



FACULDADE DE ILHÉUS



FACULDADE MADRE THAIS

CURSO FISIOTERAPIA

BRUNO RAI SANTOS SILVA

**ATUAÇÃO DOS ELETROFOTOTERMOTERÁPICOS NA CONSOLIDAÇÃO
DE FRATURAS: uma revisão bibliográfica**

**ILHÉUS-BAHIA
2022**



FACULDADE DE ILHÉUS



FACULDADE MADRE THAIS

CURSO FISIOTERAPIA

BRUNO RAI SANTOS SILVA

**ATUAÇÃO DOS ELETROFOTOTERMOTERÁPICOS NA CONSOLIDAÇÃO
DE FRATURAS: uma revisão bibliográfica**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Faculdade Madre
Thais como requisito para obtenção
do grau de bacharel em fisioterapia.

Orientador: Me. Leonardo Malta
Azevedo

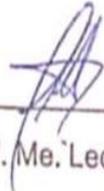
**ILHÉUS-BAHIA
2022**

BANCA EXAMINADORA

BRUNO RAI SANTOS SILVA

ATUAÇÃO DOS ELETROFOTOTERMOTERAPICOS NA CONSOLIDAÇÃO
DE FRATURAS

Ilhéus, 14/07/2022



Prof.^o Me. Leonardo Malta Azevedo

FMT

(Orientador)

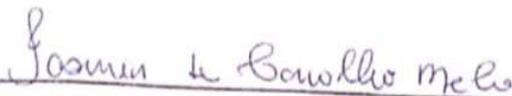
Faculdade Madre Thais



Profa. Ma. Tirza Melo Sathler Prado

(Examinadora)

Faculdade Madre Thais



Esp. Jasmin de Carvalho Melo

(Examinadora)

Faculdade Madre Thais

ATUAÇÃO DOS ELETROFOTOTERMOTERAPICOS NA CONSOLIDAÇÃO DE FRATURAS

BRUNO RAI SANTOS SILVA¹

¹Discente do curso de Fisioterapia da Faculdade Madre Thaís-FMT

E-mail: raibruno96@gmail.com

Rodovia Ilhéus | Olivença - São Francisco, Ilhéus – Bahia, 45659-226

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo investigar as evidências científicas a respeito do ultrassom terapêutico de baixa frequência, recurso é extremamente usado em clínicas fisioterapêuticas por proporcionar interação biológica, ação em processos de consolidação de fraturas, alívio da dor e ativação de fibroblastos; da laserterapia, que atua como um anti-inflamatório, aumenta o fluxo sanguíneo, propicia o reparo tecidual, diminui fadiga muscular e atua na consolidação óssea; e da crioterapia, recurso comum de ser utilizado na fase aguda de lesões e traumas diretos para diminuir o processo de lesão e minimizar possíveis repercussões biológicas. Para tanto, foi necessário realizar uma pesquisa bibliográfica baseada em Scielo, PEDro, BVS e Pubmed, buscando estudos de revisão e trabalhos completos sobre o tema, encontrando base em autores como Poolman *et al* (2017); Ramos *et al* (2017); Dalton *et al* (2019); Chang *et al* (2014) que foram essenciais para a fundamentação desse estudo. Com isso, percebe-se que o ultrassom terapêutico, a laserterapia e a crioterapia são recursos utilizados a fim de acelerar ou modelar a cicatrização e possibilitar uma consolidação óssea e a melhoria do paciente.

Palavras-chave: Consolidação. Fratura. Crioterapia. Ultrassom terapêutico. Laser. Tratamento.

PERFORMANCE OF ELECTROPHOTOTHERMOTHERAPY IN FRACTURE CONSOLIDATION

BRUNO RAI SANTOS SILVA¹

¹Discente do curso de Fisioterapia da Faculdade Madre Thaís-FMT

E-mail: raibruno96@gmail.com

Rodovia Ilhéus | Olivença - São Francisco, Ilhéus – Bahia, 45659-226

ABSTRACT

This article aims to investigate the scientific evidence regarding therapeutic low-frequency ultrasound, a resource that is extremely used in physical therapy clinics for providing biological interaction, action in fracture healing processes, pain relief and fibroblast activation; laser therapy, which acts as an anti-inflammatory, increases blood flow, promotes tissue repair, reduces muscle fatigue and promotes bone healing; and cryotherapy, a common resource to be used in the acute phase of injuries and direct traumas to reduce the injury process and minimize possible biological repercussions. Therefore, it was necessary to carry out a bibliographic research based on Scielo, PEDro, VHL and Pubmed, seeking review studies and complete works on the subject, based on authors such as Poolman et al (2017); Ramos et al (2017); Dalton et al (2019); Chang et al (2014) that were essential for the foundation of this study. With this, it is clear that therapeutic ultrasound, laser therapy and cryotherapy are resources used in order to accelerate or model healing and enable bone consolidation and patient improvement.

Keywords: Consolidation. Fracture. Cryotherapy. Therapeutic ultrasound. Laser. Treatment.

1. INTRODUÇÃO

O tecido ósseo apresenta como particularidade a resistência e rigidez por constituição de um conjunto de propriedades inorgânicas e orgânicas. Mesmo apresentando essas características, este tecido pode ser lesionado por fatores extrínsecos, conhecido também como defeitos ósseos críticos, que interfere a integridade estrutural, funcional e no reparo ósseo (DALTRO *et al.*, 2020). A fratura é conceituada como um tipo de lesão mecânica ocasionada num tecido ósseo proveniente de uma pequena rachadura sem deslocamento, abertura ou dilaceração completa do tecido ósseo (WARIS *et al.*, 2012). A lesão é o resultado de uma grande sobrecarga com impacto (ASTUR *et al.*, 2016).

O reparo ósseo é um processo fisiológico de regeneração com grande complexidade, onde corresponde a um conjunto de eventos biológicos, atuação de síntese ativa e uma manifestação de células ao local acompanhada de substância proteica, esse conjunto de eventos possibilitam a ação do tecido ósseo (OLIVEIRA *et al.*, 2011). O reparo ósseo pode apresentar uma resposta precoce e positiva por vários métodos, como exemplo a estimulação biomecânica, estimulação física e eletrotermofototerapicos (LIRANI; CASTRO, 2005). Na consolidação normalmente ocorre uma série de eventos biológicos chamado osteointegração decorrente à osteogênese, onde apresenta a criação de um tecido novo (WARIS *et al.*, 2012). Com isso, vários estudos a respeito dos efeitos biofísico e bioquímico vem sendo realizados, com a proposta de atenuar a consolidação óssea e melhoria da regeneração (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O ultrassom terapêutico (US) é uma técnica não-invasiva que gera ondas provocando um estresse micromecânica na região da fratura, ativando respostas moleculares e células para agir no tecido ósseo (EBRAHIM *et al.*, 2013). Segundo Jian *et al* (2016), a aplicação desta técnica diminui o edema local, ativa as células e potencializa o reparo tecidual. O US pode ser utilizado no modo contínuo ou no pulsado. No modo contínuo proporciona efeitos térmicos com o objetivo de aumentar o extensibilidade do tecido fibroso, acelera o metabolismo tecidual, aumenta a penetração capilar e aumenta o limiar de algia. No modo pulsado pode ser aplicado com movimentos circulares ou estacionário, gera

efeitos não térmicos que ativa as cartilagens, esta modalidade apresenta uma preferência por possibilitar um alívio da algia com mais eficácia e melhora a ação tecidual sem gerar efeitos adversos (JIAN *et al.*, 2016).

