

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO – UNIBRA
CURSO DE FISIOTERAPIA

ÁVILA ÂNGELO DOS SANTOS
RAQUEL CAVALCANTE DE SOUZA
THAYSA VITÓRIA MOTA SILVA

**TITULO: ULTRASSOM PULSADO DE BAIXA INTENSIDADE (LIPUS) E SUA
EFICÁCIA NA CONSOLIDAÇÃO DE FRATURAS: Uma revisão sistemática.**

RECIFE

2022

**ÁVILA ÂNGELO DOS SANTOS
RAQUEL CAVALCANTE DE SOUZA
THAYSA VITÓRIA MOTA SILVA**

**ULTRASSOM PULSADO DE BAIXA INTENSIDADE (LIPUS) E SUA
EFICÁCIA NA CONSOLIDAÇÃO DE FRATURAS: Uma revisão sistemática**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Fisioterapia do
Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, como
parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientadora: Prof. Manuella da Luz Duarte Barros.

RECIFE

2022

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 1745.

S237u Santos, Ávila Ângelo dos
Ultrassom Pulsado de Baixa Intensidade (LIPUS) e sua eficácia na
consolidação de fraturas: uma revisão sistemática / Ávila Ângelo dos
Santos, Raquel Cavalcante de Souza, Thaysa Vitória Mota Silva. Recife:
O Autor, 2022.

37 p.

Orientador(a): Esp. Manuella da Luz Duarte Barros.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – Unibra. Bacharelado em Fisioterapia, 2022.

Inclui Referências.

1. Fraturas. 2. Consolidação. 3. LIPUS. I. Souza, Raquel Cavalcante de.
II. Silva, Thaysa Vitória Mota. III. Centro Universitário Brasileiro - Unibra.
IV. Título.

CDU: 615.8

Agradecimentos

Nosso agradecimento vai ao grande Eu Sou, por nos ajudar e nos dá força para chegarmos até aqui.

RESUMO

Definida como interrupção da continuidade do osso, a fratura pode ser ocasionada por dois fatores: trauma e *overuse*. Quando a fratura não consolida de forma adequada, é classificada como pseudoartrose (não-união), complicação onde a consolidação da fratura sofre por ausência de sinais clínicos de calo ósseo ou calo ósseo hipertrófico. Reparo ósseo é a capacidade única que o osso possui de se auto reparar. O ultrassom pulsado de baixa intensidade ou low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) é um aparelho com onda de pressão longitudinal oscilante, com frequência que não pode ser identificada pelo sistema auditivo humano. Sendo um dispositivo que possui um gerador produtor de alta frequência que se converte em vibrações mecânicas ou acústicas. O LIPUS apresenta efeitos positivos na consolidação de fraturas enviando ondas acústicas para o local onde será reparado. As ondas ajudarão na passagem de fluidos, elevando assim, o suprimento de nutrientes, colaborando na proliferação e diferenciação de fibroblastos, osteoblastos e condroblastos. Esta revisão sistemática se trata de uma pesquisa onde foram usadas fontes de dados a literatura científica sobre o tema proposto. Na revisão foi feita uma síntese das informações selecionadas e uma análise crítica. Sendo realizadas pesquisas nas bases de dados em Outubro de 2022. Foram selecionados ensaios clínicos, primeiramente pelo título e resumo, em seguida foram lidos na íntegra sendo observado se atendiam aos critérios de elegibilidade. Diante de várias buscas realizadas nas bases de dados (PUBMED, LILACS, SCIELO, PEDro), dentre os artigos, foram escolhidos aqueles que realmente apresentavam os critérios de elegibilidade. O LIPUS mostrou ótimas evidências na redução da dor e aceleração ao retorno das atividades físicas. Sendo capaz de aumentar a maturação do calo nas distrações osteogênicas melhorando assim, a densidade mineral óssea dos pacientes. Ao todo os resultados foram mais positivos do que negativos, mostrando assim a eficácia do LIPUS nas fraturas.

Palavras-Chaves: Fraturas; Consolidação; LIPUS.

