



Avanços e desafios no manejo da osteoartrite de joelho: terapias inovadoras e tecnologias atuais

Advances and challenges in knee osteoarthritis management: innovative therapies and digital technologies

Avances y desafíos en el manejo de la osteoartritis de rodilla: terapias tecnológicas innovadoras y digitales

Carlos Luciano Matos Lobo Neto¹, Mariá Borba Cardoso¹, Luiz Gabriel Campo Lobo¹, Carlos Alberto Bherig¹.

RESUMO

Objetivo: Analisar os avanços recentes no tratamento da osteoartrite (OA) do joelho, com ênfase em terapias farmacológicas e não farmacológicas inovadoras, incluindo o uso de células-tronco e tecnologias digitais. **Métodos:** Trata-se de uma revisão de narrativa de literatura, que foi construída a partir da busca artigos científicos contidos no banco de dados National Library of Medicine (Medline). Foram utilizados os descritores “pain”, “osteoarthritis” e “treatment” considerando o operador booleano “AND”. Incluíram-se ensaio clínico e estudo clínico randomizado produzidos no ano de 2024, disponíveis em português ou inglês. **Resultados:** Dos artigos selecionados, 3 chamam a atenção para os efeitos benéficos das tecnologias digitais, enquanto 4 deles destacam a importância das terapias biológicas. Dois dos trabalhos abordam outros tipos de terapias farmacológicas, além de que 6 artigos avaliaram impactos de medidas não farmacológicas. **Considerações finais:** O futuro do tratamento da OA do joelho envolve um enfoque em terapias inovadoras e personalizadas para cada paciente, considerando a evolução da doença e o perfil individual. No entanto, ainda existem desafios significativos que devem ser abordados para proporcionar melhor qualidade de vida ao paciente.

Palavras-chaves: Osteoartrite, Dor, Terapêutica.

ABSTRACT

Objective: To analyze recent advances in the treatment of knee osteoarthritis (OA), with an emphasis on innovative pharmacological and non-pharmacological therapies, including the use of stem cells and digital technologies. **Methods:** This is a narrative literature review, built from a search for scientific articles contained in the National Library of Medicine (Medline) database. The descriptors “pain,” “osteoarthritis,” and “treatment” were used, considering the Boolean operator “AND.” Clinical trials and randomized clinical studies published in 2024, available in Portuguese or English, were included. **Results:** Of the selected articles, 3 highlight the beneficial effects of digital technologies, while 4 emphasize the importance of biological therapies. Two of the studies address other types of pharmacological therapies, and 6 articles assessed the impacts of non-pharmacological measures. **Final considerations:** The future of knee OA treatment involves a focus on innovative and personalized therapies for each patient, considering disease progression and individual profiles. However, significant challenges remain that must be addressed to improve the patient’s quality of life.

Keywords: Osteoarthritis, Pain, Therapeutics.

¹ Universidade de Vassouras (UNIVASSOURAS), Vassouras - RJ.

RESUMEN

Objetivo: Analizar los avances recientes en el tratamiento de la osteoartritis (OA) de rodilla, con énfasis en terapias farmacológicas y no farmacológicas innovadoras, incluyendo el uso de células madre y tecnologías digitales. **Métodos:** Se trata de una revisión narrativa de la literatura, construida a partir de la búsqueda de artículos científicos contenidos en la base de datos de la National Library of Medicine (Medline). Se utilizaron los descriptores “pain”, “osteoarthritis” y “treatment”, considerando el operador booleano “AND”. Se incluyeron ensayos clínicos y estudios clínicos aleatorizados publicados en el año 2024, disponibles en portugués o inglés. **Resultados:** De los artículos seleccionados, 3 resaltan los efectos beneficiosos de las tecnologías digitales, mientras que 4 destacan la importancia de las terapias biológicas. Dos de los estudios abordan otros tipos de terapias farmacológicas, y 6 artículos evaluaron los impactos de medidas no farmacológicas. **Consideraciones finales:** El futuro del tratamiento de la OA de rodilla implica un enfoque en terapias innovadoras y personalizadas para cada paciente, considerando la evolución de la enfermedad y el perfil individual. Sin embargo, aún existen desafíos significativos que deben abordarse para mejorar la calidad de vida del paciente.