O laser com baixa potência, também conhecido como “laser terapêutico” é um recurso utilizado para cicatrização, redução nos processos inflamatórios, remodelação dos fibroblastos, ajuda na angiogênese, organização do tecido celular e produção da matriz extracelular (SOUSA; BATISTA, 2016). Sua radiação eletromagnética não ionizante menor que um *watt* possibilita efeitos onde ocorre a concentração da dose no tecido desejado, gerando uma cascata analgésica, biomoduladora e anti-inflamatória. A irradiação nas células alvo através deste tipo de laser promove a estimulação de organelas e membranas, gerando uma biomodulação onde acarreta a atividade normal no local da aplicação do recurso terapêutico. A aplicação de Laser emite uma energia que gera absorção pelos cromóforos intracelulares e essas regiões moleculares convertem em energia metabólica, gerando a fotoestimulação onde tem a atividades das mitocôndrias na cadeia respiratória. Por conta da atração das células pela luz, o laser é um recurso terapêutico que estimula os cromóforos na ativação celular e estimulação da síntese de proteína, RNA e ATP (MORSOLETO *et al.*, 2019).

A crioterapia é um dos recursos terapêuticos mais fáceis e simples de serem utilizados na reabilitação (FREIRE *et al.*, 2016). Este recurso apresenta uma técnica de fácil utilização, custo baixo e aplicada com grande frequência em lesões musculoesquelética (DAMBROS *et al.*, 2012). Sua utilização promove o resfriamento do tecido desejado com o intuito de gerar uma diminuição da atividade metabólica no local e redução dos sintomas da lesão, ajudando no processo da cicatrização (FREIRE *et al.*, 2016). Sua aplicação precoce no organismo diminui a condução nervosa, resfria o tecido superficial, inibe nociceptores, reduz o aporte sanguíneo local e diminui a sensação dolorosa (SANTOS *et al.*, 2015). O resfriamento do tecido apresenta a capacidade da diminuição dos danos oxidativos decorrentes da resposta inflamatória, com esse mecanismo ocorre a diminuição das substâncias pró-inflamatória encontradas no tecido lesionado, barrando o desenvolvimento da lesão (FREIRE *et al.*, 2016).

Devido a esse efeito, acredita-se que o gelo possa auxiliar no reparo da lesão óssea.

Contudo, a problemática surgiu com a repercussão atual sobre os recursos eletrotermofototerapêuticos na consolidação de fraturas. Com isso, a eletrofototerapia pode atuar na consolidação de fraturas? O presente trabalho tem a característica de revisão bibliográfica com o objetivo de investigar as evidências científicas a respeito do ultrassom terapêutico de baixa frequência, laserapia e crioterapia na consolidação óssea, trazendo como hipótese que as intervenções eletrotermofototerapêuticas apresentam resultados satisfatórios no tratamento de fraturas. Não foram encontrados estudos de revisão bibliográfica que abordassem sobre o tema e devido à grande repercussão da utilização dessas técnicas, o presente trabalho vem com a proposta de ampliar o olhar na atuação da fisioterapia e direcionar os melhores tratamentos dos fisioterapeutas nas consolidações de fraturas. Almeja-se que os resultados desse trabalho abram espaço para mais estudos, possibilitando esclarecer as divergências relacionadas a utilização ou não de medidas para o tratamento desta condição.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura e foram utilizadas as bases de dados Scielo, PEDro, BVS e Pubmed, entre fevereiro até junho, contendo as seguintes palavras chaves: “*Consolidações*”, “*Fratura*”, “*Laser*”, “*Ultrassom*” e “*Crioterapia*”, “*Consolidations*”, “*Fracture*”, “*laser therapy*”, “*Ultrasound*” e “*Cryotherapy*”. Foram adotados os critérios de inclusão: publicações entre as datas de 2011 e 2021, ensaios clínicos, estudos de revisão e trabalhos completos que abordem sobre o tema. Os critérios de exclusão foram: anais de congressos, resumos, livros, monografias, dissertação, teses. Os artigos encontrados passaram por uma análise do título e do resumo com o intuito de verificar se o trabalho obedece aos critérios, logo após os artigos foram lidos na íntegra.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. FRATURA

O termo trauma pode ser considerado como uma doença que ocorre uma interação de energias entre o meio causador com o corpo. Com isso, resulta numa lesão que acomete o sistema muscular, esquelético, circulatório e nervoso (PARREIRA *et al.*, 2017). As fraturas são uma das principais causas de incapacidade em adultos. O tempo adequado para a cicatrização do osso é um dos principais fatores na recuperação e retorno das atividades após a lesão (GRIFFIN *et al.*, 2015).

A cicatrização de uma fratura é um desafio complexo; uma minoria das fraturas não cicatriza ou sua cicatrização atrasa mais do que o desejado. Fraturas com déficit na cicatrização gera uma pseudoatrose em aproximadamente 5% dos pacientes. A pseudoatrose não apresenta cura espontânea, porém sua intervenção pode ser cirúrgica ou não. Para um bom processo de cicatrização é necessário diminuir o espaçamento de forma benéfica e adequada ou estabilizar o membro lesado recuperando várias etapas que consistem na fase inflamatória apresentando proliferação celular; a fase condrogênica ocorrendo a formação de cartilagem e seu reforço com a angiogênese; por fim, a fase osteogênica que acontece a troca do tecido cartilaginoso em tecido ósseo e a remodelação. (GRIFFIN *et al.*, 2015; HARRISON *et al.*, 2016; LEIGHTON *et al.*, 2017).

Independentemente da localização da fratura, da idade do paciente, do mecanismo de lesão, se houve cirurgia ou não, se ocorreu a cicatrização esperada ou com atraso, o objetivo é acelerar ou aperfeiçoar a cicatrização para minimizar os sintomas e trazer uma melhor qualidade para o paciente (POOLMAN *et al.*, 2017). Diversos fatores físicos e biológicos são desenvolvidos para potencializar ou minimizar o atraso da cicatrização das fraturas, como o laser, corrente contínua, ultrassom terapêutico de baixa intensidade, crioterapia e microcorrentes (LIUL *et al.*, 2014; HARRISON *et al.*, 2016) que serão apresentados a seguir.