ABSTRACT

Defined as an interruption of bone continuity, a fracture may be caused by two factors: trauma and overuse. When the fracture does not consolidate properly, it is classified as pseudoarthrosis (non-union), a complication where the fracture consolidation suffers from the absence of clinical signs of bone callus or hypertrophic bone callus. Bone repair is the unique capacity that the bone has to repair itself. Low Intensity Pulsed Ultrasound or low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) is a device with an oscillating longitudinal pressure wave, with a frequency that cannot be identified by the human auditory system. It is a device that has a high frequency producing generator that is converted into mechanical or acoustic vibrations. LIPUS shows positive effects on fracture healing by sending acoustic waves to the site where it will be repaired. The waves will help in the passage of fluids, thus increasing the supply of nutrients, collaborating in the proliferation and differentiation of fibroblasts, osteoblasts, and chondroblasts. This systematic review is a research where the scientific literature on the proposed theme was used as a data source. In the review, a synthesis of the selected information and a critical analysis were made. Searches of the databases were performed in October 2022. Clinical trials were selected first by the title and abstract, then they were read in full, and it was observed whether they met the eligibility criteria. After several searches in the databases (PUBMED, LILACS, SCIELO, PEDro), among the articles, those that actually met the eligibility criteria were chosen. LIPUS showed excellent evidence of pain reduction and acceleration of return to physical activities. It is able to increase callus maturation in osteogenic distractions, thus improving the bone mineral density of patients. All in all, the results were more positive than negative, thus showing the efficacy of LIPUS in fractures.

Keywords: Fractures; Consolidation; LIPUS.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	09
2.1	Fraturas	09
2.1.1	Consolidação das fraturas	10
2.1.2	Fases de cicatrização	10
2.2	União tardia e pseudoartrose.....	10
2.3	Distração osteogênica.....	11
2.4	O que é o ultrassom pulsado de baixa intensidade.....	11
2.5	História do LIPUS.....	12
2.6	Parâmetros	13
2.7	Como ocorre a estimulação por LIPUS.....	13
2.8	Transformação de um sinal mecânico para bioquímico/elétrico	13
2.9	LIPUS agindo na angiogênese e remodelação endocondral	14
2.10	Células osteogênicas	15
2.11	Formação do calo ósseo	16
3	MÉTODO	18
3.1	Tipo de revisão, período da pesquisa, restrição linguística e temporal.....	18
3.2	Base de dados, descritores e estratégia de busca	18
3.3	Realização das buscas e seleção dos estudos	19
3.4	Critérios de elegibilidade (PICOT).....	19
3.5	Características dos estudos incluídos e avaliação do risco de viés	19
4	RESULTADOS.....	21
5	DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

A fratura óssea é definida como a interrupção da continuidade do osso, podendo ser ocasionada por dois tipos de fatores: trauma e *overuse*. Quando não consolidada de forma adequada, a fratura é classificada como pseudoartrose (não-união), complicação na qual a consolidação da fratura pode sofrer por ausência de sinais clínicos de calo ósseo ou calo ósseo hipertrófico, mas com a presença do traço da fratura, ou também a fratura tardia, na qual não há consolidação entre 3 e 9 meses após o trauma (PALANISAMY *et al*, 2022).

Na fase inflamatória de cicatrização de uma fratura, uma massa de coágulos sanguíneos é formada no local da fratura, ocorre pelo fato dos vasos sanguíneos que fornecem sangue para o periósteo estarem feridos juntamente com o osso. Após essa fase, começará a angiogênese que nada mais é do que a formação de novos vasos sanguíneos. Na fase de reparação, acontecerá a formação de calos moles que se transformarão em calos duros por meio da proliferação e diferenciação osteoblástica de células-tronco mesenquimais. Já na fase de remodelação, final do processo de cicatrização, ocorre a remoção do excesso do calo ósseo pelos osteoclastos, assim formando a estrutura real do osso (PALANISAMY *et al*, 2022; YAOITA *et al*, 2000).

O ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) pode ter efeitos positivos na consolidação de fraturas ósseas. Mas, para entender como isso acontece, antes é necessário um conhecimento prévio sobre o que é esse recurso eletroterapêutico. O LIPUS é uma onda de pressão longitudinal oscilante que geralmente não pode ser identificada pelo sistema auditivo humano, pois possui uma frequência superior a 20 kHz (HARRISON *et al*, 2021).

