

## REVISÃO

### Benefícios da aplicação da terapia a laser de baixa intensidade na regeneração da cartilagem

### *Benefits of applying low intensity laser therapy in cartilage regeneration*

Manuely Francine Lopes<sup>1</sup>, Fabio Alexandre Casarin Pastor<sup>1</sup>, Thiago de Souza Candido<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Jaú, SP, Brasil

Recebido em: 8 de Dezembro de 2025; Aceito em: 19 de Dezembro de 2026.

**Correspondência:** Manuely Francine Lopes, [manu.0202@icloud.com](mailto:manu.0202@icloud.com)

#### Como citar

Lopes MF, Pastor FAC, Candido TS. Benefícios da aplicação da terapia a laser de baixa intensidade na regeneração da cartilagem. Fisioter Bras. 2026;27(1):3042-3061 doi: [10.62827/fb.v27i1.1134](https://doi.org/10.62827/fb.v27i1.1134)

## Resumo

**Introdução:** A cartilagem desempenha papel fundamental no corpo humano, contribuindo para a execução dos movimentos esqueléticos e para a proteção das articulações. Seu desenvolvimento ocorre de duas formas, aposicional e intersticial, sendo o crescimento aposicional o mais proeminente. Diversas técnicas fisioterapêuticas têm sido estudadas para auxiliar no tratamento de alterações nesse tecido, entre elas a laserterapia de baixa intensidade (LBI), que vem demonstrando efeitos positivos na redução de sintomas dolorosos e na modulação tecidual. **Objetivo:** Descrever sobre os benefícios da LBI no reparo do tecido condral. **Métodos:** Esta revisão integrativa foi realizada a partir de estudos publicados nos últimos dez anos, utilizando as bases Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e PubMed. Os descritores empregados foram “chondral tissue”, “high intensity laser” e “low intensity laser”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR. **Resultados:** Foram incluídos sete estudos. A LBI apresentou eficácia na redução da dor em tendinopatias e disfunções musculoesqueléticas, com melhores resultados quando associada a outras modalidades terapêuticas. Os efeitos funcionais variaram entre os estudos. Em casos de osteoartrite, observou-se melhora significativa da dor e da função, enquanto na artrite reumatoide os achados permaneceram inconclusivos. Estudos experimentais indicaram potencial de fotobiomodulação capaz de estimular proliferação celular e condrogênese. **Conclusão:** A LBI demonstrou benefícios relevantes na analgesia, especialmente quando combinada a outras terapias. Evidências também sugerem seu potencial em

estimular a regeneração cartilaginosa, promovendo maior atividade condrogênica e síntese de matriz extracelular. Contudo, os resultados funcionais ainda são insuficientes, reforçando a necessidade de novas pesquisas para fortalecer o conhecimento sobre seus efeitos no tecido condral.

**Palavras-chave:** Terapia a Laser; Cartilagem; Terapia a Laser de Baixa Intensidade.

## Abstract

*Introduction:* Cartilage plays a fundamental role in the human body by contributing to skeletal movements and protecting articular surfaces. Its development occurs through two processes, appositional and interstitial growth, with appositional growth being the most prominent. Several physiotherapeutic techniques have been investigated to address dysfunctions involving this tissue, including low-intensity laser therapy (LILT), which has shown promising results in pain reduction and tissue modulation.

*Objective:* To review the scientific literature regarding the benefits of LILT in the repair of chondral tissue.

*Methods:* This integrative review was conducted using studies published in the last ten years. Searches were performed in the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) and PubMed databases.

The descriptors used were “chondral tissue,” “high intensity laser,” and “low intensity laser,” combined with the Boolean operators AND and OR. *Results:* Seven studies met the inclusion criteria. LILT demonstrated effectiveness in reducing pain associated with tendinopathies and musculoskeletal disorders, particularly when combined with other therapeutic modalities. Functional outcomes varied across studies. In osteoarthritis, significant improvements in pain and function were observed, while results for rheumatoid arthritis remained inconclusive. Experimental studies also indicated photobiomodulation effects capable of promoting increased cellular proliferation and chondrogenesis.

*Conclusion:* LILT has shown relevant benefits in analgesia, especially when used in combination with other treatment approaches. Evidence suggests that it may support chondral tissue regeneration by stimulating chondrocyte activity and extracellular matrix synthesis. However, findings regarding functional improvement remain inconsistent. Further studies are necessary to deepen understanding and strengthen the scientific basis for the therapeutic effects of LILT on chondral tissue.

**Keywords:** Laser Therapy; Cartilage; Low-Level Light Therapy.

## Introdução

A cartilagem pode ser classificada como um tecido conjuntivo denso de origem mesodérmica que exerce importantes funções no corpo humano, contribuindo para a realização dos movimentos esqueléticos e também sendo responsável pela proteção das articulações contra o desgaste, atuando por meio de suas habilidades resistentes e flexíveis [1-4]. Nos compostos celulares do tecido

cartilaginoso pode-se destacar a presença de células maduras e imaturas, as células imaturas se apresentam como condroblastos, secretando matriz extracelular (formada por água, colágeno, proteoglicano e outros componentes) e também apresenta a capacidade de se transformar em células maduras, ou seja, em condrócitos [5]. Sobre o crescimento condral, pode ser denominado como

intersticial e aposicional, no caso do crescimento aposicional, a cartilagem é gerada sobre uma área na qual já possui a presença de cartilagem, que foi originada pelo pericôndrio, já o crescimento intersticial é caracterizado por se desenvolver dentro da cartilagem, motivado pela separação das células condrogênicas. Entre esses dois tipos, pode-se dizer que o aposicional é considerado o mais relevante, pois, conforme a matriz se apresenta mais resistente, o crescimento intersticial não é mais possível, sendo solicitado somente o crescimento aposicional [6,7].

Quanto aos seus tipos, observamos três principais tipos de cartilagem: elástica, fibrocartilagem e a hialina. A cartilagem elástica possui grande flexibilidade, fornecendo elasticidade para as estruturas, é formada por fibras elásticas e colágeno tipo II, podendo ser encontrada por exemplo na epiglote, e na orelha interna e externa [4]. A fibrocartilagem, pode ser descrita como um tecido fibroso e firme, sua matriz é formada por colágeno tipo I e II, e ela pode ser encontrada nos discos da coluna vertebral e também em junções osteotendinosas e osteoligamentosas. Já a cartilagem hialina é a mais predominante no corpo, é formada por glicosaminoglicanos e fibras de colágeno tipo II. Apresenta um aspecto cristalino, e pode ser observada em articulações do crânio e entre extremidades ósseas, como, a cartilagem articular (CA) [1,4].

A CA forma-se por um processo chamado de condrogênese, que se inicia com a condensação das células estromais/progenitoras mesenquimais nas extremidades ósseas, essas células se transformam em condrócitos e condroblastos, expelindo matriz cartilaginosa, tal processo é controlado por sinais moleculares, celulares e genéticos, e também acompanhado pela estimulação de TGF- $\beta$  e BMP (proteínas morfogênicas ósseas) [1]. A cartilagem articular apresenta quatro porções, e cada

uma delas possui suas particularidades morfológicas na qual diferenciam suas funções, fenótipo e composição genética, sendo a porção superficial, porção média, porção inferior e a porção calcificada [5]. Ela é resistente a perturbações mecânicas, forças de compressão e também minimiza atritos, sendo composta principalmente por colágeno tipo II e matriz extracelular, não apresenta vasos condutores e nem células, sendo nutrida pelos tecidos ao seu redor, e a ausência dessas estruturas impossibilita seu reparo quando lesada [1,4]. Quando lesionada, devido a sua restrita concentração de células e privação de vascularização na qual limita os mecanismos de reparo, a CA não é capaz de se reestruturar de forma independente, e se persistir, pode levar ao desenvolvimento de diferentes doenças, como por exemplo a osteoartrite [1]. Problemas na CA acomete centenas de pessoas, e existem diversos fatores que contribuem para a tal, como, traumas, comorbidades, danos esportivos, obesidade, genética, idade e envelhecimento [4].

