também foram admitidos estudos clínicos que avaliaram apenas uma das técnicas, desde que apresentassem resultados pós-operatórios pertinentes. Esses estudos foram utilizados como evidência complementar para caracterizar efetividade, durabilidade e segurança de cada procedimento, sendo analisados separadamente e sem inferência de superioridade baseada em comparações indiretas não ajustadas.

2.2 Pergunta de pesquisa e estrutura PICOS

A pergunta norteadora foi definida da seguinte forma: em pacientes com lesões condrais ou osteocondrais focais do joelho, a AMIC com membrana de colágeno apresenta resultados clínicos, funcionais, radiológicos e cirúrgicos diferentes daqueles observados após o transplante osteocondral autólogo? A estrutura PICOS adotada está apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Estrutura PICOS da revisão sistemática.

Componente	Definição operacional
P - População	Pacientes com lesões condrais ou osteocondrais focais do joelho, independentemente da localização anatômica, desde que submetidos a tratamento cirúrgico com uma das técnicas de interesse.
I - Intervenção	Condrogênese autóloga induzida por matriz (AMIC), com estimulação da medula óssea e cobertura do defeito por membrana de colágeno, predominantemente dos tipos I/III.
C - Comparador	Transplante osteocondral autólogo, incluindo transferência de enxerto osteocondral autólogo (OAT), sistema de transferência de enxerto osteocondral autólogo (OATS) e mosaicoplastia.
O - Desfechos	Dor; função do joelho; nível de atividade e retorno ao esporte; qualidade do reparo por imagem; complicações; falha terapêutica; reoperação; conversão para artroplastia e satisfação do paciente.
S - Estudos	Ensaio clínicos randomizados, estudos comparativos prospectivos ou retrospectivos, coortes e séries de casos com resultados clínicos pós-operatórios. Estudos comparativos diretos foram priorizados na interpretação.

2.3 Critérios de elegibilidade

Foram incluídos estudos clínicos originais publicados entre janeiro de 2016 e maio de 2026 que investigaram pacientes com lesões condrais ou osteocondrais focais do joelho tratados por AMIC ou por transplante osteocondral autólogo e que apresentaram pelo menos um desfecho clínico, funcional, radiológico ou cirúrgico de interesse. Foram elegíveis ensaios

clínicos randomizados, estudos comparativos não randomizados, coortes prospectivas ou retrospectivas e séries de casos. Estudos com procedimentos concomitantes, como correção do alinhamento, estabilização patelar, reconstrução ligamentar ou tratamento meniscal, puderam ser incluídos quando os resultados da técnica de reparo cartilaginoso permaneciam identificáveis; tais procedimentos foram registrados para análise da heterogeneidade clínica.

Foram excluídos artigos de revisão narrativa ou sistemática, meta-análises, editoriais, cartas ao editor, comentários, protocolos sem resultados, resumos de congresso sem texto completo, notas técnicas sem casuística clínica, estudos exclusivamente experimentais, animais ou cadavéricos, estudos não relacionados ao joelho e publicações fora do intervalo temporal estabelecido. Também foram excluídos estudos nos quais a intervenção de interesse não pudesse ser diferenciada de outras técnicas. Quando duas ou mais publicações utilizaram a mesma coorte, foi priorizado o relato com maior tempo de seguimento, maior amostra ou maior completude dos resultados; publicações anteriores foram utilizadas apenas para complementar informações metodológicas não repetidas no estudo principal.

2.4 Fontes de informação e período da busca

A busca eletrônica foi realizada nas bases PubMed/MEDLINE e SciELO. A PubMed/MEDLINE foi utilizada como principal fonte biomédica internacional, enquanto a SciELO foi empregada para ampliar a recuperação de estudos latino-americanos e ibero-americanos. A busca abrangeu publicações de janeiro de 2016 a maio de 2026 e foi atualizada em maio de 2026, antes da conclusão da seleção. Como busca complementar, foram examinadas manualmente as listas de referências dos artigos incluídos e de revisões relevantes identificadas durante a triagem, com a finalidade de localizar estudos potencialmente elegíveis não recuperados pela estratégia eletrônica.

2.5 Estratégia de busca

A estratégia foi elaborada mediante combinação de descritores controlados e termos livres relacionados ao joelho, às lesões da cartilagem articular e às duas técnicas cirúrgicas. Os termos foram combinados com os operadores booleanos E e OU e adaptados às regras de indexação de cada base. Em português, os conceitos pesquisados corresponderam a articulação do joelho, cartilagem articular, defeito de cartilagem, lesão condral, lesão osteocondral, condrogênese autóloga induzida por matriz, membrana de colágeno, transferência de enxerto

osteocondral autólogo, sistema de transferência de enxerto osteocondral autólogo e mosaicoplastia. Para assegurar a reprodutibilidade, a estratégia principal utilizada na PubMed/MEDLINE é apresentada abaixo na sintaxe original de indexação da base:

((("Knee Joint"[Mesh] OR knee[Title/Abstract]) AND ("Cartilage, Articular"[Mesh] OR cartilage defect*[Title/Abstract] OR chondral lesion*[Title/Abstract] OR osteochondral lesion*[Title/Abstract] OR articular cartilage[Title/Abstract])) AND ((autologous matrix-induced chondrogenesis[Title/Abstract] OR AMIC[Title/Abstract] OR collagen membrane[Title/Abstract]) OR (osteochondral autograft transfer[Title/Abstract] OR osteochondral autograft transfer system[Title/Abstract] OR OAT[Title/Abstract] OR OATS[Title/Abstract] OR mosaicplast*[Title/Abstract]))).

Na SciELO, a estratégia foi adaptada para: (joelho) AND (lesão condral OR lesão osteocondral OR defeito de cartilagem) AND (AMIC OR condrogênese autóloga induzida por matriz OR membrana de colágeno OR transplante osteocondral autólogo OR transferência de enxerto osteocondral autólogo OR OAT OR OATS OR mosaicoplastia). Quando disponíveis, foram aplicados filtros para estudos em seres humanos e para o período de publicação definido. As estratégias foram mantidas suficientemente sensíveis para recuperar tanto estudos comparativos diretos quanto coortes de uma única técnica.

2.6 Gerenciamento dos registros e seleção dos estudos

Os registros recuperados foram exportados para uma planilha eletrônica de gerenciamento, na qual se procedeu à identificação e remoção de duplicatas. A seleção foi realizada em duas etapas por dois revisores independentes. Na primeira etapa, títulos e resumos foram examinados de acordo com os critérios de elegibilidade. Na segunda, os textos completos dos registros potencialmente relevantes foram avaliados integralmente. As decisões foram registradas de forma padronizada, e os motivos de exclusão na etapa de texto completo foram documentados. Divergências foram solucionadas por consenso; persistindo o desacordo, um terceiro revisor atuou como árbitro. O processo completo foi representado em fluxograma PRISMA 2020.

2.7 Extração e gerenciamento dos dados

A extração foi efetuada de forma independente por dois revisores, mediante formulário padronizado. Foram coletados: autor e ano; país; delineamento; tamanho da amostra; idade e

sexo; critérios de seleção; localização, profundidade e área da lesão; integridade do osso subcondral; técnica cirúrgica; número e diâmetro dos cilindros no OAT/OATS, quando informados; tipo de membrana e método de fixação na AMIC; procedimentos concomitantes; protocolo de reabilitação; duração e perdas de seguimento; instrumentos de avaliação; resultados clínicos e radiológicos; complicações; falhas; reoperações e conclusões dos autores.