3.2. CRIOTERAPIA

A utilização do gelo é um tratamento que pode ser empregado de forma local ou geral. O uso deste recurso tem uma longa história onde há 2500 anos a.C., os egípcios utilizavam com fins médicos (SOBOL *et al.*, 2020). A aplicação da baixa temperatura é a modalidade mais conhecida, com fácil acesso e mais antiga para o tratamento das lesões agudas (ARANTES *et al.*, 2020). A Crioterapia é uma das técnicas terapêuticas mais comuns e aplicadas em lesões e inflamações musculoesqueléticas agudas e geralmente utilizada em traumas diretos com a finalidade de atenuar o processo de lesão (MATHEUS *et al.*, 2008). Ramos *et al.* (2017) afirmam que o objetivo da crioterapia constitui da diminuição das taxas metabólicas decorrente ao tecido frio. Um dos efeitos mais conhecidos da técnica é a diminuição da temperatura no local da aplicação. Essa resposta do corpo possibilita a baixa perfusão, atenuação dos sinais inflamatórios e pouca taxa metabólica (RAMOS *et al.*, 2017).

A baixa temperatura no determinado tecido lesionado tem suas vantagens, pois possibilita uma capacidade do tecido responder a possíveis lesões secundárias depois desse primeiro contato (RAMOS *et al.*, 2017). A utilização do gelo ainda possibilita diminuição da condução nervosa e atenua metabolismo juntamente com o espasmo muscular. Devido à baixa temperatura, ocorre a ausência de oxigênio adequado para as células, com isso, mediadores inflamatórios também são afetados, possibilitando a recuperação tecidual. Estudos apontam que a crioterapia ocasiona a analgesia com 20 minutos de aplicação possibilitando as reações citadas, porém a sua dissipação tem uma duração curta (MOREIRA *et al.*, 2011).

A crioterapia é a uma técnica usada na parte ortopédica para cuidados em pós-operatório (PIANA *et al.*, 2018). Sendo aplicado nas articulações, essa estrutura gera internamente uma redução dos sinais nervosos. Essa diminuição da temperatura proporciona a baixa formação de transmissões dos sinais nocivos e diminui o processo inflamatório (ADIE *et al.*, 2012). Essa estratégia terapêutica garante a redução do edema e diminuição da dor local e propicia a cicatrização muscular (MALANGA; YAN; STARK, 2014).

Essa técnica pode ser utilizada com o objetivo de diminuir o metabolismo, os efeitos anti-inflamatórios e gerar analgesia. O seu mecanismo de ação aponta para uma diminuição da velocidade das conduções elétricas nas fibras nervosas,

onde a informação dolorosa é transmitida de forma mais lenta nestas fibras, com isso, ocorre a liberação da endorfina e diminuição da condução dos nervos espinhais. Outro efeito é o aumento do período refratário possibilitando a atenuação gradual na transmissão dos impulsos neurais sensitivos (Da SILVA *et al.*, 2018).

Na aplicação ocorre a diminuição do processo inflamatório e algia, gerando uma ação de recuperação. A crioterapia pode ser utilizada de várias formas, como o resfriamento termoelétrico, imersão na água fria e bolsas de gelo. Sua aplicação pode ser entre 15 a 30 minutos. Ela proporciona a recuperação com maior rapidez das lesões e acelera o retorno do paciente para a sua atividade da vida diária (ARANTES *et al.*, 2020).

Segundo SONG *et al.* (2016), o tratamento com o frio é uma alternativa simples e acessível que ajuda na recuperação do tecido lesado, minimiza o edema, diminui a dor e favorece a cicatrização. Vários pesquisadores observaram as vantagens deste recurso em cirurgias (SONG *et al.*, 2016). A crioterapia apresenta uma ação contundente no pré-operatório, pois contribui para a diminuição da citocina inflamatória, além de diminuir o edema local e baixa a taxa de possíveis complicações pós-operatória (SANFU *et al.*, 2018). Em procedimentos cirúrgicos, por ser realizado decorrente de lesões agudas, a implementação da crioterapia no pós-operatório tem sido bem repercutido e utilizado (SONG *et al.*, 2016).

3.3. ULTRASSOM TERAPÊUTICO

O ultrassom terapêutico é usado com frequência em lesões musculoesqueléticas e as vibrações ocasionadas pelo recurso propiciam alterações nas células. Essa atividade celular estimula os íons de potássio e de cálcio ativando as células, possibilitando a atividade celular como a alta na síntese proteica, com a disseminação de fibroblastos e excitação da angiogênese (RAMOS *et al.*, 2017).

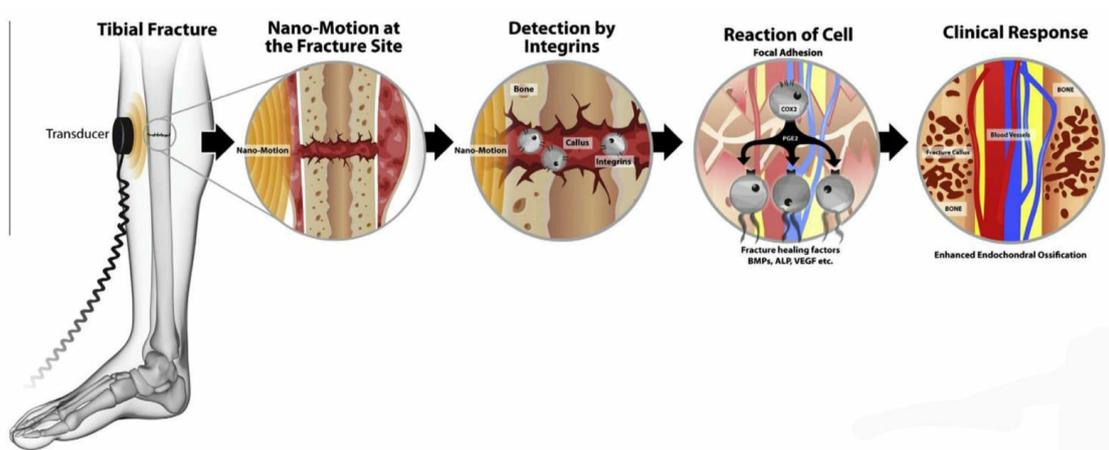
Este recurso extremamente usado na clínica fisioterápica tem a interação com o tecido biológico e permite alterações micromecânicas, existindo uma resposta tecidual. Para obter resultados satisfatórios, existem vários parâmetros para o

melhor resultado em determinadas doenças, fraturas, reparo tecidual, processos inflamatórios e tecidos ósseos, onde neles apontam a duração e parâmetros alternados (DALTRO *et al.*, 2020). O processo terapêutico acaba estimulando as células que corresponde com alterações bioquímicas, micromassagens e o alívio da dor (DALTON *et al.*, 2019).