Por mais que as alternativas recentes de intervenção se apresentam eficientes para interromper essa anomalia, auxiliando na melhora da função articular e controle dos sintomas, por meio de injeções anti-inflamatórias, injeções de corticosteróides, uso de analgésicos ou cirurgias para redução do desconforto ou substituição da junta, a articulação não poderá se recuperar totalmente e nem restabelecer sua função original. Isto, desencadeia diferentes respostas biológicas, e leva ao desequilíbrio da homeostase do tecido, estimulando a liberação de citocinas/quimiocinas pró-inflamatórias (IL-1), o que culmina no aumento da atividade metabólica dos condrócitos, que libera IL-1b, TNF- $\alpha$ , proteína quimioatrativa de monócitos-1 (MCP1) e Interleucina-6 (IL-6), ampliando a inflamação, e promovendo a liberação de metaloproteinases da matriz (MMPs), como MMP3 e MMP13 pelos condrócitos, sendo enzimas

de destruição tecidual, tendo a extinção de seu fenótipo nativo [1,3].

Dentro deste contexto, algumas modalidades fisioterapêuticas estão sendo utilizadas nessas disfunções, envolvem tratamentos de estimulação elétrica, ultrassom, materiais quentes e também a terapia a laser de baixa intensidade, se mostrando eficientes tanto para a melhora da função quanto dos sintomas, auxiliando na dor e desconfortos nas atividades cotidianas [8]. A terapia a laser é uma intervenção não farmacológica e não invasiva, sendo realizada por meio de lasers ou díodos emissores de luz no local lesado [9]. Essa modificação foi inserida para tratar principalmente disfunções musculoesqueléticas, e se tornou popular por ser indolor e por não causar efeitos colaterais após sua utilização, além de apresentar diferentes benefícios, como, analgesia, redução de edemas e efeitos bioestimulantes [8]. Esse recurso terapêutico apresenta duas categorias, sendo o laser de baixa intensidade e o laser de alta intensidade, mas sendo do domínio fisioterapêutico somente a laserterapia de baixa intensidade.

A terapia a laser de baixa intensidade (LBI) atua por meio de um díodo emissor de luz (LED) ou pela luz laser, que apresenta dois comprimentos de onda, sendo o vermelho ou infravermelho de aproximadamente 600-1100 nm [10], e age nas

mitocôndrias, especificamente sobre o citocromo C oxidase, promovendo aumento do metabolismo e consequentemente a propagação da transdução de sinal, apresentando diferentes benefícios, como efeitos anti-inflamatórios [11] causado pela redução da concentração de marcadores bioquímicos, do fluxo de neutrófilos e estresse oxidativo, sendo muito utilizado no tratamento de dores agudas e crônicas [12] também auxilia na modulação da dor [11] pela estimulação da produção de endorfina direcionada aos nervos periféricos [12] e também atua na restauração do tecido lesado, [11] estimulando a liberação de colágeno e fibroblastos, que contribuem para o processo cicatricial [12].

Também podemos citar a terapia a laser de alta intensidade (LAI), por mais que não seja de domínio fisioterapêutico ela é muito eficaz, apresentando efeitos fototérmicos, fotomecânicos e fotoquímicos [8], contribuindo para os efeitos anti-inflamatórios, bioestimulantes, vasodilatadores, auxiliando na redução de edemas e redução da dor [13]. Essa terapia apresenta maior potência [14], com um comprimento de onda de 1.064 nm e uma potência máxima de saída de 3.000 W [12]. Descreveu-se os benefícios da laserterapia de baixa intensidade no tecido condral por meio da busca de estudos prévios.

## Métodos

Trata-se de uma revisão integrativa, caracterizada pela análise de pesquisas científicas relevantes, que contribuiu para resolução e consolidação da prática fisioterápica, visando a síntese sobre um determinado tema, além de identificar conflitos do conhecimento que precisavam ser complementados por meio de novas pesquisas [15].

Nesse método foi possível sintetizar resultados atingidos em pesquisas sobre um tema determinado ou questão, de forma disposta e organizada, a fim de facilitar o conhecimento em relação ao tema [16]. Para tal finalidade, foram utilizadas as seis etapas citadas por Galvão, Mendes e Silveira [16], que se iniciou com a identificação do tema, seguido por estabelecimento de critérios,

definição das informações, avaliação dos estudos, interpretação dos resultados e para finalizar a apresentação da revisão.

Neste sentido, este estudo utilizou a seguinte pergunta: “Quais são os benefícios da laserterapia de baixa intensidade no tecido condral?”, foi elaborada seguindo os critérios PICo [17] (P=População, I=Intervenção ou Interesse e Co=Contexto), estruturado do seguinte modo: P=Pacientes com alterações condrais; I=Laserterapia; Co=Benefícios da laserterapia de baixa intensidade no tecido condral.

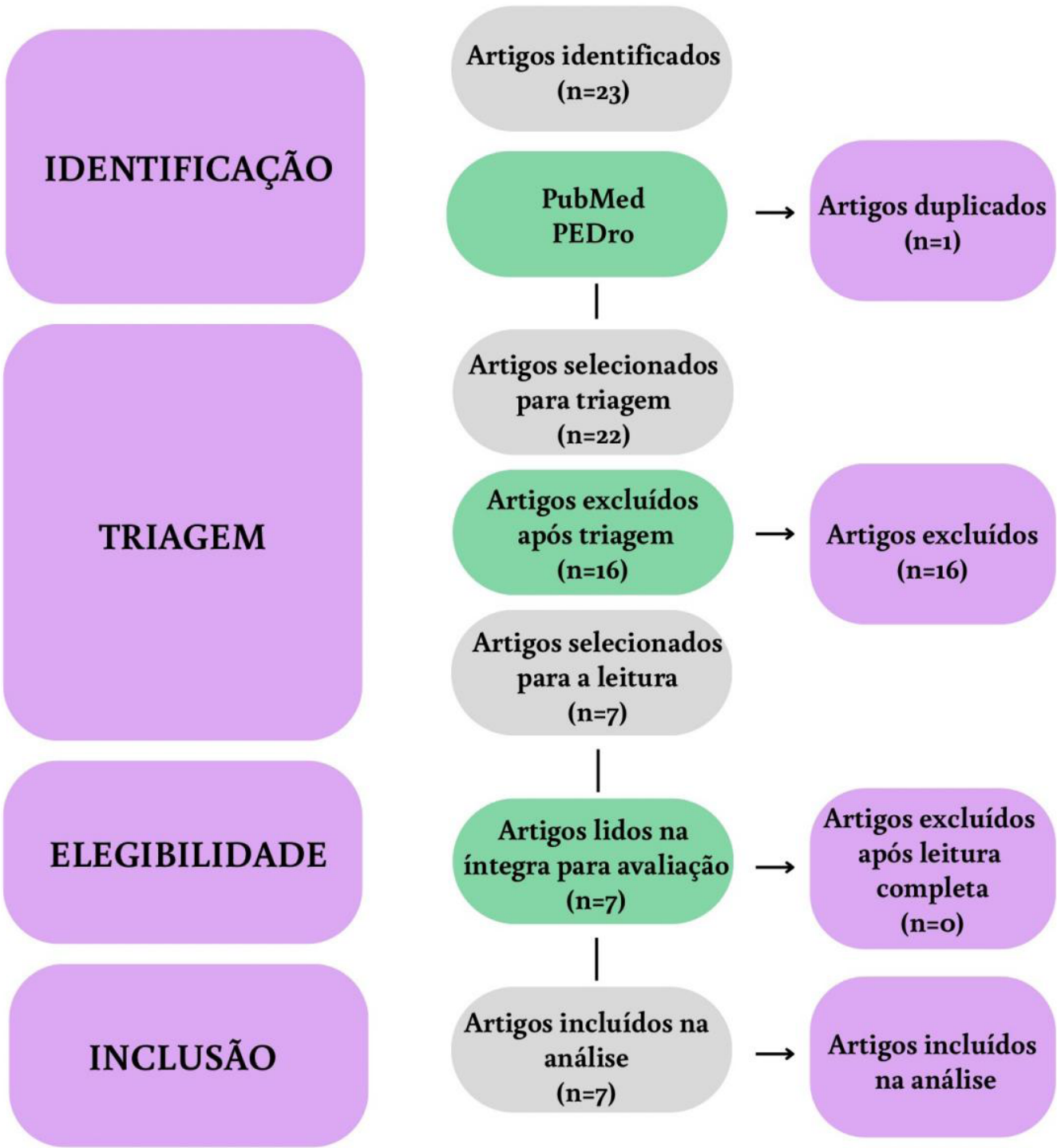
A revisão integrativa foi desenvolvida por meio de pesquisas em artigos científicos de forma online utilizando às bases de dados: *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) e *PubMed Database* (PubMed), cujo descritores de assunto foram “chondral tissue”, “high intensity laser” e “low intensity laser”. As buscas foram realizadas com o auxílio de operadores booleanos, sendo os mais comuns: 1- O termo sozinho; 2- AND: busca utilizando dois ou mais termos concomitantemente, sendo que ambos precisam estar nos artigos buscados (por exemplo: “high intensity laser” AND “low intensity laser”); 3- OR: busca utilizando dois ou mais termos, sendo que um ou outro esteja presente no artigo buscado (por exemplo: “high intensity laser” OR “low intensity laser”).