Palabras clave: Osteoartritis, Dolor, Terapéutica.

INTRODUÇÃO

A osteoartrite (OA) do joelho é uma doença articular degenerativa que afeta uma grande parte da população mundial, principalmente idosos, sendo uma das principais causas de dor crônica e incapacidade funcional. A articulação do joelho, essencial para a locomoção, é frequentemente acometida, levando a uma progressiva diminuição da mobilidade e qualidade de vida dos indivíduos afetados. Com o aumento da expectativa de vida e o envelhecimento populacional, a prevalência da OA dos joelhos tem se tornado uma preocupação crescente para os sistemas de saúde mundial (SILVA RA, et al., 2021). A compreensão da definição, da epidemiologia, dos fatores de risco e dos avanços nos tratamentos é fundamental para a abordagem eficaz dessa condição.

A doença é caracterizada pela degradação da cartilagem articular, alterações nos ossos subcondrais, sinovite e alterações ligamentares, que resultam em dor, rigidez e perda de função articular. Esta condição é considerada a forma mais comum de artrite degenerativa, com impacto significativo na qualidade de vida dos pacientes, especialmente na população idosa. A prevalência global é variável, mas estima-se que atinja entre 10% e 15% da população adulta mundial, com números mais elevados em mulheres e em pessoas com sobrepeso ou obesidade (DAVIS MA, et al., 2022). No Brasil, é uma das principais causas de incapacidade motora, afetando uma parcela significativa da população idosa, especialmente em regiões urbanas, onde sedentarismo e obesidade são prevalentes (SILVA RA, et al., 2021).

Diversos fatores de risco estão associados ao desenvolvimento da OA do joelho, incluindo fatores genéticos, ambientais e comportamentais. O envelhecimento é, sem dúvida, o principal fator de risco, visto que a prevalência deste problema aumenta com a idade. Além disso, os adipócitos secretam várias citocinas e proteínas de fase aguda que, direta ou indiretamente, elevam a produção e circulação de fatores relacionados com a inflamação, o que torna a obesidade um fator de risco importante. O excesso de peso sobrecarrega as articulações, acelerando o desgaste da cartilagem articular. Outros fatores devem ser destacados, tais como traumas prévios no joelho, a exemplo das lesões ligamentares ou meniscais, predisposição genética e sexo feminino, este que apresenta maior propensão ao desenvolvimento dessa condição devido a fatores hormonais e anatômicos (HUNTER DJ, et al., 2021). A combinação de fatores genéticos e ambientais, como sedentarismo e profissões que envolvem sobrecarga repetitiva nas articulações, também contribui significativamente para a manifestação dessa doença (SILVA RA, et al., 2021).

A dor na região patelar é a principal manifestação clínica e pode ser agravada pelo movimento e aliviada com o repouso. Além disso, rigidez articular, limitação de movimento, crepitação (sensação de estalos) e edema são sintomas comuns. Esses sintomas podem levar a uma redução significativa na capacidade funcional dos pacientes, prejudicando atividades cotidianas como caminhar, subir escadas e realizar tarefas domésticas. O impacto funcional é particularmente grave para indivíduos mais velhos, que frequentemente

apresentam comorbidades que complicam o manejo da doença (JOHNSON MG, et al., 2022). A dor crônica e a incapacidade de realizar atividades físicas podem ainda resultar em distúrbios psicológicos, como depressão e ansiedade, o que agrava o quadro clínico.