É um dispositivo composto por um gerador produtor de alta frequência que possui a capacidade de se converter em vibrações mecânicas ou vibrações acústicas. Essa capacidade de conversão se dá através do transdutor do LIPUS, composto por um cristal piezoelétrico. O LIPUS possui frequência de 1,5 MHz, largura de explosão de sinal de 200 μ s, intensidade de 30 mw/cm^2 e tempo de administração de aproximadamente 20 min/dia (WATANABE, YOSHINOBU, 2010).

Na consolidação de fraturas, o LIPUS funciona enviando ondas acústicas para o local onde será reparado, essas ondas ajudarão na passagem de fluidos, elevando o suprimento de nutrientes, colaborando para a proliferação e diferenciação de fibroblastos, osteoblastos e condroblastos (PALANISAMY *et al*, 2022; PÍPI, 2010).

Diante do cenário atual, no qual se observa um grande número de casos de fraturas ósseas, esse trabalho tem como objetivo descrever os efeitos biológicos que o LIPUS possui para acelerar o tempo de consolidação de fraturas, bem como mostrar se há eficácia em seu uso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fraturas

O tecido ósseo é um tipo especializado de tecido conjuntivo formado por células e matriz extracelular. O tecido apresenta diversas funções, tais como propriedades mecânicas proporcionando o suporte e movimento esquelético e proteção aos órgãos vitais (DUPLOMB *et al.*, 2007; KARSENTY, 2000; JUNQUEIRA, CARNEIRO, 1999; ALBERTS, 2004).

As fraturas ósseas podem ser definidas como uma interrupção na continuidade do osso, é qualquer tipo de prejuízo mecânico ocorrido em um osso. Pode ser ocasionada por traumatismo ou ser de natureza patológica, ser uma pequena trinca sem se deslocar, uma perfuração ou até um rompimento ou esmagamento de uma parte ou todo tecido ósseo (NOLTE *et al.*, 2001; PEREIRA-FONTES *et al.*, 2013; Rubin *et al.*, 2006; BRASILEIRO FILHO, 2006; PALANISAMY *et al.*, 2022; WARIS *et al.*, 2013).

Apesar de que um osso fraturado possa sofrer autorregeneração, existem ossos não consolidados, por causas que permanecem desconhecidas. Em certos casos, a imobilização óssea do osso fraturado é necessária, usando suspensórios, gesso e talas para estabilizar o osso fraturado. Os procedimentos escolhidos no tratamento da consolidação de fratura provêm de fatores como natureza da fratura, localização óssea, tipo da fratura e outros. Estudos desenvolvidos recentemente em tecnologias de estimulação na cicatrização de fraturas elevaram o interesse de pesquisadores para encontrar uma maneira eficaz de aperfeiçoar a cicatrização e agilizar a recuperação (PALANISAMY *et al.*, 2022).

Uma reabilitação após fratura leva a mobilidade diminuída e funcionalidade musculoesquelética debilitada. Sendo considerado um processo ortopédico difícil, onde a conduta insuficiente e tardia pode levar inúmeros danos, como cicatrização anormal, enfraquecimento ósseo e perda da funcionalidade. O tempo de recuperação do osso com fratura é estipulada através de alguns fatores, como força do impacto, localização da lesão, quais tipos de ossos envolvidos e os processos biológicos (PALANISAMY *et al.*, 2022).

A inserção cirúrgica de placas metálicas, hastes e parafusos estabilizam e fixam o osso logo após uma grave fratura. Analgésico e anti-inflamatórios são frequentemente

usados para o alívio da dor e suprimindo inflamação decorrente da lesão. Estima-se que 6,2 milhões de fraturas ocorrem anualmente, 10% evoluindo para não consolidação e para a pseudoartrose (EIHORN, 1998; HADJIARGYRON *et al.*, 1998; SENA *et al.*, 2005; PALANISAMY *et al.*, 2022).