Foram priorizados dados ajustados em estudos comparativos, quando disponíveis. Na ausência de informações numéricas completas, os resultados foram descritos conforme apresentados no artigo, sem imputação de valores. Dados provenientes de múltiplos relatos da mesma coorte foram consolidados para evitar dupla contagem dos participantes.

2.8 Desfechos e momentos de seguimento

Os desfechos primários foram dor e função do joelho. A dor foi considerada por escala visual analógica ou instrumento equivalente. A função foi avaliada por medidas validadas, incluindo o Comitê Internacional de Documentação do Joelho (IKDC), o Escore de Desfechos de Lesão do Joelho e Osteoartrite (KOOS), os escores de Lysholm, Kujala e Tegner e o Índice de Osteoartrite das Universidades de Ontário Ocidental e McMaster (WOMAC), além de outros escores específicos relatados pelos estudos.

Os desfechos secundários incluíram qualidade e preenchimento do tecido de reparo por ressonância magnética, especialmente pelo Escore de Observação do Tecido de Reparo da Cartilagem por Ressonância Magnética (MOCART); retorno ao esporte, ao trabalho ou às atividades habituais; nível de atividade; satisfação; complicações; morbidade da área doadora; falha clínica ou estrutural; reoperação; revisão do procedimento e conversão para artroplastia. Para favorecer a comparabilidade temporal, os resultados foram organizados em curto prazo (até 24 meses), médio prazo (mais de 24 até 60 meses) e longo prazo (mais de 60 meses), preservando-se também o maior seguimento disponível de cada coorte.

2.9 Medidas de efeito e abordagem comparativa

Nos estudos que compararam diretamente AMIC e OAT/OATS, foram extraídas as diferenças entre os grupos e as respectivas medidas de precisão, quando disponíveis. Desfechos contínuos foram considerados como diferença de médias ou diferença de médias padronizada, e desfechos dicotômicos como risco relativo, razão de chances ou proporção de eventos, preferencialmente com intervalos de confiança de 95%. Quando os estudos apresentaram apenas

valores pré e pós-operatórios, foram registradas a magnitude da variação intragrupo e sua significância estatística.

Os resultados de estudos não comparativos foram utilizados para descrever o desempenho de cada técnica, mas não foram confrontados numericamente como se constituíssem comparação direta, devido ao risco de confundimento por diferenças de idade, tamanho e localização da lesão, indicação cirúrgica, procedimentos concomitantes, protocolo de reabilitação e tempo de seguimento.

2.10 Avaliação do risco de viés

O risco de viés foi avaliado por dois revisores independentes, com instrumento compatível com o delineamento. Ensaio clínico randomizado foram examinados pela ferramenta RoB 2 para avaliação do risco de viés em estudos randomizados, considerando randomização, desvios das intervenções pretendidas, dados ausentes, mensuração dos desfechos e seleção do resultado relatado. Estudos comparativos não randomizados foram avaliados pelo instrumento ROBINS-I para avaliação do risco de viés em estudos não randomizados de intervenções, com ênfase em confundimento, seleção dos participantes, classificação das intervenções, desvios do tratamento, perdas de seguimento, aferição dos desfechos e relato seletivo. Séries de casos foram analisadas pela lista de verificação para avaliação crítica do Instituto Joanna Briggs (JBI).

12

Na avaliação do confundimento, foram considerados especialmente idade, índice de massa corporal, tamanho e localização do defeito, comprometimento do osso subcondral, alinhamento do membro, instabilidade ligamentar ou patelar, condição meniscal, nível de atividade e procedimentos concomitantes. As discordâncias foram resolvidas por consenso ou por terceiro avaliador. A interpretação dos resultados considerou a direção e a magnitude dos achados em conjunto com o risco de viés de cada estudo.

2.11 Síntese dos dados

A síntese foi estruturada em três níveis: estudos comparativos diretos entre AMIC e OAT/OATS; estudos clínicos de AMIC; e estudos clínicos de transplante osteocondral autólogo. Dentro de cada grupo, os achados foram organizados por localização anatômica da lesão (côndilos femorais, tróclea e patela), tamanho do defeito, duração do seguimento e

presença de procedimentos concomitantes. A interpretação considerou magnitude, direção, precisão e consistência dos efeitos, além das taxas de complicação, falha e reoperação.

A realização de meta-análise foi considerada apenas para conjuntos de estudos com compatibilidade suficiente quanto à população, à comparação, ao instrumento de desfecho e ao momento de seguimento. Entretanto, a heterogeneidade clínica e metodológica, associada ao número reduzido de comparações diretas, não permitiu uma estimativa quantitativa agrupada confiável. Assim, adotou-se síntese qualitativa estruturada, evitando conclusões baseadas exclusivamente na contagem de resultados estatisticamente significativos.

2.12 Avaliação da certeza da evidência

A certeza do conjunto de evidências foi examinada pela abordagem GRADE, destinada à classificação da certeza da evidência, para os desfechos considerados críticos: dor, função, falha terapêutica e reoperação. Foram avaliados risco de viés, inconsistência, imprecisão, evidência indireta e possibilidade de viés de publicação. A evidência proveniente de estudos randomizados iniciou em nível alto, enquanto a evidência observacional iniciou em nível baixo, com rebaixamento ou elevação conforme os critérios do método. As evidências diretas e complementares foram julgadas separadamente, de modo a não superestimar conclusões derivadas de comparações indiretas.

13

2.13 Aspectos éticos e integridade científica

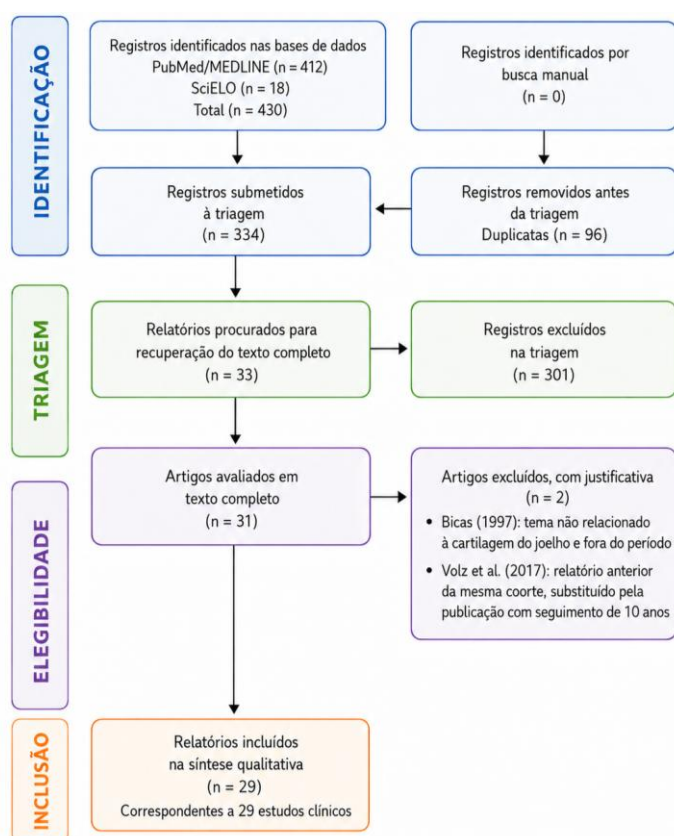
Por utilizar exclusivamente dados de estudos publicados e não envolver contato com participantes, coleta de informações identificáveis ou intervenção em seres humanos, a revisão não demandou submissão a comitê de ética em pesquisa. Foram adotados procedimentos de rastreabilidade, incluindo registro das decisões de elegibilidade, consolidação de publicações duplicadas e análise independente por revisores, com o objetivo de reduzir erros de seleção e interpretação.