Esta técnica é adicionada no tratamento para acelerar a consolidação de fraturas, independente da presença da fixação. Sua aplicação propicia na atividade fisiológica como a ativação de colágeno, estimulação dos fibroblastos, ativa o metabolismo celular e atenua as células inflamatórias (WARIS, 2012). Além de acelerar a cicatrização óssea decorrentes de várias estimulações, o US estimula a transdução de sinal, gera aporte sanguíneo, potencializando a angiogênese e ocorre a expressão genética osteogênica. O US gera ondas de pressão na região da fratura, ativando em sinais bioquímicos no interior das células. Essa ação celular acontece decorrente do gene ciclooxygenase 2, com isso, produz a ciclooxygenase 2 e gera a produção da prostaglandina. Esse processo induz a expressão dos genes osteogênicos para agir na fratura e ocorre a ossificação endocondral (SHENGHAN *et al.*, 2017).

Uma das formas mais conhecidas para estimulação óssea eletrofísica é o ultrassom terapêutico de baixa frequência. Esta terapia tem a finalidade de potencializar a cicatrização óssea e diminuir a existência de complicações que geram incapacidade como a junção óssea tardia, com isso, minimizando gastos com novos procedimentos e redução no tempo da imobilidade (HANNEMANN *et al.*, 2014). Este recurso através das ondas acústicas estimula o tecido conjuntivo e, aproximadamente, há 30 anos é utilizado para acelerar a consolidação de fraturas, trazendo gradativamente a força no local da cicatrização (LIUL *et al.*, 2014).

Figura 1: Interação do ultrassom terapêutico no processo de consolidação da fratura.



Fonte: (HARRISON *et al.*,2016).

Na figura 1 demonstra quando aplicado o ultrassom terapêutico na pele ou na fratura, o transdutor promove nano-movimentos na região fraturada. Esses nano-movimentos são perceptíveis para as integrinas (proteína de ligação) e sua onda biomecânica estimula a conversão em ondas bioquímicas para as células. A célula irá produzir ciclo-oxigenase 2 ou a enzima COX2 e com a estimulação destas enzimas induz a produção de prostaglandina. Essas células se intercomunicam com células circundantes por receptores e todo o processo favorece na ossificação endocondral (HARRISON *et al.*,2016). O ultrassom possibilita e adianta na diferenciação e função celular, acelera o fator de crescimento, o metabolismo, estimula o surgimento de vasos sanguíneos no local da fratura gerando uma oferta de cálcio e dificultando a apoptose (LUCAS *et al.*, 2020).

O ultrassom terapêutico produz uma corrente que alterna decorrente ao cristal piezoelétrico, que fica localizado no cabeçote do transdutor que gera uma energia sonora. Na sua aplicação no tecido biológico gera alteração celular por conta do efeito mecânico. Sua utilização é frequente nas clínicas. O US pode ser dividido em térmico (contínuo) e não térmico (pulsado). Nos efeitos produzidos pelo método térmico, a onda segue contínua proporcionando alterações térmicas no tecido, gerando o aumento da temperatura tecidual. Os não térmicos ocasionam pelo método pulsado, produz um efeito mecânico, gerando alterações como micromassagem e ocorrendo cavitação estável no tecido (FARCIC *et al.*, 2012).

O US apresenta a frequência de 3MHz, uma frequência mais superficial, por sua profundidade ser de 1 a 2 cm, ou a frequência de 1 MHz que atinge o tecido mais profundo de 3 a 5 cm ou de 7 a 10 cm. A intensidade do aparelho pode variar de 0,1 a 2,0 W/cm². Este recurso terapêutico pode ser usado na fase aguda e na fase crônica do processo inflamatório (FARCIC *et al.*, 2012). Segundo Zhang *et al.* (2021) o ultrassom terapêutico de baixa frequência apresenta eficácia nas cicatrizações de fraturas. O recurso aumentou a atividade de adenilato ciclase e contribui na síntese do fator de crescimento em osteoblastos (ZHANG *et al.*, 2021).

Tabela 1: Metodologias de aplicação do ultrassom terapêutico.

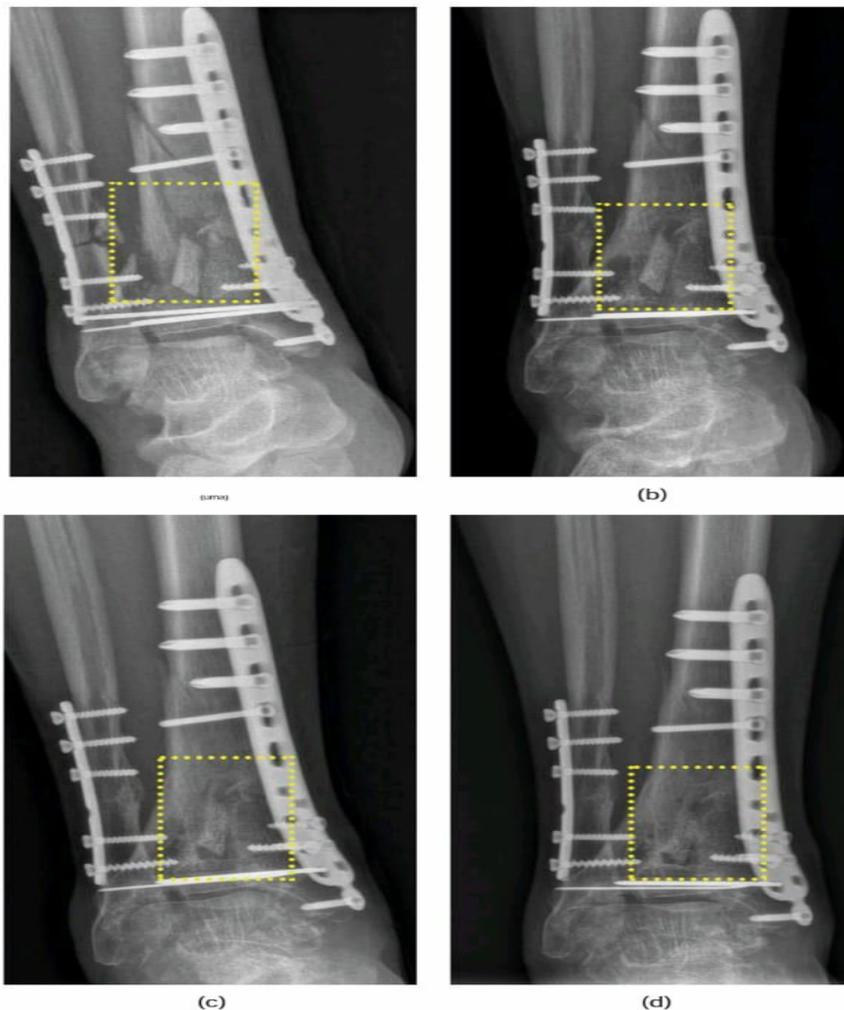
	Parâmetros	Formulários	
Terapêutico Ultrassom (<5MHz)	Tradicional	0,1–3 W/cm ² SATA, frequência 1–3 MHz	tendinite, osteoartrite e alívio da dor
	LIPUS	30–100 mW/cm ² SATA, frequência 1,5 MHz, 1 kHz, ciclo de trabalho de 20% 30–	Cicatrização de fraturas ósseas, regeneração de tecidos moles, efeitos anti-inflamatórios. . .
	CLIUS	100 mW/cm ² SATA, frequência 1,5 MHz, 1 kHz, ciclo de trabalho de 100% 133 W/	
	pFUS	cm ² SATA, frequência 1 MHz, 5 Hz, ciclo de trabalho de 5%	Gradiente local e temporal quimioatrate para o processo de retorno
	HIFU	400–10.000 W/cm ² SATA, frequência 0,8–4 MHz	ablação térmica ou mecânica não invasiva de tecido benigno e maligno
Ondas de choque	300–3000 pulsos, energia 0,05–0,12 mJ/mm ²	litotripsia de cálculos renais, fisioterapia	