2.1.1 Consolidação das fraturas

O reparo ósseo é a capacidade única que o osso possui de se auto reparar. Há dois tipos de consolidação óssea. A primária onde células capilares morrem devido a lacuna da circulação e se depositam próximas a lesão, osteócitos presentes ao redor dos canais de Haven (tubos dentro dos ossos por onde passam células nervosas e vasos sanguíneos), também morrem. Nesses canais de Haven que estão íntegros há proliferação e crescimento celular, e também nova formação de capilares. Essas novas células vão se transformar e refazer nos canais lesados. Nessa consolidação primária não há composição de calo ósseo (FONSECA *et al.*, 2010; ROSENBERG, 2005).

2.1.2 Fases da cicatrização

No tipo secundário há 3 fases, a fase inflamatória, fase proliferativa e fase de remodelamento. Na fase inflamatória há um coágulo sanguíneo por lesão dos vasos sanguíneos, esse coágulo se deposita próximo a fratura, ocorre dor e inchaço e dar-se o nome de hematoma, logo depois acontece a angiogênese para formação de novos vasos sanguíneos. Na proliferação ocorre multiplicação e diferenciação osteoblástica, que desencadeia uma formação de um calo mole que futuramente será um calo maduro. Na fase de remodelamento há uma retirada do excesso de calo no osso, deixando apenas o necessário para uma melhor estruturação, esse processo é feito pelos osteoclastos (PALANISAMY *et al.*, 2022; YAOITA *et al.*, 2000).

2.2 União tardia e Pseudoartrose

Fratura ou osso partido pode resultar em uma complicação denominada pseudoartrose (não-união), condição onde o osso não cicatriza mesmo após 9 meses de ocorrência, apresenta sinais clínicos de um calo hipertrófico, mas ainda com a presença do traço da fratura, também pode não apresentar calo hipertrófico. Dor, perda de função e sensibilidade à palpação, com ou sem mobilidade no local da fratura são sinais de pseudoartrose, porém um diagnóstico fidedigno da pseudoartrose é geralmente baseado por meios de parâmetros clínicos e radiológicos. União tardia é uma fratura que não

consolidou em 3 a 9 meses após o evento da fratura e não apresentou progressão no sexto mês, essa é uma definição apresentada, porém, se tem uma definição alternativa sobre a união tardia, onde essa relata que a união tardia é definida por uma fratura que é sintomática e não tem potencial para cicatrizar sem intervenção (PALANISAMY *et al*, 2022; NICHOLSON *et al*, 2020).

Cerca de 5-10% de fraturas em ossos longos acometidas por jovens adultos e meia idade não se unem. Diz-se que o grande número de incidências de pseudoartrose esteja relacionada ao aumento da probabilidade de sobrevivência a traumas maiores. A pseudoartrose tem predominância no sexo masculino entre 35 e 44 anos (NICHOLSON *et al*, 2020).

2.3 Distração Osteogênica

Distração Osteogênica é definida por uma forma da engenharia na qual tecidos *in vivo* que sofrem uma separação gradativa de margens ósseas são restauradas através de cirurgia, resultando na geração de um novo osso (FABER, 2005).

Foi desenvolvido várias técnicas para a realização da distração osteogênica, todas elas visando a integridade da vascularização. As principais técnicas são: a osteotomia, realizada de duas formas, osteotomia completa e a osteotomia não completa do osso; a corticotomia, que preserva intacto o osso esponjoso e a medula óssea; e a esteoclase fechada, onde a fratura é realizada com o auxílio de um instrumento no qual não danifique o perióstio (FABER, 2005).

2.4 O que é o ultrassom pulsado de baixa intensidade

O Ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) é um aparelho com uma onda de pressão longitudinal oscilante, com frequência que não pode ser identificada pelo sistema auditivo humano por geralmente possuir uma frequência superior a 20 kHz (20.000Hz). O LIPUS e o ultrassom diagnóstico e terapêutico possuem efeitos biológicos diferentes, mesmo possuindo intensidades semelhantes (HARRISON *et al*, 2021).