3. RESULTADOS

A busca eletrônica identificou 430 registros, dos quais 412 foram recuperados na PubMed/MEDLINE e 18 na SciELO. Após a remoção de 96 duplicatas, 334 registros foram submetidos à triagem por título e resumo, com exclusão de 301 registros. Na etapa de elegibilidade, 33 artigos científicos foram selecionados para recuperação do texto completo; 31

foram obtidos e avaliados integralmente. Dois artigos foram excluídos: Bicas (1997), por não abordar lesões condrais ou osteocondrais do joelho e por ter sido publicado fora do período de interesse, e Volz et al. (2017), por constituir uma publicação anterior da mesma coorte posteriormente apresentada com seguimento de dez anos. Ao final, 29 artigos científicos foram incluídos na síntese qualitativa. Os motivos de exclusão estão discriminados na Tabela 2, enquanto o processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos é apresentado na Figura 1. Os estudos com possível sobreposição parcial de participantes foram vinculados, e suas amostras não foram somadas para a estimativa de um total agregado.

Figura 1: Fluxograma PRISMA 2020 do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos.



Os 29 artigos científicos incluídos foram publicados entre 2017 e 2026. Dezesseis investigaram a condrogênese autóloga induzida por matriz (AMIC) ou variações da técnica, 12 avaliaram o transplante osteocondral autólogo (OAT/OATS) e um realizou comparação direta entre AMIC e OATS. Os tamanhos amostrais variaram de cinco a 131 participantes, e os períodos de seguimento, de 12 meses a 18 anos. Predominaram estudos retrospectivos e séries de casos, que corresponderam a 18 dos 29 estudos incluídos (62,1%). Foram identificadas cinco

coortes ou registros prospectivos, quatro estudos comparativos não randomizados e dois ensaios clínicos randomizados. A distribuição dos estudos segundo intervenção, delineamento metodológico e ano de publicação encontra-se sintetizada na Figura 2.

A maior parte dos estudos concentrou-se em amostras pequenas ou moderadas e em seguimentos inferiores a cinco anos. Apenas algumas coortes apresentaram mais de 80 participantes ou acompanhamento superior a dez anos. A relação entre tamanho amostral, duração do seguimento, intervenção e delineamento é demonstrada na Figura 3. Houve heterogeneidade quanto à etiologia, localização, profundidade e extensão das lesões, aos procedimentos concomitantes, aos protocolos de reabilitação e aos instrumentos de avaliação. Em razão dessa heterogeneidade e da existência de apenas uma comparação direta entre as técnicas, não foi realizada meta-análise.

Figura 2: Perfil descritivo do conjunto de evidências.

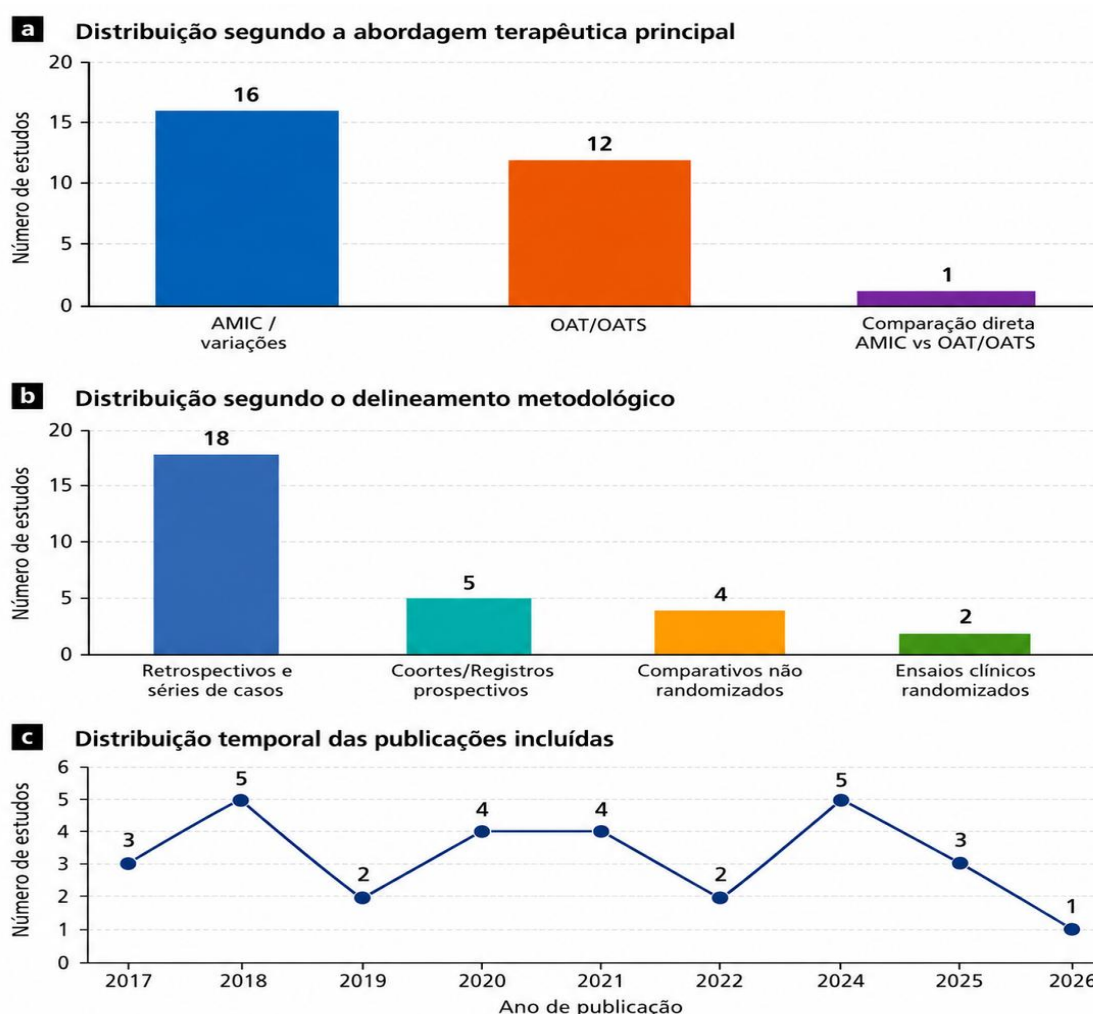
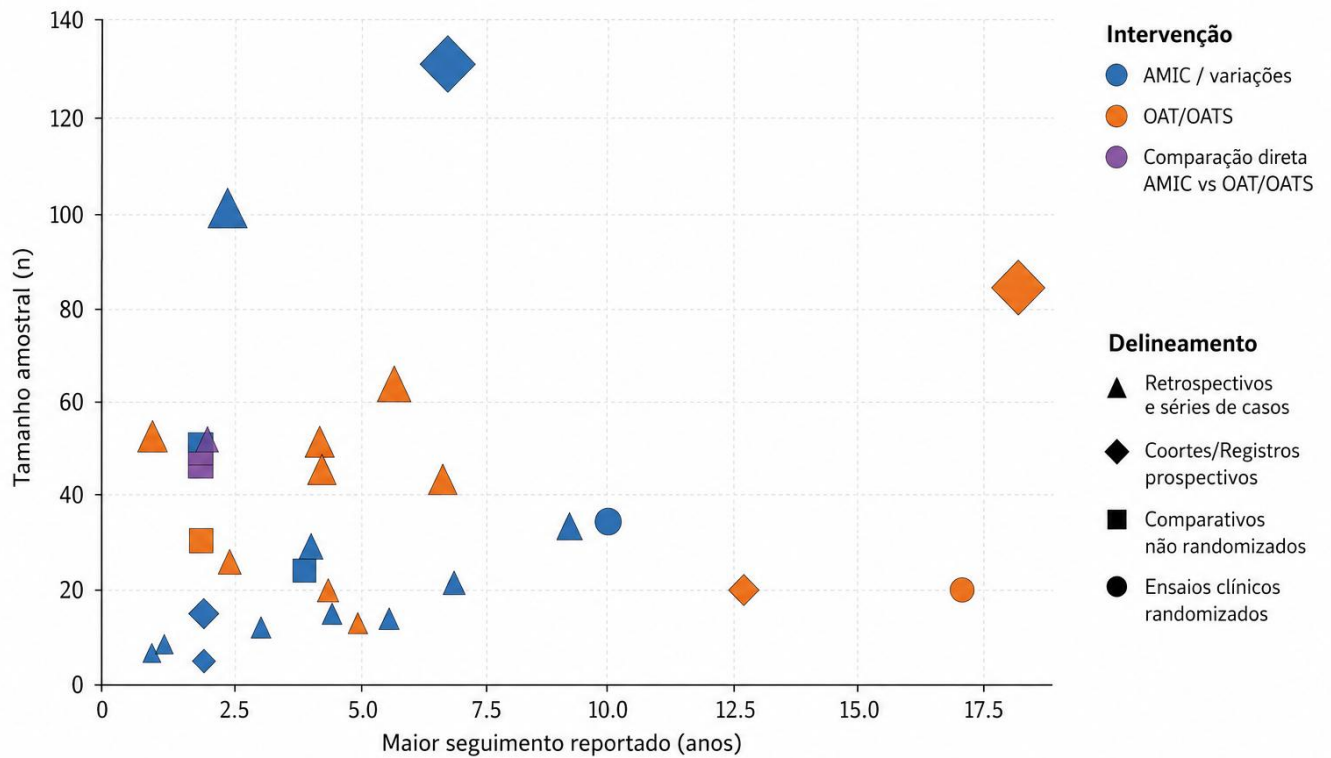