Entre os critérios de inclusão, foram considerados artigos de acesso aberto publicados entre 2014 a 2024, no idioma inglês, de origem nacionais e internacionais, classificados em bases de dados referidos até o dia 31 de dezembro de 2024. Entre os critérios de exclusão, foram descartados artigos duplicados, aqueles que não respondem à pergunta de pesquisa ou não estão relacionados ao tema de ensino de graduação. Em relação a metodologia, foi utilizada a *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- Analyses (PRISMA)* para a escolha dos artigos [18].

Ao longo do processo de seleção dos artigos (Figura 1), foi realizada uma revisão por pares, certificando a aprovação das decisões sobre quais artigos poderão pertencer ou não a pesquisa. As aferições dos artigos foram realizadas por consenso, com outros dois membros da equipe de pesquisa que conduziram análises independentes e verificações duplas a fim de assegurar a precisão e consistência dos resultados. Após a seleção dos artigos, foi realizado uma planilha com informações como nome do autor, título, ano de publicação, metodologia e os principais resultados do estudo. E para a organização dos artigos selecionados foi elaborado uma planilha no Microsoft Word (Quadro 1).



Figura 1. Fluxograma das etapas realizadas na metodologia para a seleção dos artigos.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e da triagem conforme o fluxograma PRISMA (Figura 1), foram selecionados sete artigos científicos que atenderam plenamente aos critérios

estabelecidos para a presente revisão. Os estudos incluídos abrangeram diferentes metodologias, como ensaios clínicos randomizados, revisões sistemáticas com ou sem meta-análise e estudos

experimentais *in vitro*, todos voltados à avaliação dos efeitos da laserterapia de baixa intensidade em diferentes contextos clínicos ou laboratoriais relacionados ao tecido condral. A seleção final dos artigos buscou assegurar uma representatividade dos diferentes modelos de aplicação da laserterapia, variando quanto à condição clínica, como

tendinopatias, osteoartrite, artrite reumatoide e entorses, o tipo de laser, parâmetros técnicos utilizados, e desfechos analisados, como dor, funcionalidade, regeneração tecidual, entre outros. Também, para o aprimoramento da escrita textual, utilizou-se a ferramenta de inteligência artificial ChatGPT, da OpenAI.

## Resultados

O processo de síntese dos dados foi realizado por meio da elaboração do Quadro 1, que apresenta os sete artigos científicos selecionados após a aplicação dos critérios de elegibilidade e triagem, em conformidade com o fluxograma PRISMA (Figura 1). O Quadro 1 foi estruturado com o objetivo de fornecer uma visão sistemática e concisa dos estudos que subsidiam esta revisão. Para cada artigo incluído,

foram sumarizadas as seguintes variáveis: nome do(s) autor(es), título do estudo, ano de publicação, descrição da metodologia empregada (como ensaios clínicos randomizados, revisões sistemáticas ou estudos *in vitro*), e as principais conclusões alcançadas. Esta organização permite a identificação rápida das características de cada pesquisa e a comparação dos resultados obtidos sobre o tema.

Quadro 1 - Artigos selecionados para o estudo.

| Autores | Arias,<br>Mariana, et al                                                                                                                                                          | Tong,<br>Jiabei, et al                                                                                                                       | Ahmad,<br>Nahla, et al                                                                                                                                   | Lourinho,<br>Ingrid, et al                                                                                                                                   | Verma,<br>Sachin, et al                                                                                                                                                                                  | Leotty,<br>Carla, et al                                                                                                                                  | Fagel,<br>Renan, et al                                                                                                             |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Título  | Eficácia da<br>terapia a laser de<br>alta intensidade<br>em pacientes<br>com distúrbios<br>da articulação<br>temporomandibular:<br>uma revisão<br>sistemática e meta-<br>análise. | Efeito da<br>fotobiomodulação<br>LED de 660 nm<br>na proliferação<br>e condrogenese<br>de células-tronco<br>derivadas do<br>menisco (MeSCs). | Eficácia da terapia<br>de fotobiomodulação<br>no tratamento<br>de pacientes<br>com entorse de<br>tornozelo: uma<br>revisão sistemática e<br>metaanálise. | Efeitos da terapia a<br>laser de baixo nível<br>em adultos com artrite<br>reumatóide: Uma<br>revisão sistemática<br>e metaanálise de<br>ensaios controlados. | Eficácia da Terapia<br>a Laser de Alta<br>Potência na<br>Dor e Torque de<br>Pico Isocinético<br>em Atletas com<br>Tendinopatia<br>Proximal do<br>Tendão da<br>Isquiotibial:<br>Um Ensaio<br>Randomizado. | Efeito do laser de<br>baixa intensidade<br>na dor e na<br>funcionalidade<br>de pacientes<br>com tendinopatia<br>de ombro:<br>uma revisão<br>sistemática. | Terapia a laser de<br>baixo nível para<br>reduzir a dor na<br>artrite reumatóide<br>e osteoartrite:<br>uma revisão<br>sistemática. |