SATA: média espacial-temporal média; LIPUS: Ultrassom pulsado de baixa intensidade; CLIUS: ultrassom contínuo de baixa intensidade; pFUS: ultrassom focalizado pulsado; HIFU: ultra-som focalizado de alta intensidade.

Fonte: LUCAS *et al.* (2020)

A tabela 1 vem demonstrando as variações do ultrassom utilizado ultimamente. Para a utilização deste recurso, os parâmetros são: frequência, pulso (pulsado ou contínuo), intensidade e ciclo de trabalho. A frequência são as quantidades que a partícula dentro do transdutor completa para ocorrer a compressão e rarefação. O pulso é determinado pela quantidade de transmissão por segundos. A intensidade é a potência média calculada pelos watts por centímetros quadrados (W/cm²). O ciclo de trabalho é a duração da aplicação do ultrassom no tecido lesionado (LUCAS *et al.*, 2020).

Figura 2: Radiografia de fratura da tíbia



Fonte: (ZANG *et al*, 2021)

Zhang *et al* (2021), observou a atuação do ultrassom na consolidação de uma fratura cominutiva distal presente na tíbia direita. A radiografia da figura 2 (A) foi feita no momento que o paciente chegou no centro de reabilitação. A radiografia da figura 2 (B) foi realizada antes da utilização do ultrassom terapêutico. Já a radiografia da figura 2 (C) foi feita com 1 semana após a utilização do ultrassom terapêutico. Por fim, a radiografia da figura 2 (D) foi efetuada 2 meses após o término da utilização do ultrassom terapêutico. Os parâmetros utilizados nesse tratamento foi uma frequência de 1,5 MHz que gerou ondas do ultrassom com 200 μ s de largura de pulso, um ciclo de 20%, a largura de pulso de 1 KHz e uma potência de 30 mW/cm². O transdutor foi direcionado na face anterior direita da

tíbia. O ultrassom terapêutico de baixa intensidade foi realizada com o paciente no leito com o membro imóvel, a duração era de 20 minutos durante 5 dias na semana. O ultrassom terapêutico é um método seguro e não invasivo com grande potencial nas consolidações de fraturas (ZHANG *et al.*, 2021). Existe evidência que comprovam que o ultrassom terapêutico tem um mecanismo de ação para a estimulação e reparação das fraturas (HARRISON *et al.*, 2016).

3.4. LASER

O laser de baixa intensidade utiliza fonte de luz, entretanto esta luz é monocromática e coerente no tempo e espaço que possibilita uma boa penetração tecidual (RAMOS *et al.*, 2017). Sua aplicabilidade encontra-se em alta nos distúrbios musculoesqueléticos e reumatológicos, pois apresenta efeitos anti-inflamatórios, analgésicos e bioestimuladores (LEOTTY *et al.*, 2020).

A luz gera efeito celular e sua emissão das ondas através do laser gera uma excitabilidade no tecido, com isso, hoje temos um meio de terapia (FALLAH *et al.*, 2016). O laser promove aumento do fluxo sanguíneo no local, melhora o desempenho muscular, promove reparação tecidual, atenua fadiga muscular, ativa o lactato desidrogenase e a proteína reativa (YEKTA *et al.*, 2020). O laser contribui na cicatrização óssea, estimula a atividade de osteoblastos, induz atividade das células satélites, ajuda no efeito de biomodulação na cicatrização, propicia síntese de colágeno, eleva a respiração mitocondrial, estimula a síntese de fibroblastos e ativa a produção de trifosfato de adenosina (CHANG *et al.*, 2014; SHAKOURI *et al.*, 2009).

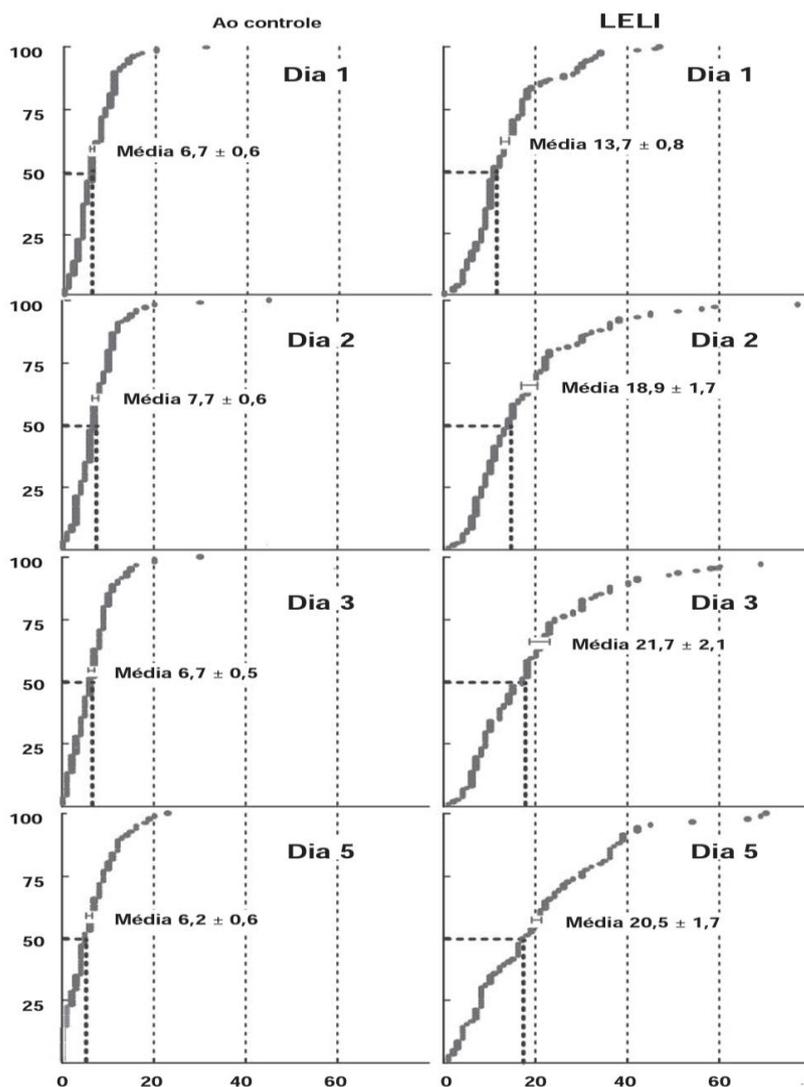
Esta técnica da fototerapia tem bastante aplicação pelos fisioterapeutas na reabilitação dos seus pacientes (BARONI *et al.*, 2014). A terapia tem sua utilização por ser uma opção não farmacológica para contribuir nas lesões álgicas musculoesquelética há 30 anos (HASLERUD *et al.*, 2014). O laser de baixa intensidade vem sendo utilizado para cicatrização em diferentes lesões e graus, utilizado nos tecidos moles, no tecido nervoso e nos ossos (YEKTA *et al.*, 2020).