Figura 3: Mapa do conjunto de evidências segundo tamanho amostral e seguimento.



A Tabela 3 apresenta as características metodológicas e os principais resultados dos 29 estudos incluídos. Os desfechos mais frequentemente analisados foram dor, IKDC, KOOS, Lysholm, Kujala, Tegner, retorno ao esporte, falha, reoperação e avaliação do tecido de reparo por ressonância magnética, particularmente pelo escore MOCART. A síntese evidencia ampla heterogeneidade entre as populações, intervenções, comparadores, características das lesões e períodos de seguimento.

16

Tabela 3: Características metodológicas e principais resultados dos 29 artigos científicos incluídos.

Estudo	Intervenção/comparador	Delineamento	n	Lesão/população	Seguimento	Principais resultados
Peras et al. (2024)	AMIC	Coorte retrospectiva multicêntrica	101	Osteocondrais ICRS III-IV; 2-8 cm ² (média 3,44)	30 meses	Melhora significativa de SF-36, KOOS e IKDC; MOCART médio 75.
Gille et al. (2021)	AMIC	Registro prospectivo multicêntrico	131	Graus III-IV; múltiplas localizações; média 3,3 cm ²	Até 7 anos	Melhora de Lysholm, KOOS e dor no primeiro biênio, mantida até 7 anos.
Waltenspül et al. (2021)	AMIC	Série de casos	29 (31 joelhos)	Lesões retropatelares isoladas	4,1 anos	Falha em 12,9%; satisfação próxima de 80%; anatomia e descarga patelofemoral influenciaram o resultado.

Estudo	Intervenção/comparador	Delineamento	n	Lesão/população	Seguimento	Principais resultados
Kaiser et al. (2021)	AMIC	Série de casos de longo prazo	33 (34 joelhos)	Patela, côndilos e osteocondrite dissecante; média 2,8 cm ²	9,3 anos	Lysholm 56 para 85; dor 5,8 para 1,9; estabilidade entre 2 e 9 anos; duas artroplastias.
Volz et al. (2024)	AMIC vs microfratura	Ensaio clínico randomizado multicêntrico	47 (34 AMIC)	Defeitos focais; média 3,6 cm ²	10 anos	AMIC manteve benefício; microfratura apresentou deterioração clínica progressiva; MOCART semelhante.
Otašević et al. (2020)	AMIC modificada	Série prospectiva	15	Média 3,66 cm ²	24 meses	KOOS 44,69 para 80,45; Lysholm 43,47 para 81,60; Tegner 3,53 para 5,40; MOCART 74,67.
Lahner et al. (2018)	AMIC	Série de casos	9	Pacientes com sobrepeso; média 2,1 cm ²	14,7 meses	Lysholm 38 para 67; dor 9 para 3; três reintervenções, incluindo um OAT.
Gudas et al. (2019)	AMIC	Série de casos	15	Lesões únicas ou múltiplas	4,5 anos	IKDC aumentou; lesão única e menor área total associaram-se a melhor recuperação e retorno à atividade.
Tradati et al. (2020)	AMIC	Coorte retrospectiva	14	Lesões patelares isoladas	68,2 meses	Kujala 49,6 para 87,8; IKDC 36,1 para 79,8; dor 7,5 para 1,5; resultados estáveis.
Bąkowski et al. (2022)	AMIC	Estudo observacional com controle funcional	48 operados; 26 avaliados	Lesões condrais focais	24 meses	Melhora de IKDC e Lysholm; persistência de déficits isocinéticos e proprioceptivos em parte da amostra.
Behrendt et al. (2024)	AMIC vs cartilagem autóloga fragmentada	Coorte comparativa pareada	48 (24 AMIC)	Média 2,65 cm ² no grupo AMIC	2-4 anos	AMIC apresentou menor dor, maior Lysholm e melhores domínios de dor e qualidade de vida do KOOS.
Astur et al. (2018)	AMIC	Série de casos	7	Côndilo, patela e tróclea; média 2,11 cm ²	12 meses	Redução da dor, melhora de Lysholm e Kujala; MOCART médio 66,42.
Villalba et al. (2021)	NAMIC	Série prospectiva de casos	5	Osteocondrite dissecante patelar em adolescentes	24 meses	Lysholm 63,8 para 91; Tegner 3,6 para 8,2; KOOS 45,2 para 91,2; MOCART 80.
Sadlik et al. (2017)	AMIC artroscópica	Série de casos	12	Lesões patelares	38 meses	KOOS 50,3 para 90,1; IKDC 37,4 para 79,4; dor 7,8 para 2,3; MOCART 58,3.
Schiavone Panni et al. (2018)	AMIC	Série retrospectiva	21	Defeitos >2 cm ² ; mediana 4,3 cm ²	7 anos	IKDC 31,7 para 80,6; Lysholm 38,8 para 72,6; 76,2% satisfeitos; reparo de boa qualidade em 66,6%.