| Ano     | 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2024                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Foi realizada uma revisão sistemática com meta-análise para avaliar os efeitos da laserterapia de alta intensidade (HILT) em disfunções temporomandibulares (DTMs). A busca foi feita em oito bases de dados até julho de 2024, com inclusão de ensaios clínicos randomizados. A seleção e avaliação da qualidade dos estudos foram feitas por revisores independentes, utilizando a ferramenta de risco de viés da Cochrane. Os principais desfechos analisados foram dor (VAS), abertura da boca, incapacidade (JFLS-20) e qualidade de vida (OHIP-14). Três estudos foram incluídos na meta-análise. A HILT mostrou benefícios significativos para dor e abertura bucal, com nível de evidência moderado segundo o GRADE. | Meniscos de seis pacientes submetidos à artroplastia total de joelho foram coletados. As células-tronco mesenquimais do menisco (MeSCs) foram isoladas, cultivadas, caracterizadas por citometria de fluxo e testadas quanto à diferenciação celular. As MeSCs foram irradiadas com fotobiomodulação (PBM) usando luz LED vermelha em diferentes densidades de energia (0, 4, 18 e 30 J/cm²) para avaliar proliferação, diferenciação condrogênica, atividade mitocondrial (ensaio MTT) e expressão gênica (qPCR). A irradiação foi feita por até três sessões, com coletas em diferentes tempos. Os dados foram analisados por teste t (p < 0,05) e o estudo seguiu diretrizes éticas internacionais. | Uma pesquisa sistemática dos bancos de dados (MEDLINE, PubMed, EBSCO, Web of Science, Wiley Online Library, Science Direct, Physiotherapy Evidence (PEDro) e os Bancos de Dados Cochrane) foi realizada desde o início até o final de 2023 para identificar qualquer estudo clínico que investigue o efeito da PBMT na entorse do tornozelo. O desfecho primário medido foi dor e função, e o edema foi secundário medido. A qualidade metodológica foi avaliada usando a escala PEDro. O nível de evidência foi determinado pelo (GRADE). Uma meta-análise de efeito aleatório com gráfico florestal foi usada para calcular a diferença média padronizada (SMD) em um intervalo de confiança de 95% e o tamanho geral do efeito (ES). | Neste estudo, foi realizada uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. Estudos elegíveis compararam LLLT com placebo, tratamentos convencionais ou nenhum tratamento, avaliando desfechos como dor, função, atividade da doença e qualidade de vida. Extraíram os dados e avaliaram o risco de viés (usando a ferramenta da Cochrane) e a qualidade das evidências (método GRADE). As análises estatísticas foram realizadas no software Review Manager 5.4.1, utilizando modelos de efeitos aleatórios, com cálculo de razões de risco e diferenças médias. Também foram planejadas análises de subgrupos com base em idade, duração do tratamento e parâmetros do laser, além de análises de sensibilidade para avaliar o impacto de estudos com alto risco de viés. | Estudo clínico com 36 atletas com tendinopatia isquiotibial, divididos aleatoriamente em dois grupos: laserterapia de alta potência (grupo experimental) e fisioterapia convencional (grupo controle). A intervenção durou 3 semanas, com avaliações de dor (NPRS) e força muscular (pico de torque isocinético) antes e depois do tratamento. Ambos os grupos reduziram a dor significativamente, mas só o grupo com laser teve aumento significativo da força. | Esta revisão sistemática seguiu as diretrizes PRISMA e foi registrada no PROSPERO. A busca incluiu as bases PubMed, SciELO, Cochrane e PEDro até abril de 2019, utilizando descritores relacionados a tendinopatias do ombro e laserterapia de baixa intensidade. Foram selecionados ensaios clínicos randomizados com humanos diagnosticados com tendinopatia de ombro, tratados com laserterapia, e com desfechos relacionados à dor. A análise foi descritiva, comparando os efeitos da laserterapia sobre dor e funcionalidade, e incluindo análises por subgrupos conforme diagnóstico e tipo de laser. | A revisão sistemática seguiu o protocolo PRISMA e analisou estudos publicados entre 2006 e 2018 nas bases PubMed, Scopus, LILACS e Web of Science. Foram incluídos ensaios clínicos sobre o uso da laserterapia de baixa intensidade (LLLT) para dor em artrite reumatoide (AR) ou osteoartrite (OA). Dois revisores selecionaram os estudos, avaliando a qualidade com a escala PEDro. Foram analisados os parâmetros do laser (como energia por ponto e por sessão) para identificar os mais eficazes no alívio da dor. |
| Métodos |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Conclusão</b></p> <p>A HILT foi considerada eficaz no alívio da dor de curto prazo e na melhoria da abertura da mandíbula em TMDs, potencialmente melhorando a qualidade de vida, facilitando atividades como mastigação, mobilidade da mandíbula e comunicação.</p> <p>No entanto, mais pesquisas são necessárias para confirmar sua eficácia a longo prazo.</p> <p>Combinar o HILT com intervenções como talas oclusais ou exercícios terapêuticos poderia potencialmente aumentar seus efeitos, aproveitando as evidências existentes que apoiam esses tratamentos.</p> | <p>O estudo investigou os efeitos do PBM com LED de 660 nm em células-tronco mesenquimais do menisco (MeSCs), demonstrando que ele estimula a proliferação, atividade mitocondrial, diferenciação condrogênica e expressão gênica. Os efeitos positivos parecem estar ligados às vias de sinalização PI3K/Akt/mTOR, PI3K/Akt/GSK3<math>\beta</math> e TGF-<math>\beta</math>3. Os resultados indicam o potencial do PBM como ferramenta para terapia celular e engenharia de tecidos, embora mais estudos sejam necessários para entender seus mecanismos e parâmetros ideais.</p> | <p>A PBMT é bastante eficaz para pacientes com entorse de tornozelo. A PBMT apresentou alto tamanho de efeito, com nível moderado de evidência sobre a intensidade da dor. A ausência de efeitos significativos da PBMT sobre a função e o edema, com baixo nível de evidência, limita a confiabilidade dos resultados atuais e recomenda a realização de mais estudos amplos e de alta qualidade, com maior intensidade e fluência na PBMT, para padronização dos parâmetros de irradiação e do protocolo de tratamento.</p> | <p>Em conclusão, o laser infravermelho pode não ser superior ao placebo em pacientes com AR. Não há evidências suficientes para apoiar ou refutar a eficácia do laser vermelho, da acupuntura a laser e da reflexologia no tratamento de pacientes com AR. Mais estudos com metodologia científica mais rigorosa e um tamanho amostral maior são necessários para monitorar os efeitos da terapia de baixa intensidade (LTL) em pacientes com AR a longo prazo.</p> | <p>O HPLT foi eficaz na melhoria da dor em atletas com PHT em comparação com o programa convencional de fisioterapia (EUA, calor úmido e exercícios caseiros); no entanto, devido à falta de um grupo de controle, a melhora não pode ser atribuída apenas ao HPLT. Não foram encontradas diferenças significativas entre a HPLT e a fisioterapia convencional na melhoria da IPT dos isquiotibiais, embora a IPT tenha aumentado com a HPLT.</p> | <p>Sugere que os resultados para a utilização da terapia com LBI para a melhora da dor e da funcionalidade em tendinopatias de ombro são controversos. Apenas 45% dos 11 estudos incluídos observaram diminuição significativa da dor, e apenas 1 dos 6 estudos que avaliaram a funcionalidade observaram aumento significativo desse desfecho. Portanto, futuras revisões sistemáticas sobre o efeito combinado de LBI e exercícios, assim como sobre o efeito da terapia de LBI com dosagens recomendadas no tratamento de tendinopatias de ombro, são necessárias.</p> <p>Existem evidências favoráveis de que a LLLT pode reduzir a dor em pacientes com osteoartrite de joelho, principalmente com doses de 6 J por ponto e 48 J por sessão de tratamento. Em relação à artrite reumatoide e osteoartrite em outras articulações, há uma clara necessidade de mais estudos, com melhor qualidade metodológica e descrição adequada da dosimetria aplicada, para que quaisquer conclusões sobre a eficácia desta técnica possam ser corroboradas.</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Discussão

A análise dos sete estudos mostra que a Laserterapia de Baixa Intensidade (LBI) apresenta um papel promissor, porém complexo, no tratamento das alterações do tecido condral e de disfunções musculoesqueléticas associadas. As evidências indicam que a LBI é eficaz na redução da dor em tendinopatias e outras condições musculoesqueléticas, o que responde, ao menos em parte, à pergunta de pesquisa sobre seus efeitos, especialmente no alívio dos sintomas. Apesar disso, os resultados em relação a melhora funcional variaram consideravelmente entre os estudos, sugerindo que a modulação do reparo tecidual e a evolução funcional não ocorrem de forma uniforme apenas com o uso da LBI. Um ponto importante observado é que os melhores resultados foram alcançados quando a LBI foi associada a outras modalidades terapêuticas, reforçando a necessidade de uma abordagem combinada para potencializar os efeitos clínicos, principalmente em condições crônicas, como a osteoartrite.