Ele é um dispositivo que possui um gerador produtor de alta frequência que se converte em vibração mecânica ou vibrações acústicas, há um transdutor composto de cristal piezoelétrico que é quem faz a transformação da energia elétrica em uma

vibração mecânica acústica. Esse cristal presente no transdutor pode ser de cerâmica sintética ou quartzo (PÍPI, 2010).

Para um reparo ósseo realizado com o tratamento de LIPUS é utilizado um transdutor que é aplicado na superfície da pele sobre o local da fratura uma vez ao dia por um período de 20 minutos (HARRISON *et al*, 2021).

2.5 Historia do LIPUS (Ultrassom Pulsado de Baixa Intensidade)

Em 1930 surgiu a utilização do ultrassom para terapias, no começo com o uso de uma frequência de 800 kHz e intensidade de 4000 a 5000 mW/cm² para doenças como mialgias e neuralgias. O ultrassom em 1940 limitava seu uso para tratar ossos jovens humanos e cães. Antes de descobrirem que o ultrassom em baixas doses não afetava os tecidos, acreditava-se que o uso do ultrassom poderia ser prejudicial ao osso (PALANISAMY *et al*, 2022).

Também foram observados em estudos que quando utilizado em altas intensidades de 5000 a 25000 mW/cm² o ultrassom poderia levar a problemas de não cicatrização óssea, formação de tecido fibroso e necrose. Porém em outro estudo com coelhos onde o ultrassom foi usado em uma baixa intensidade de 500 a 2000 mW/cm², os resultados mostraram que houve a formação de um novo osso periosteal. Quando utilizado em uma intensidade de 1500 mW/cm² de forma continua foi relatado que houve uma formação bem sucedida de um novo calo ósseo. Outra vez foi testado em coelhos o uso do ultrassom, agora, pulsado e de baixa intensidade com a intensidade de 200 mW/cm², com objetivo de minimizar efeitos térmicos em tecidos moles, e isso mostrou resultados de crescimento ósseo (PALANISAMY *et al*, 2022).

Em 1983, Duarte & Xavier relatavam o uso do ultrassom de baixa intensidade (LIPUS) para acelerar o processo de reparo das fraturas em humanos. Apenas em 1994, houve a aprovação do LIPUS nos Estados Unidos (EUA), após sucesso de ensaios clínicos. No ano 2000 o LIPUS foi aprovado para tratar fraturas de não união, a partir daí outros pesquisadores estudaram sobre eficiência do LIPUS na agilidade de consolidação mais rápida de uma fratura (PÍPI, 2010; HARRISON *et al*, 2021).

2.6 Parâmetros

O ultrassom pulsado de baixa intensidade é um aparelho que se caracteriza como novo para o processo de cicatrização de fraturas. O transdutor é colocado em cima da pele no local da fratura, o mesmo tem frequência de 1,5 MHz (mega-hertz é uma unidade de frequência que representa 1.000.000 de hertz), largura de explosão de sinal de 200 μ s (o microssegundo ou μ s, é uma unidade de tempo, 1 microssegundo equivale a 0,000001 segundos ou 1 segundo corresponde a 1.000.000 de microssegundos), frequência de repetição de sinal de 1 KHz, intensidade de 30 mW/cm² (mw correspondente a um milésimo de watt, é a unidade de grandeza física que quantifica potência, 1 miliwatt é 0,001 watt) e tempo de administração de aproximadamente 20 min/dia (WATANABE, YOSHINOBU, 2010).

2.7 Como ocorre a estimulação por LIPUS

De acordo com a lei de Wolff, as células ósseas são depositadas ao longo de uma linha de estresse presente no osso e são reabsorvidas onde tem nenhum ou menor estresse. Ou seja, um estresse físico ou a falta dele pode influenciar diretamente a remodelagem óssea (FONSECA *et al*, 2010).

Após o sinal sair do transdutor do aparelho LIPUS, penetra no tecido corporal para produzir seus efeitos. Em um experimento notou-se que o LIPUS pode chegar no local da fratura e causar um movimento. Nesse experimento com cadáveres humanos, o pesquisador fez uma osteotomia (cirurgia onde são feitos cortes no osso) em um osso, e foi usado um interferômetro a laser para medir o movimento no osso, enquanto o LIPUS foi utilizado. Nas bordas proximais e distais do osso verificaram um movimento de uma frequência de 1 kHz (10.000Hz), equiparando-se ao sinal do LIPUS. Concluiu-se então que o osso responde ao estímulo mecânico do aparelho produzindo um movimento chamado nano-movimento (HARRISON *et al*, 2016).