Estudo	Intervenção/comparador	Delineamento	n	Lesão/população	Seguimento	Principais resultados
Schagemann et al. (2018)	AMIC artroscópica vs miniaberta	Coorte comparativa consecutiva	50	Graus III-IV; 1-12 cm ²	24 meses	Ambas as vias melhoraram dor, KOOS e Lysholm, sem diferença entre abordagens.
Debieux et al. (2025)	AMIC vs OATS	Coorte retrospectiva comparativa	46 (12 vs 34)	Lesões patelares; 2,18 vs 1,13 cm ²	24 meses	Ambas melhoraram; Lysholm pós-operatório maior com AMIC (88,3 vs 79,5); Tegner diminuiu no OATS.
Solheim et al. (2020)	OAT/mosaicoplastia	Coorte prospectiva de sobrevivência	84	Patelofemorais vs cêndilos; mediana 3,0 cm ²	Até 18 anos	Sobrevivência semelhante por localização; falha acumulada próxima de 50% em longo prazo.
Figueroa et al. (2024)	OAT	Coorte retrospectiva	51	Cêndilos femorais; média 1,2-1,3 cm ²	4,2 anos	Resultados superiores em menores de 40 anos; idade <34 anos apresentou maior capacidade prognóstica.
Werner et al. (2017)	OAT	Série de casos em atletas	20	Defeitos traumáticos isolados	4,4 anos	Retorno ao esporte em 82,9 dias; todos retornaram ao nível prévio; IKDC 84,5.
Kumagai et al. (2022)	OAT + osteotomia tibial alta	Série retrospectiva	43	Osteonecrose espontânea; ≥4 cm ²	6,7 anos	Melhora sustentada do KSS; cinco complicações relacionadas à osteotomia; nenhuma revisão.
Amoo-Achampong et al. (2026)	OAT	Registro retrospectivo	63	Cêndilos/tróclea; média 2,3 cm ²	5,7 anos	IKDC melhorou até 10 anos; reoperação 28,6%; conversão para artroplastia 3,2% no conjunto.
Figueroa et al. (2020)	OAT	Série retrospectiva	26	Patelares grau IV; mediana 1,8 cm ²	2,5 anos	Kujala 90,42; WOMAC 95; MOCART 75; integração satisfatória e retorno esportivo frequente.
Wittig-Draenert et al. (2025)	OAT	Coorte retrospectiva	52	Defeitos ≥2 cm ² ; média 2,24 cm ²	12 meses	Dor 6,32 para 0,72; Tegner-Lysholm 58,6 para 95,0; KSS 63,8 para 97,4.
Kumagai et al. (2018)	OAT vs estimulação medular + osteotomia	Comparativo não randomizado	58 (30 OAT)	Osteonecrose do cêndilo femoral medial	24 meses	Clínica semelhante; reparo normal/quase normal em 90% com OAT vs 41% com estimulação medular.
Lee et al. (2025)	OAT	Série retrospectiva	45	Lesões focais do joelho	4,3 anos	MOCART e mapeamento T2 permaneceram estáveis; melhora clínica continuou, com correlação imagem-clínica limitada.
Karmali et al. (2019)	OAT/mosaicoplastia	Série retrospectiva	13	Lesão osteocondral isolada do cêndilo; média 1,8 cm ²	5,0 anos	IKDC 31,63 para 74,18; melhora relacionada ao tamanho da lesão; baixa morbidade inicial.

Estudo	Intervenção/comparador	Delineamento	n	Lesão/população	Seguimento	Principais resultados
Orazi et al. (2024)	OAT de plugue único	Série prospectiva de longo prazo	20	Osteocondrite dissecante; média 2,3 cm ²	12,6 anos	IKDC 45,3 para 74,1; 85% satisfeitos; sem falhas; melhores resultados em <2 cm ² e côndilo medial.
Solheim et al. (2017)	OAT/mosaicoplastia vs microfratura	Ensaio clínico randomizado	40 (20 OA T)	Defeitos 2-6 cm ² em côndilos/tróclea	15-17 anos	Lysholm final 77 com mosaicoplastia vs 61 com microfratura; diferença clínica mantida em todos os seguimentos.

Legenda: AMIC = condrogênese autóloga induzida por matriz; NAMIC = AMIC associada à nanofratura; OAT/OATS = transplante osteocondral autólogo; IKDC = Comitê Internacional de Documentação do Joelho; KOOS = Escore de Lesão do Joelho e Osteoartrite; KSS = Escore da Sociedade do Joelho; MOCART = Escore de Observação do Tecido de Reparo da Cartilagem por Ressonância Magnética.

A comparação direta foi representada exclusivamente por Debieux et al. (2025), em estudo retrospectivo com 46 pacientes portadores de lesões condrais patelares, conforme resumido na Tabela 3. Doze pacientes foram tratados com AMIC e 34 com OATS. Os grupos apresentaram distribuição semelhante de idade, sexo, lateralidade e localização anatômica, mas o tamanho médio da lesão foi maior no grupo AMIC (2,18 cm²) do que no grupo OATS (1,13 cm²; $p < 0,001$). O nível de atividade de Tegner pré-operatório foi superior no grupo OATS (6,59 versus 3,45; $p < 0,001$).

Após 24 meses, ambos os grupos apresentaram melhora na maioria dos desfechos. O Lysholm pós-operatório foi de 88,3 pontos no grupo AMIC e de 79,5 pontos no grupo OATS ($p = 0,025$). Os escores de Kujala e Fulkerson não diferiram entre os grupos. No grupo OATS, o Tegner diminuiu de 6,59 para 5,47 ($p = 0,006$), enquanto o grupo AMIC apresentou maior variação positiva desse escore.

Os estudos que avaliaram a AMIC apresentaram melhora de dor e função na maioria das amostras, cujas características e resultados individuais estão detalhados na Tabela 3. Peras et al. (2024), em coorte multicêntrica com 101 pacientes, documentaram melhora do SF-36, KOOS e IKDC após seguimento médio de 30 meses, com MOCART médio de 75. Gille et al. (2021), em registro multicêntrico com 131 participantes, observaram melhora de Lysholm, KOOS e dor, mantida por até sete anos. No ensaio randomizado de Volz et al. (2024), o benefício clínico da AMIC permaneceu em dez anos, enquanto o grupo submetido à microfratura apresentou deterioração progressiva.

Kaiser et al. (2021) relataram aumento do Lysholm de 56 para 85 e redução da dor de 5,8 para 1,9 após média de 9,3 anos. Schiavone Panni et al. (2018) registraram elevação do IKDC de

31,7 para 80,6 e do Lysholm de 38,8 para 72,6 em sete anos. Nas lesões patelares, Tradati et al. (2020), Sadlik et al. (2017), Astur et al. (2018) e Waltenspül et al. (2021) observaram melhora dos escores clínicos e redução da dor. Waltenspül et al. (2021) registraram falha em 12,9% dos casos.

Otašević et al. (2020) descreveram melhora do KOOS, Lysholm e Tegner após AMIC modificada, com MOCART de 74,67. Villalba et al. (2021) observaram melhora clínica e radiológica após NAMIC em cinco adolescentes com osteocondrite dissecante patelar. Schagemann et al. (2018) não identificaram diferença entre as abordagens artroscópica e miniaberta. Behrendt et al. (2024) observaram menor dor e maiores escores de Lysholm e de domínios do KOOS com AMIC em comparação ao implante de cartilagem autóloga fragmentada.

Quanto aos fatores associados aos resultados, Gudas et al. (2019) observaram maior recuperação em lesões únicas e associação inversa entre área total lesionada e desfecho. Lahner et al. (2018) relataram melhora em pacientes com sobrepeso, embora três dos nove participantes tenham necessitado de reintervenção. Bąkowski et al. (2022) registraram melhora de IKDC e Lysholm, mas persistência de déficits isocinéticos e proprioceptivos em parte da amostra.

Os estudos de OAT/OATS também apresentaram melhora clínica e funcional, conforme a síntese apresentada na Tabela 3. Figueroa et al. (2024) observaram melhores resultados em pacientes com menos de 40 anos e identificaram 34 anos como ponto de corte de maior capacidade prognóstica. Karmali et al. (2019) relataram aumento do IKDC de 31,63 para 74,18 após média de cinco anos. Em atletas, Werner et al. (2017) registraram retorno ao esporte em aproximadamente 83 dias, com retorno ao nível prévio em todos os participantes.