O estudo desenvolvido por Leotty et al. [19], como citado no Quadro 1, trata-se de uma revisão sistemática que teve como objetivo revisar ensaios clínicos randomizados sobre os efeitos do laser de baixa intensidade (LBI) na dor e na funcionalidade de pacientes com tendinopatia de ombro. Os dados foram examinados por meio de uma abordagem descritiva. Inicialmente, foi realizada uma avaliação geral dos impactos do uso do laser em tendinopatias do ombro, considerando os desfechos relacionados à dor e à funcionalidade, posteriormente, conduziu-se uma análise por subgrupos, levando em conta os diferentes diagnósticos específicos e as variações nos tipos de laser aplicados. Foram analisados onze estudos, entre eles cinco (45%) relataram uma redução significativa da dor medida

pela escala analógica visual (VAS), enquanto os demais não evidenciaram diferença quando comparado aos grupos controle. Os estudos que não observaram efeitos relevantes, em geral, compararam a LBI com programas de exercícios físicos ou outras terapias fisioterapêuticas, como ultrassom [19] e a estimulação elétrica transcutânea (TENS), que consiste na aplicação de uma corrente elétrica de baixa frequência através da pele, auxiliando na modulação da dor [27], frequentemente associadas a placebo de laser. No que se refere à funcionalidade do ombro, apenas seis estudos mensuraram esse desfecho e, dentre eles, somente um demonstrou melhora significativa, nesse caso específico, a LBI foi aplicada em conjunto com outras modalidades terapêuticas, e a funcionalidade foi avaliada por meio do questionário DASH (*Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire*) [19], que avalia a incapacidade musculoesquelética dos membros superiores por meio de 30 perguntas, dentre elas 21 avaliam o impacto funcional nas atividades do cotidiano, 5 avaliam os sintomas e 4 avaliam as experiências do paciente durante atividades sociais e profissionais, levando a um total de 100 pontos [28]. Isso sugere que os benefícios funcionais da LBI podem estar potencialmente relacionados ao uso combinado com outras intervenções. Em relação ao diagnóstico clínico, a síndrome do impacto subacromial foi a condição mais prevalente entre os estudos, no entanto, apenas um dos cinco estudos que incluíram esse diagnóstico apresentou melhora significativa da dor com o uso da LBI, esse estudo combinou o laser com um protocolo de exercícios, o que reforça a hipótese de que a LBI isoladamente pode ter eficácia limitada. A análise por tipo de laser mostrou que, entre os estudos que utilizaram o tipo AsGa (comprimento de onda de 890–904 nm), metade observou melhora da dor, já entre os que

empregaram o AsGaAl (820–850 nm), três dos sete estudos identificaram redução da dor. Em relação a funcionalidade, por sua vez, só um apresentou melhora em um estudo que utilizou o tipo AsGaAl, também associado a outras modalidades terapêuticas. Esses achados reforçam a importância de considerar os parâmetros técnicos da aplicação, como o tipo de laser, a dose e a frequência, uma vez que esses fatores interferem diretamente nos resultados clínicos. De modo geral, os achados desta revisão sugerem benefícios potenciais do LBI na redução da dor em tendinopatias de ombro, no entanto, os efeitos sobre a funcionalidade permanecem inconclusivos, principalmente quando a terapia é utilizada de forma isolada. Apesar dos indícios de eficácia na redução da dor, os resultados sugerem cautela na recomendação da LBI como tratamento principal para tendinopatias de ombro, o uso do laser parece ser mais eficaz quando empregado como terapia adjuvante, inserido em protocolos de reabilitação mais abrangentes que incluam cinesioterapia. Para que se possa estabelecer recomendações clínicas mais robustas, são necessários novos estudos com metodologia mais padronizada, amostras maiores e foco específico em parâmetros de dose e aplicação [19].

O estudo desenvolvido por Verma et al. [20], como citado no Quadro 1, trata-se de um ensaio randomizado que teve como objetivo avaliar os efeitos da terapia a laser de alta potência (HPLT) em comparação com um protocolo de fisioterapia convencional na dor e na função muscular de atletas diagnosticados com tendinopatia proximal dos isquiotibiais (PHT). Foram analisados dois grupos de dezoito participantes cada, um sendo submetido à HPLT e outro ao tratamento convencional, composto por ultrassom, bolsas de calor úmido e exercícios excêntricos. Os resultados demonstraram que ambos os grupos apresentaram melhora significativa na percepção da dor,

medida pela Escala Numérica de Avaliação da Dor (*Numerical Pain Rating Scale*), mas com diferentes magnitudes, o grupo que recebeu HPLT obteve uma redução média de 61,26% nos escores de dor, enquanto o grupo submetido à fisioterapia convencional apresentou redução de 41,14%. A análise estatística entre grupos revelou diferença significativa nos escores pós-intervenção da NPRS ( $p \leq 0,001$ ), indicando maior eficácia analgésica da HPLT, a redução da dor pode ser explicada por seus efeitos fisiológicos conhecidos, como a inibição da liberação de substâncias pró-inflamatórias (histamina e bradicinina), a redução da excitabilidade nociceptiva por meio da diminuição da liberação de substância P, o aumento do limiar de dor e a indução da liberação de opioides endógenos, como a  $\beta$ -endorfina, além disso, a aplicação contínua do laser promoveu efeitos fotoquímicos e fototérmicos nos tecidos mais profundos, o que favoreceu a resolução de processos inflamatórios e a absorção do edema. Em relação ao desempenho muscular, avaliado pelo pico de torque isocinético (IPT), o grupo HPLT apresentou um aumento de 13,18% após a intervenção, enquanto o grupo convencional teve apenas um aumento discreto de 1,49%, sem significância estatística, no entanto, a análise entre os grupos não revelou diferença no valor do IPT pós-intervenção ( $p = 0,113$ ), apesar disso, a melhora do desempenho muscular no grupo HPLT pode estar associada à redução da dor, uma vez que a dor intensa pode limitar o recrutamento muscular voluntário, e sua diminuição permite uma contração mais eficaz durante o esforço máximo. No grupo convencional, que incluiu ultrassom terapêutico, bolsas de calor úmido e exercícios excêntricos domiciliares, o impacto na força muscular foi limitado. Do ponto de vista clínico, a HPLT demonstrou ser uma ferramenta promissora no tratamento da tendinopatia proximal dos isquiotibiais, promovendo alívio da dor de maneira mais rápida e eficaz do que



os métodos convencionais, porém, é importante reconhecer as limitações do presente estudo, como a ausência de um grupo controle, que sem intervenção limita a atribuição direta dos efeitos observados exclusivamente à HPLT, além disso, o grupo experimental foi submetido apenas à monoterapia com laser, o que impossibilita a análise dos efeitos combinados da HPLT com exercícios terapêuticos. Contudo, a HPLT foi eficaz na melhora da dor em atletas com HPT em comparação com um programa de fisioterapia convencional. Não foram encontradas diferenças significativas entre a HPLT e a fisioterapia convencional na melhora do IPT dos isquiotibiais, embora o IPT dos isquiotibiais tenha aumentado com a HPLT. Apesar dos resultados positivos observados com a aplicação da HPLT, estudos futuros são necessários, com amostras maiores e mais heterogêneas, inclusão de grupo controle, avaliação combinada com outras modalidades terapêuticas e acompanhamento longitudinal [20].

O próximo estudo, como citado no Quadro 1, Arias et al. [21] investigou os efeitos da terapia a laser de alta intensidade (HILT) em pacientes com disfunções temporomandibulares (DTM), com base em uma revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados. A análise englobou três estudos que avaliaram a eficácia da HILT sobre parâmetros clínicos como intensidade da dor, abertura bucal máxima, incapacidade funcional e qualidade de vida. As evidências apontaram que a HILT promove uma redução estatisticamente significativa da dor, com uma diminuição média de aproximadamente 14,8 mm na escala visual analógica (VAS), essa redução representa não apenas significância estatística, mas também uma melhora clínica relevante para os pacientes. Além do alívio da dor, observou-se também um ganho na amplitude de abertura bucal, com um aumento médio de 3,7 mm. Ainda que os efeitos

sobre variáveis como incapacidade funcional e qualidade de vida tenham sido analisados de forma mais limitada, os dados disponíveis sugerem uma tendência de melhora, embora não tenham sido suficientemente robustos para uma conclusão definitiva. Apesar dos resultados positivos, algumas limitações metodológicas dos estudos incluídos devem ser consideradas, como o risco de viés relacionado à ausência de cegamento dos participantes e terapeutas, o que pode ter influenciado os desfechos subjetivos, especialmente a dor, também a heterogeneidade moderada entre os estudos limita a generalização dos achados, ainda que a qualidade da evidência tenha sido considerada moderada pelas diretrizes GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation) [21], que classifica a qualidade das evidências e a força das recomendações em estudos científicos, organizando a qualidade da evidência em quatro níveis: alta, moderada, baixa e muito baixa, de acordo com critérios, como, consistência dos resultados, precisão e aplicabilidade [29]. Por fim, é importante destacar que os efeitos avaliados se referem principalmente ao curto prazo, já que os estudos não incluíram acompanhamento em médio ou longo prazo. Conclui-se que a terapia a laser de alta intensidade apresenta efeitos positivos sobre a dor e a mobilidade mandibular em pacientes com DTM, sendo uma alternativa promissora dentro do arsenal terapêutico conservador. Contudo, a ausência de dados de longo prazo e o número limitado de estudos de alta qualidade reforçam a necessidade de mais pesquisas controladas, com maior rigor metodológico, para confirmar e expandir esses achados [21].