2.8 Transformação de um sinal mecânico para bioquímico/elétrico

O organismo tem a necessidade de um potencial elétrico para a reparação da lesão, a energia do ultrassom é usada para acelerar esse mecanismo elétrico nas células, acelera a corrente sanguínea e com isso acelerando também o reparo da lesão óssea. Um estudo mostra que o efeito piezoelétrico (efeito onde há uma resposta biológica causada por um estímulo mecânico) é produzido no osso ajudando a causar cargas

elétricas impostas, necessárias para uma consolidação óssea, uma continuidade de impulsos alcança o tecido ósseo e resulta no sinal elétrico como uma solução óssea, que regula o crescimento e estimula o metabolismo ósseo, o efeito piezoelétrico atrai osteoblastos para o local estimulado, o cálcio e outros minerais também são atraídos. (PÍPI, 2010).

Ao ser aplicado no local lesado, o LIPUS produz um nano-movimento local (o nano-movimento é um movimento 1000 menor que 1 milímetros) a partir das ondas de pressão que chega nos tecidos, esse nano-movimento é percebido por mecanorreceptores chamados integrinas (localizadas na membrana celular, são proteínas de adesão focal) e as ondas do ultrassom são convertidas pelas integrinas para serem entendidas pelas células, o sinal mecânico do LIPUS é transformado em sinal bioquímico nas células. Uma proteína também importante para a transformação dos sinais é a FAK (quinase de adesão focal). O LIPUS demonstrou ser capaz também de multiplicar as integrinas expressas nas células (HARRISON *et al*, 2016; PALANISAMY *et al*, 2022).

Essas vias metabólicas, das integrinas e FAK, enviam para moléculas presentes na lesão um comando para começar uma estimulação de produção de COX2 (Ciclo-oxigenase-2, tem o papel de manter o organismo do corpo em homeostase) nas células. A secreção da PGE2 (prostaglandina E2, é um ácido graxo modificado, deriva dos lipídeos da membrana plasmática celular e agem de diversas formas nas atividades orgânicas do corpo um deles é o processo inflamatório) também foi aumentada em decorrência do aumento da COX2. Todos os efeitos acima podem ser associados com uma correta mineralização, causa pela aplicação do LIPUS. (HARRISON *et al*, 2016; PALANISAMY *et al*, 2022).

A restringência de COX2 pelo consumo de anti-inflamatórios não esteroides implica no ajuste das fraturas. Quando houve tratamento das células, que foram incitadas pelo LIPUS, com inibidores químicos, anti-inflamatórios, sendo utilizados, a atuação da COX2 foi reduzida (HARRISON *et al*, 2016; HARRISON, ALT, 2021).

2.9 LIPUS agindo na angiogênese e remodelação endocondral

A angiogênese se trata de um processo de proliferação e migração de células endoteliais (células presentes no interior dos vasos sanguíneos). Há vários fatores de

crescimento relacionados a esse processo angiogênico, como o crescimento de fibroblastos, de proteínas morfogênicas ósseas, de endotélio vascular e interleucinas (proteínas produzidas por leucócitos envolvidas com o sistema imune), e o fator de crescimento transformador. A angiogênese é resumidamente a formação de novos vasos sanguíneos. O LIPUS é um agente estimulador no processo de angiogênese. O LIPUS atua através das vibrações sonoras no aumento do fluxo sanguíneo, aumento dos genes angiogênicos, aumento do fator de crescimento endotelial vascular que forma novos vasos sanguíneos na lesão (PALANISAMY *et al*, 2021; HARRISON *et al*, 2016).