O tratamento visa aliviar a dor, melhorar a função articular e retardar a progressão da doença. O manejo deve ser individualizado, considerando o grau de evolução da doença, a idade, a condição física do paciente e as comorbidades, necessitando incluir o controle dos sintomas, a manutenção ou melhoria da mobilidade articular, e a prevenção de complicações (JOHNSON MG, et al., 2022). É importante destacar que o tratamento não busca a cura da doença, mas sim o manejo eficaz dos sintomas e a qualidade de vida dos pacientes (ZHANG W, et al., 2022). Dessa forma, a combinação de abordagens farmacológicas, não farmacológicas e intervenções cirúrgicas constitui a base do tratamento da OA do joelho.

O tratamento farmacológico é utilizado para aliviar a dor e a inflamação, sendo um dos pilares do manejo da doença e os analgésicos, como o paracetamol e os anti-inflamatórios não esteroides (AINEs) são frequentemente prescritos. No entanto, o uso prolongado de AINEs pode resultar em efeitos colaterais, como úlceras gástricas e problemas renais, especialmente em pacientes idosos. Em casos de dor mais intensa, podem ser indicados opioides, mas seu uso é restrito devido ao risco de dependência e efeitos adversos. Terapias mais avançadas, como a infiltração de corticosteróides intra-articulares, podem ser úteis em casos de inflamação intensa (VINA ER, et al., 2021). Por sua vez, os tratamentos não farmacológicos também desempenham um papel crucial no manejo desta patologia. Intervenções como a fisioterapia e o fortalecimento muscular têm sido amplamente recomendadas para melhorar a estabilidade da articulação e reduzir a carga sobre o joelho afetado. A combinação destas com terapias farmacológicas, é um componente chave para o sucesso do tratamento da OA (HOCHBERG MC, et al., 2022).

Nos últimos anos, houve considerável avanço nas estratégias terapêuticas para retardar a progressão da doença e as terapias biológicas, como o ácido hialurônico e os fatores de crescimento plaquetários, têm se mostrado promissoras. As terapias regenerativas têm emergido como uma promessa no tratamento da OA do joelho. O uso de células-tronco vem sendo utilizado na reparação de cartilagem danificada e na regeneração do tecido articular. Estudos clínicos têm mostrado resultados positivos na utilização dessas terapias, com redução da dor e melhora na função articular. No entanto, a aplicação dessas tecnologias ainda é limitada e requer mais pesquisas para validar sua eficácia e segurança a longo prazo (SHAO X, et al., 2021).

Os exercícios terapêuticos são um dos principais componentes no manejo da OA do joelho. Programas de exercícios bem estruturados, que incluem fortalecimento muscular, alongamento e exercícios aeróbicos, têm demonstrado reduzir a dor, melhorar a função e aumentar a mobilidade articular. Além disso, avanços tecnológicos têm desempenhado um papel crescente no tratamento da OA do joelho, com o desenvolvimento de dispositivos de monitoramento remoto e aplicativos móveis que ajudam na gestão da dor e no acompanhamento do progresso do tratamento. A telemedicina mostra-se como uma alternativa viável, especialmente em contextos de acessibilidade limitada aos cuidados de saúde presenciais (MORRIS LA, et al., 2022). Essas novas tecnologias representam uma mudança significativa na forma como os cuidados são prestados e gerenciados para pacientes com este diagnóstico.

Apesar dos avanços significativos, a abordagem terapêutica ainda enfrenta desafios consideráveis. A natureza degenerativa e progressiva da doença exige manejo contínuo e multifacetado. Fatores, tais como comorbidades, idade e estágio da doença, continuam sendo um desafio e mostram que é preciso individualizar as propostas terapêuticas. Além disso, as terapias inovadoras, como o uso de células-tronco e medicamentos biológicos, embora promissoras, ainda enfrentam obstáculos como alto custo e necessidade de dados clínicos mais detalhados. Novos estudos serão fundamentais para a validação dessas terapias e para a implementação de tratamentos mais eficazes e acessíveis (WANG Y, et al., 2021). O objetivo deste trabalho foi analisar os avanços recentes no tratamento da OA do joelho, com ênfase em terapias farmacológicas e não farmacológicas inovadoras, incluindo o uso de células-tronco e tecnologias digitais.