O estudo desenvolvido por Fangel et al. [22], como citado no Quadro 1 trata-se de uma revisão sistemática com o objetivo de analisar a eficácia do uso da terapia com laser de baixa intensidade (LLLT) em pacientes com artrite reumatoide (AR)

e osteoartrite (OA). Foram incluídos dezenove ensaios clínicos, sendo três deles voltados para a AR e os demais voltados para a OA, com predominância de estudos focados na articulação do joelho. Os resultados indicaram que, enquanto a aplicação da LLLT em casos de OA apresentou evidências consistentes de eficácia na redução da dor e melhora funcional, os estudos voltados à AR demonstraram resultados mais limitados e inconclusivos. Nos casos de AR, apenas um dos três estudos revisados reportou melhora significativa da dor após aplicação do laser, e esse efeito foi observado justamente no estudo que utilizou a maior dose de energia por ponto de aplicação, esse dado sugere que a resposta terapêutica na AR pode estar relacionada à dosagem utilizada, apontando para a possibilidade de uma curva dose-resposta positiva, no entanto, a baixa quantidade de estudos, aliada à grande heterogeneidade metodológica entre eles, impede qualquer generalização dos achados, além disso, a natureza inflamatória e autoimune da AR, com manifestações articulares múltiplas e variáveis, dificulta a padronização dos protocolos terapêuticos, o que pode ter influenciado nos resultados inconsistentes observados. Por outro lado, a maior parte dos estudos voltados à OA demonstrou resultados positivos mais claros, a LLLT mostrou-se eficaz na redução da dor e na melhora da função, principalmente quando aplicada na articulação do joelho. Protocolos que utilizaram em torno de 6 joules por ponto de aplicação, com uma dose total de aproximadamente 48 joules por sessão, apresentaram melhores resultados, indicando que esse pode ser um parâmetro terapêutico eficiente dentro da janela biomoduladora do laser. Apesar dos resultados promissores, a revisão também evidenciou limitações importantes, muitos dos estudos não especificaram parâmetros técnicos essenciais, como densidade de potência, área de aplicação ou frequência de tratamento,

o que dificulta tanto a replicação dos protocolos quanto a comparação entre diferentes ensaios, também há uma clara concentração dos estudos na articulação do joelho, sendo escassos os dados sobre os efeitos da LLLT em outras articulações, como quadril, ombro ou mãos. Diante disso, conclui-se que a LLLT tem potencial terapêutico relevante, especialmente como recurso complementar no tratamento da osteoartrite de joelho, mas sua aplicação clínica mais ampla ainda depende de padronizações e da realização de ensaios clínicos mais robustos. Em relação à artrite reumatoide, a evidência disponível é insuficiente para afirmar com segurança sua eficácia, sendo necessário aprofundar a investigação por meio de estudos controlados, com amostras maiores e parâmetros técnicos bem definidos [22].

O estudo desenvolvido por Tong et al. [23], como citado no Quadro 1 investiga sobre o efeito da fotobiomodulação por LED de 660 nm na proliferação e condrogênese de células-tronco derivadas do menisco (MeSCs). Os resultados indicaram que a exposição à luz vermelha promoveu um aumento significativo na viabilidade celular, evidenciado pelo incremento da taxa de proliferação das MeSCs em comparação ao grupo controle, esse estímulo proliferativo sugere que a fotobiomodulação atua diretamente sobre o metabolismo celular, através da ativação das mitocôndrias, favorecendo a manutenção e expansão do pool celular necessário para processos regenerativos. Além do impacto na proliferação observaram que a fotobiomodulação induziu a expressão aumentada de marcadores condrogênicos clássicos, como SOX9, COL2A1 e aggrecan, demonstrando que a luz de 660 nm não apenas estimula o crescimento celular, mas também direciona a diferenciação das MeSCs para um fenótipo condrogênico funcional, a importância desse achado reside no fato de que a regeneração efetiva do menisco requer a formação



de uma matriz cartilaginosa especializada, que assegure resistência mecânica e capacidade de suporte de carga. Assim, a indução seletiva da condrogênese indica que a fotobiomodulação pode modular positivamente o microambiente celular, promovendo a síntese da matriz extracelular característica do tecido meniscal. A fotobiomodulação favorece a ativação da cadeia respiratória mitocondrial, elevando a produção de espécies reativas de oxigênio em níveis controlados, que funcionam como segundos mensageiros em processos de sinalização celular, estimulando a expressão gênica condrogênica e proliferativa, essa dualidade entre metabolismo energético e regulação gênica coloca a fotobiomodulação como uma ferramenta que alia estímulos bioenergéticos e bioquímicos para promover reparação tecidual. Por outro lado, apesar do robusto conjunto de dados *in vitro*, a transposição desses resultados para o contexto *in vivo* ainda demanda cautela, as condições tridimensionais e biomecânicas do tecido meniscal, assim como a interação com células inflamatórias e a matriz extracelular, podem influenciar a resposta das MeSCs à fotobiomodulação, além disso, parâmetros técnicos como a dosagem de energia, frequência de aplicação e duração do tratamento precisam ser otimizados para garantir efeitos terapêuticos eficazes e seguros. Ainda assim, o estudo contribui de forma substancial para o avanço do conhecimento sobre o potencial da fotobiomodulação na medicina regenerativa, sugerindo que a luz LED de 660 nm pode ser incorporada a protocolos terapêuticos futuros para o tratamento de lesões meniscais, patologias que atualmente apresentam limitações na capacidade de regeneração espontânea. Portanto, os achados no presente estudo reforçam a importância da fotobiomodulação como um modulador biológico capaz de estimular processos fundamentais para a reparação cartilaginosa, abrindo perspectivas para

novas estratégias terapêuticas na área de ortopedia e reabilitação articular. Futuras investigações devem focar na validação clínica desses efeitos, bem como na integração da fotobiomodulação com outras abordagens regenerativas, visando maximizar os benefícios para pacientes com lesões meniscais [23].