O laser pode ser conhecido pelo tipo de meio ativo. A radiação emitida pode ser invisível ou visível e o comprimento de ondas varia entre 600nm a 1.000 nm. A sua aplicação vai de acordo com o tipo de comprometimento. Quando aplicado a onda escolhida influenciará no tratamento, onde o menor comprimento da onda fará uma ação maior (De SOUZA; Da SILVA, 2016). O laser de baixa potência gera uma emissão de 5-500mW com comprimento de ondas de 600 a 1000nm e seus efeitos não térmicos, ao contrário dos lasers utilizados em cirurgias que geram uma onda de 300nm. O laser terapêutico de baixa potência tem a finalidade de permear profundamente no tecido, possibilitando que a camada da pele não queime ou seja lesionada, com isso, gera analgesia, diminui a inflamação e acelera na cicatrização (MANSOURI *et al.*, 2020) (EZZATI; FEKRAZAD; RAOUFI, 2019).

Segundo Glazov; Yelland & Emery (2016), a Associação Mundial de Terapia a Laser (WALT) publicou suas diretrizes referentes à dosagem em joules para tendinopatias e artrite. Após a divulgação, houve meta-análises confirmando o alívio da algia a partir do laser nas lesões dolorosas musculoesqueléticas (GLAZOV; YELLAND; EMERY, 2016). Um dos argumentos para seus diversos resultados no benefício do laser são os fatores na aplicação da terapia. Os fatores dependem dos sintomas, diagnóstico do paciente, duração da algia, alcance da luz na pele, local de irradiação, modo do laser, comprimento das ondas, tipo do laser, densidade (mV/cm²), potência (mW), energia (joule) a dose da energia (j/cm²), intervenções associadas, quantidade de sessões e irradiação do laser (cm²) (JANG; LEE, 2012).

A partir dos estudos de Shefer *et al* (2002) presente na figura 3, é possível observar as ações do laser nas lesões musculoesqueléticas em camundongo. Nesse estudo foi demonstrado o efeito do laser na sobrevivência das fibras, nas células ao redor da aplicação, células miogênicas e diminuição do apoptose (SHEFER *et al.*, 2002).

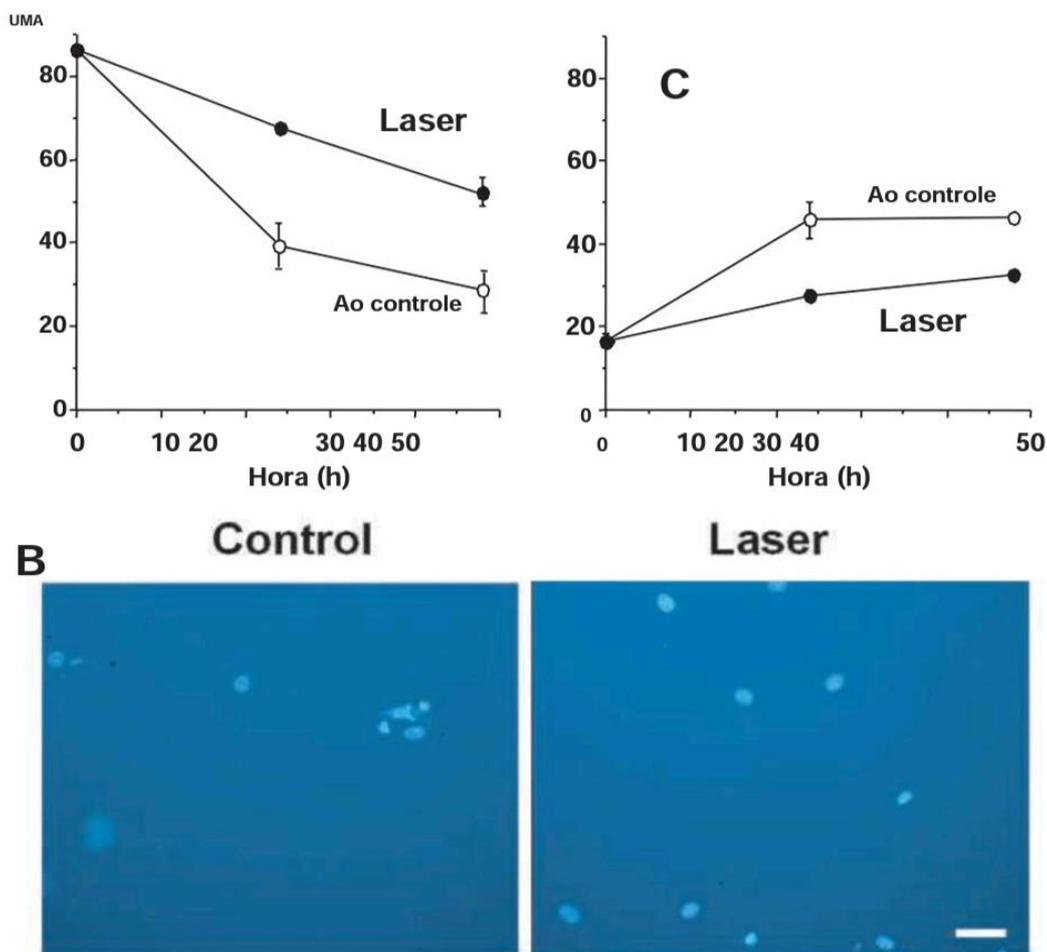
Figura 3: Atuação do laser nas células satélites do músculo extensor longo dos dedos dissecado de camundongos de 21 dias de idade.