MÉTODOS

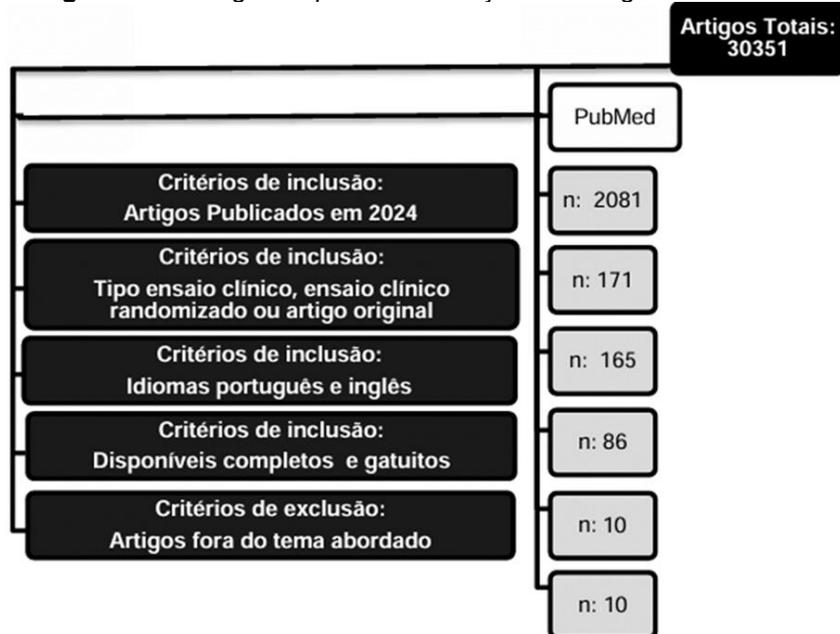
Trata-se de um estudo qualitativo e retrospectivo feito através de uma revisão de narrativa de literatura, que foi construída a partir da busca artigos científicos contidos no banco de dados National Library of Medicine (Medline). Os descritores utilizados no mecanismo de busca foram “pain”, “osteoarthritis” e “treatment” considerando o operador booleano “AND” entre as respectivas palavras.

Os tipos de estudo para a inclusão dos trabalhos foram: ensaio clínico e estudo clínico randomizado. Os trabalhos foram selecionados a partir de publicações em 2024, com o fim de incluir terapias inovadoras. Foram considerados ainda artigos no idioma inglês ou português e que estivessem disponíveis na íntegra e gratuitamente. O critério de exclusão usado foram os artigos que acrescentavam outras doenças ao tema central, desconectado do assunto proposto, além também da remoção de trabalhos que não eram compatíveis com os objetivos do estudo. A revisão dos trabalhos acadêmicos foi realizada por meio das seguintes etapas, na respectiva ordem: definição do tema; estabelecimento das categorias de estudo; proposta dos critérios de inclusão e exclusão; verificação e posterior análise das publicações; organização das informações; exposição dos dados.

RESULTADOS

A Diante da associação dos descritores utilizados, obteve-se um total de 30351 trabalhos analisados da base de dados Medline. A utilização do critério de inclusão “artigos publicados no ano de 2024” resultou em um total de 2081 artigos. Em seguida foi adicionado como critério de inclusão os artigos do tipo ensaio clínico, ensaio clínico controlado randomizado ou artigos de jornal, totalizando 171 artigos. Foram selecionados os artigos em português ou inglês, resultando em 165 artigos e depois adicionado a opção texto completo gratuito, totalizando 86 artigos. Após a leitura dos resumos foram excluídos aqueles que não se adequaram ao tema abordado ou que estavam em duplicação, totalizando 10 artigos, conforme ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma para identificação dos artigos no PubMed.



Fonte: Lobo Neto CLM, et al., 2025.