O estudo desenvolvido por Alayat et al. [24], como citado no Quadro 1, trata-se de uma revisão sistemática acompanhada de meta-análise que avaliou a eficácia da terapia por fotobiomodulação no tratamento de entorses de tornozelo, uma lesão comum que frequentemente resulta em dor, edema e limitação funcional. Ao compilar dados de diversos ensaios clínicos randomizados, os autores conseguiram quantificar o impacto terapêutico da fotobiomodulação em parâmetros clínicos relevantes, como a redução da dor, diminuição do edema e melhora da amplitude de movimento. Os resultados da meta-análise indicaram que a aplicação da terapia por luz de baixa intensidade promoveu uma melhora significativa na redução da dor em pacientes com entorse de tornozelo, em comparação aos grupos controle que receberam tratamentos convencionais ou placebo, além disso, observou-se uma diminuição significativa do edema local, evidenciando o potencial anti-inflamatório da fotobiomodulação, possivelmente mediado pela modulação das citocinas inflamatórias e pela melhora da circulação sanguínea e linfática no local lesionado. Outro ponto relevante apontado pelo estudo foi a melhora funcional, expressa pela recuperação da amplitude de movimento do tornozelo, essa melhora sugere que a fotobiomodulação não apenas atua no alívio sintomático, mas também contribui para a aceleração do processo de reparação tecidual, facilitando a restauração da funcionalidade articular, tal efeito pode estar relacionado à estimulação da síntese de colágeno e à regeneração de fibras ligamentares, processos

essenciais para a recuperação estrutural após a lesão. No entanto, os autores destacam a heterogeneidade dos protocolos utilizados nos estudos analisados, como variações nas doses de energia, comprimentos de onda, frequência e duração do tratamento, essa diversidade metodológica dificulta a padronização da terapia e aponta para a necessidade de estudos futuros que definam parâmetros terapêuticos otimizados, capazes de garantir maior eficácia e reprodutibilidade dos resultados, além disso, embora os achados indiquem um perfil de segurança favorável para a fotobiomodulação, com poucos relatos de efeitos adversos, os autores recomendam cautela em relação ao tempo ideal de início da terapia após a lesão, sugerindo que intervenções precoces possam potencializar os benefícios, porém demandam confirmação em estudos clínicos mais rigorosos. Contudo, o presente estudo reforça o potencial da fotobiomodulação como uma estratégia terapêutica não invasiva eficaz para o tratamento de entorses de tornozelo, contribuindo para a redução da dor, do edema e a recuperação funcional. Porém, a otimização dos parâmetros técnicos e a realização de ensaios clínicos mais homogêneos permanecem como desafios para o pleno aproveitamento do potencial terapêutico da fotobiomodulação. [24]

O último estudo analisado desenvolvido por Lourinho et al. [25], como citado no Quadro 1, apresenta uma revisão sistemática e meta-análise que investigou a eficácia da terapia com laser de baixa intensidade (LLLT) em adultos diagnosticados com artrite reumatoide (AR). A análise compreendeu 18 ensaios clínicos randomizados controlados, totalizando 793 pacientes, e abordou desfechos clínicos relevantes como dor articular, rigidez matinal, capacidade funcional avaliada por escalas validadas, força de preensão manual, amplitude de movimento articular, marcadores inflamatórios e eventos adversos. Os resultados quantitativos da meta-análise

indicaram que a aplicação de laser infravermelho não promoveu melhorias estatisticamente significativas em comparação ao grupo placebo em vários parâmetros, incluindo a intensidade da dor (medida por escalas visuais analógicas), rigidez matinal, e capacidade funcional, também a força de preensão manual e a amplitude de movimento não demonstraram variações clinicamente relevantes, sugerindo que a LLLT, nessa modalidade, pode não impactar diretamente os aspectos funcionais da AR. A heterogeneidade metodológica foi um ponto crítico destacado, com variações significativas nos protocolos utilizados entre os estudos, tais como a diferença na dose energética, comprimento de onda (laser vermelho vs. infravermelho), frequência e duração do tratamento, bem como nos instrumentos de avaliação dos desfechos. Isso contribuiu para uma elevada heterogeneidade estatística na meta-análise, refletindo a dificuldade em consolidar conclusões definitivas. Além disso, os autores ressaltaram que a qualidade das evidências, avaliada pelo sistema GRADE, foi classificada como baixa a muito baixa em quase todos os desfechos, devido às limitações no desenho dos estudos, risco de viés, amostras pequenas e curto período de seguimento, reforçando a necessidade de cautela na interpretação clínica. Por fim, embora a LLLT seja apontada como uma intervenção segura e potencialmente benéfica por sua natureza não invasiva, os dados atuais não sustentam sua eficácia robusta para o tratamento dos sintomas da artrite reumatoide, sendo necessário ensaios clínicos futuros com maior rigor metodológico, amostras amplas e protocolos uniformizados para melhor explorar a aplicabilidade clínica da terapia, investigar possíveis mecanismos biológicos envolvidos e definir parâmetros terapêuticos otimizados [25].

Dessa forma, ao comparar os resultados obtidos nos sete estudos analisados, observa-se que a eficácia da laserterapia, seja de baixa ou alta

intensidade, varia consideravelmente de acordo com o tipo de tecido-alvo, o protocolo de aplicação, a condição clínica investigada e os desfechos avaliados. Estudos que abordaram patologias musculoesqueléticas, como tendinopatias de ombro, isquiotibiais e disfunções temporomandibulares, relataram alívio significativo da dor com o uso do laser, especialmente quando este foi associado a outras modalidades terapêuticas [19, 20, 21], por outro lado, os efeitos sobre a funcionalidade foram mais inconsistentes, sugerindo que a laserterapia isolada pode não ser suficiente para promover melhorias funcionais robustas, sendo mais eficaz como terapia adjuvante. Nos estudos voltados à artrite reumatoide e osteoartrite, verificou-se uma disparidade entre os resultados [22,25], enquanto a LLLT mostrou-se promissora na osteoartrite, sobretudo na articulação do joelho, com redução significativa da dor e melhora da função, seus efeitos na artrite reumatoide foram limitados e não significativos, mesmo quando avaliada por revisões sistemáticas e meta-análises, essa diferença pode ser atribuída à complexidade imunológica da AR e à dificuldade de padronização dos protocolos nesses pacientes. A heterogeneidade metodológica foi um ponto recorrente nesses estudos, dificultando comparações diretas e conclusões mais firmes sobre a eficácia da LLLT nesses contextos.

Em estudos com enfoque laboratorial e regenerativo, como o que avaliou o efeito da fotobiomodulação com LED de 660 nm sobre células-tronco do

menisco, os resultados foram altamente positivos, com evidências de aumento da proliferação celular e indução da condrogênese [23]. Já a fotobiomodulação em casos de entorse de tornozelo demonstrou benefícios na redução da dor, do edema e na recuperação da amplitude de movimento [24], corroborando seu potencial terapêutico em contextos agudos e inflamatórios.

Em síntese, os resultados analisados apontam para um consenso parcial sobre a eficácia da laserterapia, que tende a ser mais evidente no controle da dor do que na melhora funcional, e mais consistente em condições musculoesqueléticas do que em distúrbios articulares. A variação nos comprimentos de onda, doses, tempos de aplicação e protocolos combinados evidencia a importância da padronização dos parâmetros técnicos e da individualização do tratamento conforme a condição clínica. A literatura sugere que a laserterapia, especialmente quando usada como coadjuvante, pode contribuir significativamente para a recuperação tecidual e alívio dos sintomas, mas seu uso isolado, principalmente em condições complexas como a AR, ainda exige respaldo científico mais consolidado. Portanto, embora os resultados sejam promissores em diversos contextos, permanece evidente a necessidade de novos estudos clínicos bem desenhados, com padronização metodológica, para consolidar a eficácia da laserterapia no tratamento de lesões condrais e outras disfunções articulares.

## Conclusão

A análise realizada buscou investigar os benefícios da laserterapia de baixa intensidade no tecido condral e como essa terapia pode contribuir para a melhora clínica dos pacientes e para a regeneração do tecido condral, buscando

analisar estudos prévios publicados nos últimos dez anos. Conclui-se que a laserterapia de baixa intensidade apresenta resultados positivos, mostrando-se eficaz na redução da dor, especialmente quando associada a outros métodos

terapêuticos. Além disso, estudos apontam seu potencial em estimular a condrogênese, promovendo a proliferação de condrócitos, a síntese de matriz extracelular e a regeneração do tecido cartilaginoso. Entretanto, em relação à melhora funcional os resultados ainda são inconclusivos, principalmente quando a técnica é utilizada de forma isolada. Diante disso, é necessário o desenvolvimento de novas pesquisas de grande porte, que avaliem a eficácia da laserterapia de maneira mais detalhada e isolada, com o intuito de fortalecer a fundamentação científica sobre o tema. Ademais, futuras revisões integrativas poderão contribuir para maior abrangência de

estudos, favorecendo o entendimento acerca dos benefícios da laserterapia de baixa intensidade no tecido condral.