Fonte: (SHEFER *et al.*, 2002)

Outra análise na figura 4 foi a verificação das células irradiadas ou não irradiadas no ensaio com o intuito da atividade mitocondrial (A). No quadro (B) foi adicionado a coloração Hoechst para detecção dos núcleos em DNA, após a irradiação de 24 horas observaram que os núcleos fragmentados e com apoptose tiveram uma conservação em comparação ao grupo controle. No quadro C houve a contagem dos núcleos apoptóticos e os gráficos representam a média de três réplicas onde foram examinadas mais de 1.000 células (SHEFER *et al.*, 2002).

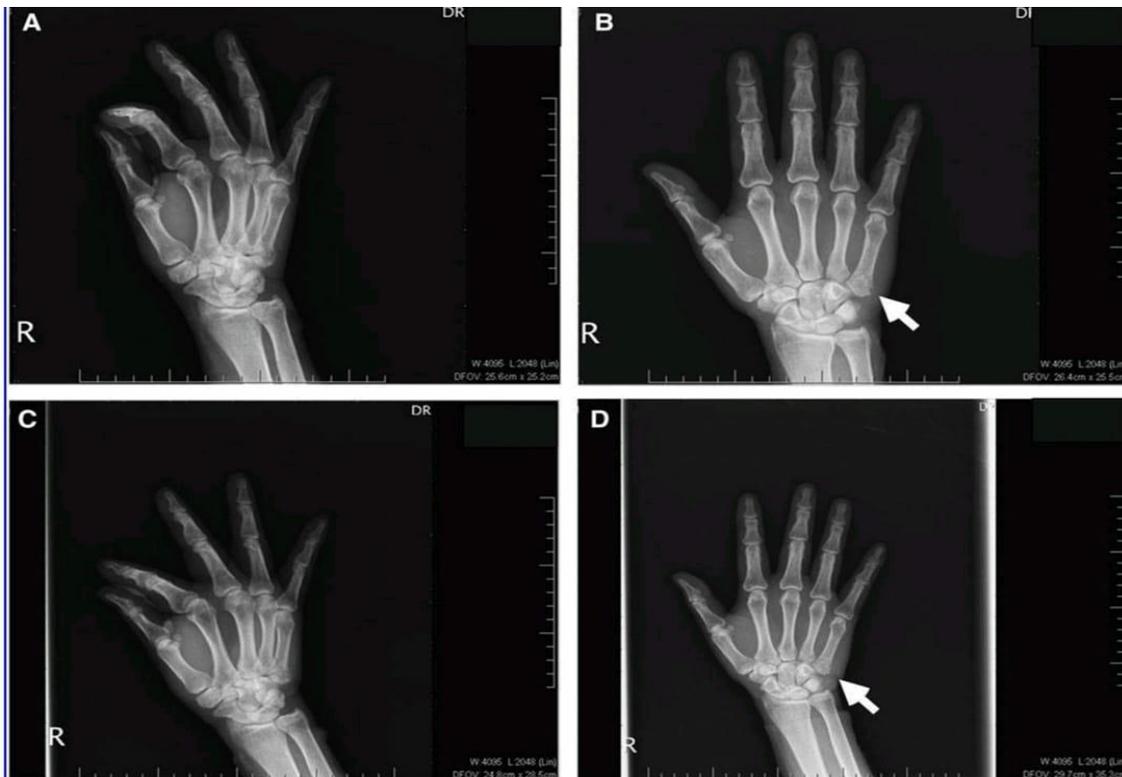
Figura 4: Ação de celular satélites



Fonte: (SHEFER *et al*, 2002)

Chang *et al* (2014), trouxeram nos seus estudos um paciente com fratura fechada no 5^a metacarpo da mão direita e aplicaram o laser durante duas semanas com local de aplicação e a dose do tratamento com 9,2J/cm². No laser havia um equipamento com *time*, onde contabilizada e desligava automaticamente após 600 segundos, o aparelho informava o término do tratamento por um sinal sonoro. As aplicações eram realizadas no punho dos pacientes, o seu feixe de luz era focado numa área de 370mm², a aplicação era uma vez por dia durante 5 dias semanas e teve a duração de dois meses, houve uma separação do grupo placebo e o grupo examinado. O grupo placebo utilizou o laser desligado. O intuito do estudo foi observar o sucesso na cicatrização óssea. A terapia ajudou no alívio da dor do paciente, proporcionou a melhoria das atividades da vida diária e proporcionou uma boa força de pressão do punho e da mão (CHANG *et al.*, 2014).

Figura 5: A radiografia de fratura do 5º metacarpo de mão direita e resultado da atuação do laser



Fonte: (CHANG *et al*, 2014)

4. CONCLUSÃO

Percebe-se que vários são os recursos para o tratamento de uma lesão ou fratura, entre antigos e modernos, no entanto vale ressaltar sobre a importância do tratamento precoce na consolidação das fraturas, o quanto houver a intervenção dos métodos fisioterapêuticos, o paciente terá o melhor retorno das atividades diárias, além de proporcionar uma boa reconstituição óssea. Porém, embora haja informações acerca do uso da crioterapia em lesões musculoesqueléticas, não foram encontradas abordagens diretas desse recurso no tratamento de fraturas, especificamente no processo de consolidação óssea. Além disso, verificou-se uma escassez de evidências sobre o uso dos outros recursos aqui abordados no processo de cicatrização óssea. Desta forma,

sugere-se que novos estudos sejam feitos a fim de trazer alternativas terapêuticas e assim oferecer propostas de tratamento para os fisioterapeutas no tratamento de fraturas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ADIE, S *et al.* **Cryotherapy following total knee replacement (Review).** 2012

ARANTES, L.P.O *et al.* **Comparação dos efeitos da criomersão padrão e intermitente na estabilidade, limiar de dor e tolerância da região do tornozelo em indivíduos saudáveis.** 2020

ASTUR, D.C *et al.* **Fraturas por estresse: definição, diagnóstico e tratamento.** Artigo de Atualização • Rev. bras. ortop. 51 (1) • jan-feb 2016 • <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.12.008>

BARONI, B.M *et al.* **Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training.** 2014

CHANG, W.D *et al.* **Therapeutic results of low-grade laser therapy level for closed boné fracture in human wrist and hand.** 2014

Da SILVA, D.A *et al.* **Analgesic efficacy of the association of cryotherapy and transcutaneous electrical nerve stimulation.** 2018

DALTON, C *et al.* **Análise comparativa do efeito de dois protocolos de ultrassom terapêutico para regeneração de defeito ósseo crítico.** 2019

DALTRO, A.F.C *et al.* **Analise comparativa do efeito de dois protocolos de ultrassom terapêutico para regeneração de defeitos ósseo crítico.** Rev. bras. ortop. 55 (3) May-jun. 2020.