No ensaio clínico randomizado de Solheim et al. (2018), a mosaicoplastia apresentou Lysholm de 77 pontos, em comparação a 61 pontos após microfratura, no seguimento de 15 a 17 anos. Orazi et al. (2024) observaram aumento do IKDC, satisfação de 85% e ausência de falhas após média de 12,6 anos. Amoo-Achampong et al. (2026) registraram melhora sustentada do IKDC, reoperação em 28,6% e conversão para artroplastia em 3,2% do conjunto avaliado.

Nas lesões patelares, Figueroa et al. (2020) relataram escores elevados de Kujala e WOMAC e MOCART mediano de 75. Solheim et al. (2020) não observaram diferença de sobrevivência entre lesões patelofemorais e condilares, com falha acumulada próxima de 50% no seguimento de até 18 anos. Wittig-Draenert et al. (2025) documentaram redução da dor e melhora dos escores Tegner-Lysholm e KSS em 12 meses.

Nos estudos de osteonecrose espontânea, Kumagai et al. (2018, 2022) observaram melhora clínica após OAT associado à osteotomia tibial alta. No estudo comparativo de 2018, o reparo normal ou quase normal foi identificado em 90% dos pacientes submetidos ao OAT e em 41% dos tratados com estimulação medular. Lee et al. (2025) registraram estabilidade do MOCART e do mapeamento T₂, concomitantemente à melhora clínica em médio prazo.

Os valores de MOCART variaram aproximadamente de 58 a 80 nos estudos de AMIC e de 75 a 84 nos estudos de OAT/OATS, como demonstrado nos resultados individuais reunidos na Tabela 3. Volz et al. (2024) observaram valores semelhantes de MOCART entre AMIC e microfratura, apesar das diferenças clínicas entre os grupos. Lee et al. (2025) identificaram correlação limitada entre os parâmetros de ressonância magnética e os desfechos clínicos.

As taxas de falha e reoperação variaram conforme a definição utilizada e o tempo de seguimento. Nos estudos de AMIC foram descritos falha do reparo, desprendimento de membrana, reintervenção e conversão para artroplastia. No OAT/OATS, Amoo-Achampong et al. (2026) relataram reoperação em 28,6%, enquanto Solheim et al. (2020) observaram falha acumulada próxima de 50% em acompanhamento de até 18 anos. A morbidade do sítio doador foi relatada de forma heterogênea.

Os dois ensaios clínicos randomizados apresentaram algumas preocupações quanto ao risco de viés, principalmente em razão da impossibilidade de cegamento, das amostras reduzidas e das perdas de seguimento. Os quatro estudos comparativos não randomizados apresentaram risco de viés moderado a sério, relacionado a confundimento, alocação não aleatória, diferenças basais e procedimentos concomitantes. As cinco coortes ou registros prospectivos apresentaram risco moderado, enquanto os 18 estudos retrospectivos e séries de casos apresentaram risco moderado a alto. A distribuição dos estudos por categoria metodológica e as principais limitações estão apresentadas na Tabela 4.

Pela abordagem GRADE, a certeza da evidência para a comparação direta entre AMIC e OAT/OATS foi classificada como muito baixa. A certeza foi moderada para a superioridade da AMIC sobre a microfratura em longo prazo e para a superioridade da mosaicoplastia sobre a microfratura, ambas sustentadas por ensaios randomizados. Para a maior parte dos demais desfechos, a certeza permaneceu baixa, em consonância com o perfil metodológico sintetizado na Tabela 4.

Tabela 4: Síntese da qualidade metodológica do conjunto de evidências.

Categoria	n	Avaliação global	Principais limitações
Ensaios clínicos randomizados	2	Algumas preocupações	Pequenas amostras, cegamento inviável, perdas de seguimento e desfechos predominantemente autorrelatados.
Comparativos randomizados	4	Moderado a sério	Confundimento, alocação não aleatória, diferenças basais e procedimentos concomitantes.
Coortes/registries prospectivos	5	Moderado	Ausência de comparador, perdas de seguimento e heterogeneidade de protocolos.
Retrospectivos e séries de casos	18	Moderado a alto	Seleção, ausência de grupo controle, amostras pequenas e relato incompleto de complicações.

4. DISCUSSÃO

A principal constatação desta revisão é que AMIC e OAT/OATS estão associadas à melhora de dor e função, mas a evidência comparativa entre elas permanece insuficiente. Apenas Debieux et al. (2025) compararam diretamente as duas intervenções, em uma coorte retrospectiva de lesões patelares, conforme destacado na Tabela 3. O predomínio de estudos observacionais e amostras pequenas ou moderadas, evidenciado nas Figuras 2 e 3 e na Tabela 4, reduz a força das inferências causais. Embora a AMIC tenha apresentado Lysholm pós-operatório superior nesse estudo, a certeza da evidência permanece muito baixa (DEBIEUX et al., 2025; VOLZ et al., 2024; SOLHEIM et al., 2018; ORAZI et al., 2024).

A comparação indireta deve ser interpretada com cautela porque as técnicas foram aplicadas a perfis distintos de lesão. A AMIC foi utilizada com maior frequência em defeitos condrais de extensão moderada ou ampla e em diferentes compartimentos do joelho, ao passo que o OAT/OATS foi mais frequentemente empregado em lesões focais menores, contidas e com comprometimento osteocondral. Essas diferenças de indicação podem ser observadas na caracterização dos estudos apresentada na Tabela 3 e limitam qualquer conclusão de superioridade baseada em resultados não ajustados (PERAS et al., 2024; GILLE et al., 2021; FIGUEROA et al., 2024; ORAZI et al., 2024).

No estudo de Debieux et al. (2025), cujos dados comparativos estão resumidos na Tabela 3, o maior escore de Lysholm após AMIC, apesar do maior tamanho médio das lesões nesse grupo, sugere possível vantagem funcional em defeitos patelares. Entretanto, o resultado não permite estabelecer relação causal, pois o estudo foi retrospectivo, apresentou grupos desiguais e identificou diferenças basais importantes no tamanho das lesões e no nível de atividade de

Tegner. A maior atividade pré-operatória no grupo OATS pode ter aumentado a probabilidade de redução do Tegner no pós-operatório, enquanto a ausência de randomização e de ajuste multivariável robusto mantém risco de confundimento residual (DEBIEUX et al., 2025).

Além disso, a comparação foi restrita às lesões patelares e ao seguimento de dois anos. Portanto, o achado não pode ser extrapolado para lesões condilares, trocleares ou osteocondrais, nem para a durabilidade em longo prazo. A superioridade observada em um único desfecho deve ser considerada geradora de hipótese e não justificativa para adoção preferencial da AMIC em todas as situações clínicas (DEBIEUX et al., 2025).

A consistência da melhora de dor e função após AMIC em diferentes coortes, apresentada de forma comparativa na Tabela 3, sugere que a técnica pode produzir benefício clinicamente duradouro quando a indicação é adequada. Os registros de Gille et al. (2021) e Peras et al. (2024) demonstraram melhora em múltiplos instrumentos, e o ensaio de Volz et al. (2024) mostrou manutenção do benefício em dez anos e menor deterioração clínica em comparação com a microfratura. Esses dados favorecem a utilização da membrana de colágeno associada à estimulação medular em situações nas quais se busca ampliar a estabilidade do coágulo e evitar o declínio tardio descrito após microfratura isolada (VOLZ et al., 2024).