#### **Conflitos de interesse**

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

#### **Fontes de financiamento**

Financiamento próprio.

#### **Contribuição dos autores**

*Concepção e desenho da pesquisa: Lopes MF, Candido TS, Pastor FAC; Obtenção de dados: Lopes MF; Análise e interpretação de dados: Lopes MF, Candido TS, Pastor FAC; Redação do manuscrito: Lopes MF; Revisão do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Candido TS, Pastor FAC.*

## **Referências**

1. Singer J, Knezic N, Layne J, Gohring G, Christiansen J, Rothrauff B, et al. Enhancing cartilage repair: surgical approaches, orthobiologics, and the promise of exosomes. *Life (Basel)*. 2024;14(9):1149. doi:10.3390/life14091149.
2. Karamanos NK, Theocharis AD, Piperigkou Z, Manou D, Passi A, Skandalis SS, et al. A guide to the composition and functions of extracellular matrix. *FEBS J*. 2021;288:6850–6912. doi:10.1111/febs.15776.
3. Guo X, Xi L, Yu M, Fan Z, Wang W, Ju A, et al. Articular cartilage defect regeneration: strategies and therapeutic perspectives. *J Tissue Eng*. 2023;14:1–27. doi:10.1177/20417314231164765.
4. Armiento AR, Alini M, Stoddart MJ. Articular fibrocartilage—why hyaline cartilage fails to repair. *Adv Drug Deliv Rev*. 2019;146:289–305. doi:10.1016/j.addr.2018.12.015.
5. Yang C, Chen R, Chen C, Yang F, Xiao H, Geng B, et al. Tissue-engineering strategies show promise for repairing articular cartilage injuries. *Biomed Eng Online*. 2024;23(1):92. doi:10.1186/s12938-024-01260-w.
6. Zhao F, van Rietbergen B, Ito K, Hofmann S. Fluid flow-induced cell stimulation in bone tissue engineering changes due to interstitial tissue formation in vitro. *Int J Numer Method Biomed Eng*. 2020;36(6):e3342. doi:10.1002/cnm.3342.
7. Prondvai E, Witten PE, Abourachid A, Huysseune A, Adriaens D. Extensive chondroid bone in juvenile duck limbs hints at accelerated growth mechanism in avian skeletogenesis. *J Anat*. 2020;236(3):463–473. doi:10.1111/joa.13109.
8. Wu M, Luan L, Pranata A, Witchalls J, Adams R, Bousie J, et al. Is high-intensity laser therapy more effective than other physiotherapy modalities for treating knee osteoarthritis? A systematic review and network meta-analysis. *Front Med*. 2022;9:956188. doi:10.3389/fmed.2022.956188.

9. Balbinot G, Schuch CP, Nascimento PSD, Lanferdini FJ, Casanova M, Baroni BM, et al. Photobiomodulation therapy partially restores cartilage integrity and reduces chronic pain behavior in a rat model of osteoarthritis: involvement of spinal glial modulation. *Cartilage*. 2021;13(2 Suppl):1309S–1321S. doi:10.1177/1947603519876338.
10. Nakatani A, Kunitatsu R, Sakata S, Tsuka Y, Miyauchi M, Takata T, et al. High-frequency low-intensity semiconductor laser irradiation enhances osteogenic differentiation of human cementoblast lineage cells. *Lasers Med Sci*. 2024;39(1):174. doi:10.1007/s10103-024-04127-7.
11. Neves M, Tavares ALF, Retameiro ACB, Leal TSS, Ribeiro LFC, Bertolini GRF. Low-level laser therapy in periarticular morphological aspects of the knee in Wistar rats in the rheumatoid arthritis model. *BrJP*. 2020;3(1):8–13. doi:10.5935/2595-0118.20200003.
12. Saleh MS, Shahien M, Mortada H, Elaraby A, Hammad YS, Hamed M, et al. High-intensity laser versus low-level laser in musculoskeletal disorders. *Lasers Med Sci*. 2024;39(1):179. doi:10.1007/s10103-024-04111-1.
13. Tache-Codreanu DL, Trăistaru MR. High-intensity laser therapy effectiveness in improving motor deficits in lumbar disc herniation patients. *Life (Basel)*. 2024;14(10):1302. doi:10.3390/life14101302.
14. Canção HJ, Seo HJ, Kim D. Effectiveness of high-intensity laser therapy in managing patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2020;33:875–884. doi:10.3233/BMR-191738.
15. Souza MT, Silva MD, Carvalho R. Integrative review: what is it? How to do it? *Einstein (São Paulo)*. 2010;8(1):102–106. doi:10.1590/s1679-45082010rw1134.
16. Mendes KDS, Silveira RCCP, Galvão CM. Integrative review: research method for incorporating evidence in health and nursing. *Texto Contexto Enferm*. 2008;17(4):758–764. doi:10.1590/S0104-07072008000400018.
17. Lockwood C, Porritt K, Munn Z, Rittenmeyer L, Salmond S, Bjerrum M, et al. Systematic reviews of qualitative evidence. In: Aromataris E, Munn Z, editors. *Joanna Briggs Institute reviewer's manual*. Adelaide: Joanna Briggs Institute; 2020. doi:10.46658/JBIMES-20-03.
18. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097. doi:10.1371/journal.pmed.1000097.
19. Leotty CLR, Lima MMC, Araújo FX. Effect of low-intensity laser on pain and functionality in patients with shoulder tendinopathy: a systematic review. *Fisioter Pesqui*. 2020;27(2):210–217. doi:10.1590/1809-2950/19027827022020.
20. Verma S, Vandana E, Chahal A, Kapoor G, Sharma S, Alghadir AH, et al. Effectiveness of high-power laser therapy on pain and isokinetic peak torque in athletes with proximal hamstring tendinopathy: a randomized trial. *Biomed Res Int*. 2022;2022:4133883. doi:10.1155/2022/4133883.
21. La Barra Ortiz HA, Arias M, Meyer von Schauensee M, Liebano RE. Efficacy of high-intensity laser therapy in patients with temporomandibular joint disorders: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2024;39(1):210. doi:10.1007/s10103-024-04162-4.



22. Fangel R, Vendrusculo-Fangel LM, Albuquerque CP, Parizotto NA, Paz CCSC, Matheus JPC. Low level laser therapy for reducing pain in rheumatoid arthritis and osteoarthritis: a systematic review. *Fisioter Mov.* 2019;32:e003229. doi:10.1590/1980-5918.032.AO29.
23. Tong J, Subbiah SK, Rampal S. 660 nm LED photobiomodulation effect on proliferation and chondrogenesis of meniscus-derived stem cells. *Sci Rep.* 2024;14:19735. doi:10.1038/s41598-024-70258-0.
24. Alayat MS, Takaroni A, Elsodany AM, AlMatrafi NA, Subahi MS, Battecha KH. Effectiveness of photobiomodulation therapy in patients with ankle sprain: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci.* 2024;39(1):116. doi:10.1007/s10103-024-04063-6.
25. Lourinho I, Sousa T, Jardim R, Pinto AC, Iosimuta N. Effects of low-level laser therapy in adults with rheumatoid arthritis: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2023;18(9):e0291345. doi:10.1371/journal.pone.0291345.
26. OpenAI. ChatGPT (GPT-4o). OpenAI; 2025. Disponível em: <https://chat.openai.com/>.
27. Megía García Á, Serrano-Muñoz D, Bravo-Esteban E, Ando Lafuente S, Avendaño-Coy J, Gómez-Soriano J, et al. Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation in fibromyalgia patients: a systematic review. *Aten Primaria.* 2019;51(7):406–15. doi:10.1016/j.aprim.2018.03.010.
28. Gkotsi A, Bourdon C, Robert C, Schuind F. Normative values of the DASH questionnaire in healthy individuals over 50 years of age. *Hand Surg Rehabil.* 2021;40(3):258–62. doi:10.1016/j.hansur.2020.12.010.
29. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ.* 2008;336(7650):924–26. doi:10.1136/bmj.39489.470347.AD.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.