Dentre os 10 artigos selecionados, todos consistiam em ensaios clínicos randomizados. Dos trabalhos selecionados, 3 chamam a atenção para os efeitos benéficos das tecnologias digitais, enquanto 4 deles destacam a importância da terapias biológicas. Dois dos trabalhos abordam outros tipos de terapias farmacológicas, além de que 6 artigos avaliaram impactos de medidas não farmacológicas. Os artigos selecionados e seus respectivos resultados estão sintetizados no **Quadro 1**.

Quadro 1 - Artigos selecionados com seus respectivos autores, ano de publicação, tipo de estudo e principais resultados.

N	Autor e ano	Tipo de estudo e principais resultados
1	ABED MS, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=78). Os pacientes com OA crônica unilateral leve a moderada de joelho, que receberam a combinação de fonoforese de metformina e terapia de exercícios, apresentaram melhorias significativas na redução da dor, função do joelho e amplitude de movimento em comparação com os grupos que receberam apenas fonoforese de metformina ou ultrassom com gel neutro.
2	BOLANDAZAR NS, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado triplo-cego (N=31). Foi avaliado o uso de células estromais mesenquimais placentárias em pacientes com OA bilateral de joelho. Nas avaliações após 2 e 6 meses, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os joelhos de intervenção e controle nos escores de dor (VAS), função (WOMAC) e índice de Lequesne. Além disso, não houve diferenças significativas nas avaliações de ressonância magnética.
3	DIETER V, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=61). O estudo avaliou a eficácia de uma intervenção de exercícios totalmente automatizada baseada em aplicativo ao longo de 12 semanas, com e sem o uso de uma órtese de suporte. A taxa de adesão foi alta e os participantes apresentaram melhorias significativas na dor e na função física. Entretanto, a adição da órtese não proporcionou benefícios adicionais significativos.
4	KAST S, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=72). Após sete meses de tratamento, o grupo que usou a eletromiostimulação de corpo inteiro (WB-EMS) apresentou uma redução significativa na dor e melhorias na função física. O grupo WB-EMS também teve melhorias nas subescalas de sintomas e qualidade de vida do KOOS em comparação ao grupo de cuidados usuais. Esses resultados sugerem que a WB-EMS é eficaz na redução da dor e na melhoria da função em pacientes com OA do joelho.
5	ROMANDINI I, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado duplo-cego (N=100). Investigou-se o impacto da presença de leucócitos no plasma rico em plaquetas (PRP) utilizado para injeções intra-articulares no tratamento da OA do joelho. Após 12 semanas, não houve diferenças significativas em relação à redução da dor, melhoria da função física ou outros desfechos avaliados. Além disso, ambos os tratamentos apresentaram um perfil de segurança semelhante, com efeitos adversos mínimos. Esses achados sugerem que a presença de leucócitos no PRP não altera a eficácia das injeções intra-articulares no contexto da OA do joelho.
6	VAN ZADELHOFF TA, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=58). Foi comparada a eficácia da embolização da artéria genicular com a embolização simulada em pacientes com OA sintomática do joelho. Após 4 meses, não houve significativa redução da dor ou melhora clínica.
7	XU RD, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=48). O estudo avaliou a eficácia da combinação de campos eletromagnéticos pulsados (PEMF) e plasma rico em plaquetas (PRP) no tratamento de pacientes com OA do joelho em estágio inicial. Após as 12 semanas de tratamento, houve melhora clínica e funcional significativa com os tratamentos isolados e resultados superiores com o tratamento combinado.
8	WANG QW, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado duplo-cego (N=56). A função articular, bem como a sintomatologia, em paciente com OA de joelho, apresentaram importante melhora após a suplementação de vitamina D (4.000 Ui ao dia) durante um período de 6 meses.
9	ZHANG H, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=104). Foi analisado o impacto do fortalecimento muscular isocinético (IMS) pré-operatório dos membros inferiores nos resultados perioperatórios e pós-operatórios de pacientes com OA do joelho que aguardam artroplastia total do joelho (TKA). Após 3 meses, ocorreu melhora da força muscular e redução da dor em joelhos.
10	ZHANG ZQ, et al. (2024)	Ensaio clínico randomizado (N=60). Comparou-se a eficácia da manipulação de homeostase tecido-óssea (TBHM) na marcha e função do joelho de pacientes com OA do joelho (KOA). Com 12 semanas de intervenção, o grupo TBHM apresentou melhora importante nas funções do joelho e na qualidade de vida.