DAMBROS, C *et al.* **EFFECTIVENESS OF CRYOTHERAPY AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION.** 2012

De SOUZA, M.V; Da SILVA, M.O. **Laserterapia em afecções locomotoras: revisão sistemática de estudos experimentais.** Rev. Bras Med Esporte 22 (1) Jan-Fev. 2016.

EBRAHIM, S *et al.* **Low-intensity pulsed ultrasonography versus electrical stimulation for fracture healing: a systematic review and network meta-analysis** 2013

EZZATI, K; FEKRAZAD, R; RAOUFI, Z. **The effects of photobiomodulation therapy on post- surgical pain.** 2019

FALLAH, A *et al.* **Clinical effectiveness of low-level laser treatment on peripheral somatosensory neuropathy.** 2016

FARCIC, S.T *et al.* **Application of therapeutic ultrasound on tissue repair of the musculoskeletal system.** 2012

FREIRE, B, *et al.* **Effects of cryotherapy methods on circulatory, metabolic, inflammatory and neural properties: a systematic review.** 2016

GLAZOV, G; YELLAND, M; EMERY, J. **Low-level laser therapy for chronic non-specific low back pain: a metaanalysis of randomised controlled trials.** 2016

GRIFFIN, X.L *et al.* **Ultrasound and shock wave therapy for acute fractures in adults.** 2015

HANNEMANN, P.F.W *et al.* **The effects of low-intensity pulsed ultrasound and pulsed electromagnetic fields bone growth stimulation in acute fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.** 2014

HARRISON, A *et al.* **Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) mode and mechanism in fracture repair.** 2016

HASLERUD, S *et al.* **The Efficacy of Low-Level Laser Therapy for Shoulder Tendinopathy: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.** 2014

JANG, H; LEE, H. **Meta-Analysis of Pain Relief Effects by Laser Irradiation on Joint Areas.** 2012

JIAN, L *et al.* **Efficacy of focused low-intensity pulsed ultrasound therapy for the management of knee osteoarthritis: a randomized, double blind, placebo-controlled trial.** 2016

LEIGHTON, R *et al.* **Healing of fracture pseudarthrosis treated with low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS): A systematic review and meta-analyses.** 2017

LEOTTY, C.L.R *et al.* **Efeito do laser de baixa intensidade na dor e na funcionalidade de pacientes com tendinopatia de ombro: uma revisão sistemática.** *Fisioter. Pesqui.* 27 (2) Apr-Jun 2020.

LIRANI, A.P.R; CASTRO, M.R. **Evidências da ação de agentes físicos sobre o metabolismo do tecido ósseo e seus potenciais usos clínicos.** *Revisões • Arq Bras Endocrinol Metab* 49 (6) • Dez 2005 • <https://doi.org/10.1590/S0004-27302005000600006>

LIUL, Y *et al.* **Ultrasound treatment to accelerate healing of distal radius fractures. A control study.** 2014

LUCAS, De B *et al.* **Ultrasound therapy: experiences and perspectives for regenerative medicine.** 2020.

MALANGA, G.A; YAN, N; STARK, J. **Mechanisms and efficacy of heat and cold therapies for musculoskeletal injury.** 2014

MANSOURI, V *et al.* **Evaluation of the effectiveness of low-level laser therapy.** 2020

- MATHEUS, J.P.C *et al.* **Análise biomecânica dos efeitos da crioterapia no tratamento da lesão muscular aguda.** Rev Bras Med Esporte 14 (4) ago. 2008.
- MORREIRA, N.B *et al.* **A influencia da crioterapia na dor e edema induzidos por sinovite experimental.** Fisioter. Pesqui. 18 (1) Mar 2011.
- MORSOLETO, M.J.M. Da S *et al.* **Effect of low power laser in biomodulation of cultured osteoblastic cells of Wistar rats.** 2019
- OLIVEIRA, P *et al.* **Comparação dos efeitos do laser de baixa potência e do ultrassom de baixa intensidade no processo de reparo ósseo em tibia de rato.** Artigos Originais Braz. J. Phys. Ther. 15 (3) Jun 2011 <https://doi.org/10.1590/S1413-35552011000300005>
- PARREIRA, J.G *et al.* **Trauma mechanism predicts the frequency and the severity of injuries in blunt trauma patients.** 2017
- PIANA, L.E *et al.* **The Cold, Hard Facts of Cryotherapy in Orthopedics.** 2018
- POOLMAN, R.W *et al.* **Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) for bone healing: a practice guideline clinic.**2017
- RAMOS, G.A *et al.* **Reabilitação nas lesões musculares dos isquiotibiais: revisão da literatura.** Rev. bras. ortop. 52 (1) Jan-fev. 2017.
- SANTOS, V.B Da C *et al.* **Effect of cryotherapy on the ankle temperature in athletes: ice pack and cold water immersion.** 2015
- SANFU, L *et al.* **The Use of Cryotherapy for the Prevention of Wound Complications in the Treatment of Calcaneal Fractures.** The Journal of Foot & Ankle Surgery 57 (2018) 436–439
- SHAKOURI, S.K *et al.* **Effect of low- level laser therapy on the processo fracture healing.** 2009
- SHEFER, G *et al.* **Low-energy laser irradiation promotes the survival and cell cycle entry of skeletal muscle satellite cells.** 2002
- SHENGHAN, L *et al.* **The effects of low-intensity pulsed ultrasound on fresh fracture.**2017
- SONG, M *et al.* **Compressive cryotherapy versus cryotherapy alone in patients undergoing knee surgery: a meta-analysis.** (2016) 5:1074 DOI 10.1186/s40064-016-2690-7
- SOBOL, O *et al.* **Review of basic trends in cryotherapy applications for horse injuries.** 2020
- SOUSA, R.G; BATISTA, K.M.N. **Laser therapy in wound healing associated with diabetes mellitus – Review.** 2016
- WARIS, C.D. de A. **A eficácia do ultrassom terapêutico pulsado na consolidação de fraturas.** 2012

YEKTA, A.H.A *et al.* Effect of Low-Level Laser Therapy on Muscle Strength and Endurance and Post-Exercise Recovery of Young Adult: A DoubleBlind, Placebo-Controlled, Randomized Clinical Trial .2020

ZHANG, P *et al.* Fracture Nonunion Treated with Low-Intensity Pulsed Ultrasound and Monitored with Ultrasonography: A Feasibility Study. 2021