Os resultados em lesões patelofemorais indicam, contudo, que o sucesso da AMIC depende do ambiente biomecânico. Waltenspül et al. (2021) associaram anatomia e descarga patelofemoral desfavoráveis a piores resultados, enquanto Kaiser et al. (2021) relataram estabilidade em longo prazo quando desalinhamentos e alterações do rastreamento foram corrigidos. Tradati et al. (2020), Sadlik et al. (2017) e Astur et al. (2018) também documentaram melhora em lesões patelares, mas seus delineamentos observacionais e amostras reduzidas limitam a precisão das estimativas.

A extensão da lesão, o número de defeitos e as características do paciente também parecem modificar o prognóstico. Gudas et al. (2019) observaram melhores resultados em lesões únicas e relação negativa entre área lesionada e recuperação, enquanto Lahner et al. (2018) registraram taxa relevante de reintervenção em pacientes com sobrepeso. Além disso, a persistência de déficits isocinéticos e proprioceptivos descrita por Bąkowski et al. (2022) demonstra que a melhora dos escores autorrelatados não implica restauração completa da função neuromuscular.

O OAT/OATS apresenta fundamento biológico distinto por transferir cartilagem hialina e osso subcondral para o defeito. A síntese dos estudos na Tabela 3 indica que pacientes

jovens, com lesões pequenas, bem delimitadas e localizadas em áreas favoráveis, constituem o perfil de maior benefício, conforme observado por Figueroa et al. (2024), Karmali et al. (2019) e Orazi et al. (2024). O retorno esportivo rápido observado por Werner et al. (2017) reforça o potencial da técnica em indivíduos ativos, embora a pequena amostra impeça generalização ampla.

A superioridade da mosaicoplastia sobre a microfratura em seguimento de 15 a 17 anos representa uma das evidências de maior qualidade do conjunto analisado (SOLHEIM et al., 2018). Entretanto, a durabilidade funcional não exclui falha tardia. Solheim et al. (2020) observaram falha acumulada próxima de 50% em até 18 anos, e Amoo-Achampong et al. (2026) registraram reoperação em 28,6%. Esses achados sugerem que a preservação articular deve ser avaliada por desfechos de sobrevivência, reoperação e conversão para artroplastia, e não apenas pela melhora inicial dos escores clínicos.

Nas lesões extensas ou associadas a alterações do osso subcondral, os resultados favoráveis devem ser interpretados à luz dos procedimentos concomitantes. Kumagai et al. (2018, 2022) relataram melhora após OAT combinado à osteotomia tibial alta, mas não foi possível separar completamente o efeito do enxerto daquele decorrente da correção biomecânica. De modo semelhante, os resultados de Wittig-Draenert et al. (2025) demonstram melhora precoce em defeitos extensos, mas ainda necessitam de confirmação em seguimentos prolongados.

A indicação entre AMIC e OAT/OATS deve ser individualizada. A AMIC evita a retirada de enxertos osteocondrais e permite cobertura de áreas maiores em procedimento de etapa única, característica compatível com os defeitos tratados nos estudos de Peras et al. (2024), Gille et al. (2021) e Schiavone Panni et al. (2018). O OAT/OATS, por sua vez, oferece restauração imediata da unidade osteocondral e parece particularmente apropriado para pacientes jovens com lesões pequenas, contidas e com comprometimento subcondral, conforme observado por Figueroa et al. (2024), Karmali et al. (2019) e Orazi et al. (2024).

A localização da lesão e a biomecânica articular são elementos decisivos. Nas lesões patelofemorais, o controle de instabilidade, mau rastreamento e sobrecarga deve integrar o tratamento, independentemente da técnica de reparo (WALTENSPÜL et al., 2021; KAISER et al., 2021; FIGUEROA et al., 2020). Nas lesões condilares, idade, área lesionada, integridade meniscal, alinhamento e demanda funcional devem compor a decisão. Assim, a escolha não

deve ser baseada apenas na comparação de médias de escores, mas na correspondência entre as propriedades de cada procedimento e as características do defeito e do paciente.

Os dados de longo prazo indicam benefício persistente para ambas as técnicas, mas também revelam aumento cumulativo de falhas e reoperações. A distribuição dos períodos de seguimento apresentada na Figura 3 evidencia que somente uma parcela reduzida dos estudos acompanhou os pacientes por mais de dez anos. A AMIC apresentou estabilidade clínica em sete a dez anos (GILLE et al., 2021; KAISER et al., 2021; VOLZ et al., 2024), enquanto o OAT/OATS manteve resultados em seguimentos superiores a dez anos, com taxas variáveis de falha e revisão (SOLHEIM et al., 2018; SOLHEIM et al., 2020; ORAZI et al., 2024; AMOO-ACHAMPONG et al., 2026). A ausência de definições uniformes de falha, revisão e conversão para artroplastia dificulta a comparação entre estudos.

Embora os valores de MOCART tenham sido geralmente satisfatórios, a correspondência entre morfologia do reparo e condição clínica foi limitada. Volz et al. (2024) observaram MOCART semelhante entre AMIC e microfratura apesar da diferença clínica em longo prazo, e Lee et al. (2025) identificaram correlação restrita entre parâmetros de imagem e melhora da dor. Portanto, a ressonância magnética deve complementar, mas não substituir, a avaliação de dor, função, força, controle neuromuscular, retorno à atividade e qualidade de vida.

25

A baixa certeza da evidência decorre principalmente da predominância de estudos retrospectivos e séries de casos, da pequena dimensão das amostras e da heterogeneidade clínica e metodológica, aspectos demonstrados nas Figuras 2 e 3 e sintetizados na Tabela 4. Mesmo os estudos com seguimento prolongado apresentaram diferenças de seleção, técnicas cirúrgicas, reabilitação e definição de desfechos. A única comparação direta apresentou alto potencial de confundimento (DEBIEUX et al., 2025), enquanto as conclusões mais robustas se restringiram às comparações de AMIC e mosaicoplastia com microfratura em ensaios randomizados (VOLZ et al., 2024; SOLHEIM et al., 2018).

A heterogeneidade clínica e metodológica dos estudos, demonstrada nas Figuras 2 e 3 e detalhada na Tabela 3, limita a comparação direta dos resultados. As principais diferenças envolveram características das lesões, técnicas cirúrgicas, instrumentos de avaliação e períodos de seguimento. A possível sobreposição de participantes entre registros institucionais também impediu a estimativa confiável do número total de pacientes. Apesar dessas limitações, a síntese qualitativa permitiu identificar tendências consistentes de melhora clínica e funcional, bem como fatores associados ao prognóstico.

A incorporação de diferenças minimamente importantes, estado sintomático aceitável, retorno ao esporte e medidas objetivas de desempenho permitiria interpretar a relevância clínica para além da significância estatística. Seguidamentos superiores a dez anos são essenciais para determinar a capacidade real de preservação articular das técnicas e identificar quais perfis de pacientes obtêm benefício sustentado.

5. CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática teve por objetivo identificar, sintetizar e comparar as evidências clínicas sobre a condrogênese autóloga induzida por matriz com membrana de colágeno (AMIC) e o transplante osteocondral autólogo (OAT/OATS) no tratamento de lesões condrais e osteocondrais focais do joelho. Com base nos 29 estudos incluídos, conclui-se que ambas as técnicas promovem melhora consistente de dor e função quando aplicadas em pacientes adequadamente selecionados e quando os fatores biomecânicos associados são reconhecidos e tratados.

A AMIC apresentou evidência mais consistente de durabilidade clínica e vantagem comparativa frente à microfratura, além de resultados favoráveis em defeitos patelares e em lesões de maior área, desde que alinhamento, rastreamento patelar e sobrecarga compartimental sejam abordados. O OAT/OATS demonstrou restauração osteocondral biologicamente plausível, retorno esportivo precoce e manutenção de resultados em seguimentos prolongados, sobretudo em pacientes jovens e com lesões menores e bem delimitadas, embora com risco não desprezível de reoperação ao longo do tempo.