Fonte: Lobo Neto CLM, et al., 2025.

DISCUSSÃO

A OA do joelho é uma condição degenerativa comum que afeta uma parte significativa da população idosa, levando a dor crônica, rigidez e limitação de movimento. A gestão do tratamento envolve uma combinação de abordagens, incluindo terapias farmacológicas e intervenções não farmacológicas. O presente trabalho analisa os tratamentos e intervenções mais recentes para a dor, com base em uma análise comparativa de diversos estudos com foco em novos tratamentos e estratégias de gerenciamento da dor. Os resultados mostraram que as terapias foram eficazes para melhorar a adesão ao exercício, proporcionando uma abordagem inovadora, enfatizando o papel da tecnologia no gerenciamento da dor e na melhoria da função física. A utilização de tecnologias de acompanhamento pode ser um complemento significativo às terapias tradicionais, melhorando os resultados a longo prazo para os pacientes com OA de joelho (XU et al., 2024). Estudo relevante, avaliando a eficácia células tronco e plasma no tratamento da doença, concluiu que as vesículas extracelulares apresentaram uma resposta significativa na redução da dor e melhoria na função articular, sugerindo que as terapias celulares podem ser uma alternativa promissora às opções convencionais, como os analgésicos e antiinflamatórios (BOLANDNAZAR NS, et al., 2024).

No campo das terapias digitais, um estudo com fonoforese de metformina, associado a exercício físico, demonstrou uma melhoria significativa na dor, na amplitude de movimento e na função física dos pacientes. Tudo indica que a fonoforese, especialmente com medicamentos como a metformina, pode melhorar a penetração do medicamento nos tecidos, contribuindo para um tratamento mais eficaz (ABED MS, et al., 2024).

Em termos de fortalecimento muscular, o estudo de Zhang H, et al. (2024) investigou os efeitos do fortalecimento muscular isocinético nos pacientes com OA do joelho, especialmente aqueles que estavam aguardando artroplastia total do joelho. Os resultados sugerem que o fortalecimento muscular não apenas melhora funcionalmente o joelho, mas também reduz as forças de contato na articulação, o que pode diminuir a dor e melhorar a mobilidade funcional. Essa intervenção pode ser especialmente útil em estágios mais avançados da doença, como forma de preparação para procedimentos cirúrgicos, como a substituição do joelho (ZHANG ZQ, et al., 2024).

Outro estudo avaliou a suplementação de vitamina D em pacientes com OA do joelho em estágio avançado e constatou que a suplementação de vitamina D resulta em melhorias significativas na dor e na função articular, especialmente em pacientes com deficiência dessa vitamina. A deficiência de vitamina D tem sido associada à exacerbação da dor nas articulações e à progressão da OA, tornando a suplementação uma intervenção eficaz e de baixo custo para melhorar a qualidade de vida dos pacientes (WANG Y, et al., 2024).

Outros estudos compararam os efeitos da aplicação intra-articular de ácido hialurônico e plasma rico em plaquetas (PRP) no tratamento da OA do joelho. Ambos os tratamentos demonstraram benefícios em termos de redução da dor e melhoria da função, com o PRP se destacando por suas propriedades regenerativas. Embora o ácido hialurônico seja uma escolha comum para o tratamento da OA, o PRP mostra-se uma opção promissora, especialmente em pacientes que não respondem bem às injeções de ácido hialurônico. O uso de terapias baseadas em células, como as células-tronco derivadas de tecidos mesenquimatosos, também está sendo explorado no tratamento da OA do joelho. Foi também investigado a segurança e a eficácia das aplicações de PRP em pacientes com este diagnóstico. O estudo demonstrou que as injeções de PRP não apresentaram efeitos adversos significativos e, em muitos casos, resultaram em melhorias substanciais nos sintomas dos pacientes. Essa abordagem é uma das mais promissoras em relação à regeneração tecidual e à promoção de um alívio duradouro da dor (ROMANDINI I, et al., 2024).

Por outro lado, a utilização de intervenções mínimas invasivas, como a embolização das artérias geniculares, tem se mostrado eficaz em pacientes com OA sintomática do joelho. Um estudo comparou a embolização das artérias geniculares, com a embolização simulada, demonstrando que a primeira foi eficaz na redução da dor e melhoria funcional. Esse tipo de intervenção pode se tornar uma alternativa valiosa para pacientes que não respondem bem às terapias conservadoras (VAN ZADELHOFF TA, et al., 2024).

Em relação às intervenções tecnológicas, alguns estudos avaliaram a eficácia de uma intervenção baseada em mHealth para pacientes com OA do joelho. O uso de dispositivos móveis e aplicativos para monitoramento e orientação de exercícios mostrou-se eficaz em melhorar a adesão ao tratamento e reduzir a dor, destacando a importância da tecnologia na gestão deste problema, especialmente em pacientes com dificuldades de mobilidade (DIETER V, et al., 2024).

A eficácia da estimulação elétrica também foi investigada, explorando os efeitos da estimulação mioelétrica de corpo inteiro no tratamento da dor e disfunção física associadas mostrando-se eficaz na redução da dor e na melhoria da função física. Isto torna esta terapia uma ferramenta útil em tratamentos complementares. Portanto, essa terapia não invasiva pode ser considerada como parte de um plano de manejo da dor em pacientes com OA (KAST S, et al., 2024).

Por fim, o estudo sobre a combinação de campos eletromagnéticos pulsados e PRP para o tratamento da OA inicial do joelho mostrou que a combinação dessas terapias pode resultar em melhorias significativas nos sintomas, sugerindo que uma abordagem multimodal pode ser eficaz no controle da dor e na promoção da recuperação funcional (XU RD, et al., 2024).

Em resumo, os avanços no tratamento da OA do joelho incluem uma ampla gama de intervenções que variam desde terapias baseadas em células até o uso de tecnologias inovadoras e exercícios. A combinação de abordagens farmacológicas, terapias físicas e tecnologias de monitoramento oferece uma abordagem mais eficaz e personalizada para o tratamento da OA, proporcionando alívio da dor e melhoria da função física dos pacientes. As perspectivas futuras para o manejo da OA do joelho devem considerar essas inovações, oferecendo tratamentos mais eficazes e acessíveis para os pacientes afetados por essa condição debilitante (XU RD, et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento da OA do joelho é uma área que tem evoluído consideravelmente nas últimas décadas, principalmente nos avanços em terapias inovadoras. No entanto, ainda existem desafios significativos que devem ser abordados para melhorar o manejo dessa condição degenerativa. A personalização do tratamento, levando em consideração fatores como comorbidades, idade e estágio da doença, continua sendo um desafio importante, pois a resposta ao tratamento pode variar amplamente entre os pacientes. As terapias inovadoras, como as intervenções biológicas, apesar de apresentarem resultados promissores, enfrentam alguns desafios, como o alto custo e a necessidade de mais dados clínicos robustos para validar sua eficácia e segurança em longo prazo. Essas tecnologias aplicadas à OA oferecem uma maneira eficiente de monitorar os sintomas, ajustar tratamentos e promover a adesão ao plano terapêutico, melhorando a qualidade de vida. Contudo, sua implementação em larga escala ainda enfrenta obstáculos relacionados à aceitação dos pacientes e à necessidade de infraestrutura tecnológica. O tratamento farmacológico continua sendo uma base importante no manejo da dor, embora os efeitos colaterais e as limitações a longo prazo devam ser considerados cuidadosamente. Além disso, estudos sobre terapias regenerativas, como as injeções de células-tronco e plasma rico em plaquetas, ainda carecem de mais dados de longo prazo para confirmar sua eficácia definitiva. Finalmente, é essencial o foco em tratamentos cada vez mais individualizados, levando em conta a diversidade genética, a comorbidade e os fatores de risco individuais dos pacientes. O futuro do tratamento da OA será provavelmente moldado pela integração de novas tecnologias, abordagens farmacológicas inovadoras e uma maior compreensão da biologia da doença.