Entretanto, a comparação direta entre AMIC e OAT/OATS permaneceu restrita a um único estudo retrospectivo em lesões patelares, o qual favoreceu a AMIC em alguns desfechos funcionais em dois anos, mas com certeza de evidência muito baixa. Assim, a revisão não sustenta superioridade universal de uma técnica sobre a outra; em resposta ao objetivo proposto, a melhor estratégia terapêutica parece ser a individualização da indicação com base no tamanho, localização e profundidade da lesão, no comprometimento do osso subcondral, na demanda funcional do paciente e na correção do ambiente biomecânico do joelho.

REFERÊNCIAS

AMOO-ACHAMPONG, K. et al. Midterm outcomes of primary osteochondral autograft transfer for symptomatic chondral defects of the knee. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 14, n. 1, e23259671251399796, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1177/23259671251399796>.

ASTUR, D. C. et al. Surgical treatment of chondral knee defects using a collagen membrane - autologous matrix-induced chondrogenesis. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 53, n. 6, p. 733-739, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2018.09.005>.

BAKOWSKI, P. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for focal chondral lesions of the knee: a 2-year follow-up of clinical, proprioceptive, and isokinetic evaluation. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 13, n. 4, art. 277, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb13040277>.

BEHRENDT, P. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis provides better outcomes in comparison to autologous minced cartilage implantation in the repair of knee chondral defects. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 32, n. 11, p. 3023-3030, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ksa.12387>.

BICAS, H. E. A. Visão binocular. *Estrabismos. Medicina*, Ribeirão Preto, v. 30, p. 27-35, jan./mar. 1997.

DEBIEUX, P. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis versus osteochondral autograft transfer system in patellar chondral lesions: a comparative study with a 2-year follow-up. *Journal of Cartilage & Joint Preservation*, v. 5, art. 100189, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcjp.2024.100189>.

FIGUEROA, D. et al. High-grade patellar chondral defects: promising results from management with osteochondral autografts. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 8, n. 7, e2325967120933138, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967120933138>.

FIGUEROA, F. et al. Age influences the efficacy of osteochondral autograft transfer: promising results for patients under 40. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*, v. 68, p. 490-496, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.recot.2024.01.012>.

GILLE, J. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis for treatment of focal cartilage defects in the knee: a follow-up study. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 9, n. 2, e2325967120981872, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967120981872>.

GUDAS, R. et al. Clinical outcome after treatment of single and multiple cartilage defects by autologous matrix-induced chondrogenesis. *Journal of Orthopaedic Surgery*, v. 27, n. 2, e2309499019851011, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/2309499019851011>.

KAISER, N. et al. Stable clinical long-term results after AMIC in the aligned knee. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, v. 141, p. 1845-1854, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03564-7>.

KARMALI, S. et al. Técnica de mosaicoplastia no tratamento de lesões osteocondrais isoladas do côndilo femoral do joelho: estudo retrospectivo. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 54, n. 3, p. 316-321, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1691763>.

KUMAGAI, K. et al. Mosaic osteochondral autograft transplantation versus bone marrow stimulation technique as a concomitant procedure with opening-wedge high tibial osteotomy

for spontaneous osteonecrosis of the medial femoral condyle. *Arthroscopy*, v. 34, n. 1, p. 233-240, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.08.244>.

KUMAGAI, K. et al. Minimum 5-year outcomes of osteochondral autograft transplantation with a concomitant high tibial osteotomy for spontaneous osteonecrosis of the knee with a large lesion. *Cartilage*, v. 13, n. 3, e19476035221126341, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/19476035221126341>.

LAHNER, M. et al. Cartilage surgery in overweight patients: clinical and MRI results after the autologous matrix-induced chondrogenesis procedure. *BioMed Research International*, v. 2018, art. 6363245, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6363245>.

LEE, H. Y. et al. Autologous osteochondral transfer demonstrates satisfactory clinical outcomes and durable cartilage properties: a mean 4-year follow-up using quantitative MRI. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 13, n. 8, e23259671251356267, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1177/23259671251356267>.

ORAZI, S. et al. Single-plug osteochondral autograft transplantation for knee osteochondritis dissecans: clinical improvement and long-term survivorship at a minimum ten-year follow-up. *International Orthopaedics*, v. 48, p. 2625-2632, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-024-06267-5>.

OTAŠEVIĆ, T. et al. Two-year results of modified AMIC technique for treatment of cartilage defects of the knee. *Acta Chirurgiae Orthopaedicae et Traumatologiae Cechoslovaca*, v. 87, n. 3, p. 167-174, 2020.

PERAS, M. et al. Does AMIC provide improvements at least two years after surgery for knee osteochondral lesions? A multicentre retrospective study of 101 patients. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, v. 110, art. 103774, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2023.103774>.

SADLIK, B. et al. All-arthroscopic autologous matrix-induced chondrogenesis-aided repair of a patellar cartilage defect using dry arthroscopy and a retraction system. *The Journal of Knee Surgery*, v. 30, n. 9, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0037-1599246>.

SCHAGEMANN, J. et al. Mid-term outcome of arthroscopic AMIC for the treatment of articular cartilage defects in the knee joint is equivalent to mini-open procedures. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, v. 138, p. 819-825, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00402-018-2887-z>.

SCHIAVONE PANNI, A. et al. Good clinical results with autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) technique in large knee chondral defects. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 26, p. 1130-1136, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00167-017-4503-0>.

SOLHEIM, E. et al. Randomized study of long-term (15-17 years) outcome after microfracture versus mosaicplasty in knee articular cartilage defects. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 46, n. 4, p. 826-831, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1177/0363546517745281>.

SOLHEIM, E.; HEGNA, J.; INDERHAUG, E. Clinical outcome after mosaicplasty of knee articular cartilage defects of patellofemoral joint versus tibiofemoral joint. *Journal of Orthopaedics*, v. 18, p. 36-40, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.10.010>.

TRADATI, D. et al. AMIC - autologous matrix-induced chondrogenesis technique in patellar cartilage defects treatment: a retrospective study with a mid-term follow-up. *Journal of Clinical Medicine*, v. 9, n. 4, art. 1184, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm9041184>.

VILLALBA, J.; SÁNCHEZ, J.; PEÑALVER, J. M. Treatment of osteochondritis dissecans of the patella in adolescents with nanofractured autologous matrix-induced chondrogenesis (NAMIC): a report of five cases. *The Knee*, v. 30, p. 157-162, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.12.026>.

VOLZ, M. et al. A randomized controlled trial demonstrating sustained benefit of autologous matrix-induced chondrogenesis over microfracture at five years. *International Orthopaedics*, v. 41, p. 797-804, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3391-0>.

VOLZ, M. et al. A randomized controlled trial demonstrating sustained benefit of autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) over microfracture: 10-year follow-up. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, v. 34, p. 2429-2437, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00590-024-03948-0>.

WALTENSPÜL, M. et al. Autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC) for isolated retropatellar cartilage lesions: outcome after a follow-up of minimum 2 years. *Cartilage*, v. 13, suppl. 1, p. 128oS-129oS, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1177/19476035211021908>.

WERNER, B. C. et al. Accelerated return to sport after osteochondral autograft plug transfer. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 5, n. 4, e2325967117702418, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1177/2325967117702418>.

WITTIG-DRAENERT, A. et al. Autologous osteochondral transplantation in large osteochondral defects: a follow-up of 52 patients after knee joint resurfacing. *Journal of Clinical Medicine*, v. 14, n. 17, art. 6180, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm14176180>.