REFERÊNCIAS

1. ABED MS, et al. Effects of metformin phonophoresis and exercise therapy on pain, range of motion, and physical function in chronic knee osteoarthritis: randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2024; 19(1): 689.
2. BOLANDAZAR NS, et al. Safety and efficacy of placental mesenchymal stromal cells derived extracellular vesicles in knee osteoarthritis: a randomized, triple-blind, placebo controlled clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2024; 25(1): 856.

3. DAVIS MA, et al. Prevalence and epidemiology of osteoarthritis. *Annals of Rheumatic Diseases*, 2022; 81(5): 525-530.
4. DIETER V, et al. Efficacy of the mHealth-Based Exercise Intervention reflex for Patients With Knee Osteoarthritis: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 2024; 12: e54356.
5. HOCHBERG MC, et al. Non-pharmacological treatments for knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 2022; 30(6): 818-825.
6. HUNTER DJ, et al. Risk factors for osteoarthritis: a clinical review. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 2021; 103(8): 665-672.
7. JOHNSON MG, et al. Functional impact of knee osteoarthritis in the elderly. *The Gerontologist*, 2022; 62(7): 1279-1284.
8. KAST S, et al. Effectiveness of whole-body electromyostimulation on knee pain and physical function in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 2024; 14(1): 20804.
9. MORRIS LA, et al. The role of digital technologies in osteoarthritis care. *Journal of Digital Health*, 2022; 4(1): 1-8.
10. ROMANDINI I, et al. Leukocytes Do Not Influence the Safety and Efficacy of Platelet-Rich Plasma Injections for the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *American Journal of Sports Medicine*, 2024; 52(13): 3212-3222.
11. SILVA RA, et al. Osteoarthritis in Brazil: Prevalence and management strategies. *Journal of Clinical Rheumatology*, v. 27, n. 2, p. 50-55, 2021.
12. SHAO X, et al. Regenerative medicine in osteoarthritis: Stem cells and platelet-rich plasma. *Biology and Medicine*, 2021; 17(4): 25-30.
13. VAN ZADELHOFF TA, et al. Genicular artery embolisation versus sham embolisation for symptomatic osteoarthritis of the knee: a randomised controlled trial. *BMJ Open*, 2024; 14(10): e087047.
14. VINA ER, et al. Pharmacological treatment of knee osteoarthritis. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 2021; 47(2): 257-267.
15. XU RD, et al. The combined application of pulsed electromagnetic fields and platelet rich plasma in the treatment of early-stage knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *Medicine (Baltimore)*, 2024; 103(35): e39369.
16. WANG Y, et al. Future directions in osteoarthritis treatment. *Journal of Orthopedic Research*, 2021; 39(1): 55-63.
17. WANG QW, et al. The effectiveness of vitamin D supplementation in patients with end stage knee osteoarthritis: Study protocol for a double-blinded, randomized controlled trial. *PLoS One*, 2024; 19(10): e0309610.
18. ZHANG W, et al. Management of knee osteoarthritis. *The Lancet*, 2022; 393(10178): 2135-2145.
19. ZHANG H, et al. Effect of lower-limb isokinetic muscle strengthening on knee function and joint contact force in knee osteoarthritis patients awaiting total knee arthroplasty: study protocol for a randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2024; 19(1): 677.
20. ZHANG ZQ, et al. Efficacy of tissue-bone homeostasis manipulation on the gait and knee function for the patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2024; 25(1): 794.