A vascularização no local fraturado é essencial para que ocorra uma remodelação endocondral. O LIPUS tem o efeito de tonificar a ossificação endocondral, processo onde as células mesodérmicas se modificam em células produtoras de cartilagem, anteriormente a formação do osso propriamente dito. A correta estimulação da COX2, pelo LIPUS, conduz expressão de genes osteogênicos, que por sua vez vão estimular a mineralização (processo cíclico onde há produção e reabsorção) que leva a ossificação endocondral que vai conseqüentemente reparar a lesão óssea. (PÍPI, 2010; HARRISON *et al*, 2016; JUNQUEIRA, CARNEIRO, ABRAHAMSOHN, 2017).

2.10 Células osteogênicas

O osso é composto por camadas e em suas camadas de tecido conjuntivo há as células osteogênicas. Na camada mais interna, as células osteoprogenitoras, derivadas do mesênquima (tecido conjuntivo primitivo que forma todos os tecidos conjuntivos), se multiplicam e se diferenciam formando osteoblastos, que quando devidamente estimulados, vão atuar no crescimento do osso, remodelação e reparo de fraturas (CORNELL & LANE, 1990; JUNQUEIRA, CARNEIRO, ABRAHAMSOHN, 2017).

O osteoblastos são células envolvidas na formação óssea conseqüente de corpúsculo osteoprogenitoras mesenquimais. Sendo responsáveis pela síntese da matriz óssea extracelular (colágeno tipo1, proteoglicanas e glicoproteínas) regulando a mineralização desta matriz. Também é responsável por secreção de colágeno e outras substâncias fundamentais que compõem o osso inicial conhecido como osso imaturo (AGUILA, ROWE, 2005; KARSENTY *et al.*, 2000; GARIMELLA *et al.*, 2008; WARIS *et al*, 2013).

Osteócitos são considerados células do osso já formado e estão completamente cercado por matriz óssea dentro de espaços isolados, responsáveis pela nutrição óssea (CARVALHO & COLLARES- BUZATO, 2005; WARIS *et al*, 2013).

Osteoclastos células multinucleadas de 6 a 12 núcleos, formadas a partir da fusão das células progenitoras mononucleares da linhagem dos monócitos/macrófagos e sua função principal é promover reabsorção óssea (GARTINER & HIATT, 2003; CARVALHO & COLLARES-BUZATO, 2005).

Quando é aplicado uma estimulação mecânica no osso ocorre uma deformação de materiais orgânicos, isso desencadeia uma fabricação de potenciais elétricos nas células que estimulam osteoblastos e os osteoclastos, que vão responder com uma diminuição ou aumento do desenvolvimento ou absorção do tecido (PÍPI, 2010).

Dois estudos em humanos de LIPUS na estimulação de células osteogênicas, mostrou que ambos foram semelhantes, mostrando um aumento de fosfatase alcalina (é definida como um marcador sérico para a construção de osso osteoblástico) e esse aumento exibiu-se progressivo no decorrer dos dias na presença da utilização do LIPUS. Foi observado que, houve uma secreção de osteocalcina (proteína não colagenosa, deriva dos osteoblastos durante a formação do osso, se envolve na regulação da maturação óssea) e a presença de outros genes importantes para os osteoblastos, e que o LIPUS auxiliou na diferenciação das células osteogênicas (HARRISON *et al*, 2016).

2.11 Formação do calo ósseo

Para ser considerado um osso consolidado, a fratura deve apresentar aspectos como a ausência de dores, não apresenta movimento ou crepitações e córtices de ponte visíveis nos exames radiográficos (SILVA *et al*, 2020).

O calo ósseo é uma tecido endurecido que se aloja ao redor da área de uma fratura, células como os osteoblastos e condroblastos (um tipo de célula jovens que tem função de síntese de elementos da cartilagem), fazem parte desse processo. Os condroblastos são quem atuam no crescimento da matriz cartilaginosa através dos condrócitos, na fase do calo mole. E os osteoblastos são quem produzem uma substancia para produção óssea do calo duro. Os osteoclastos por sua vez, vão trabalhar na reabsorção do tecido ósseo para cessar a cicatrização da lesão, e o calo ósseo é

transformado na forma original óssea. O LIPUS pode atuar nessa fase final auxiliando na formação do calo ósseo e aumentando o trabalho de reabsorção (PALANISAMY *et al*, 2022).

3 MÉTODO

3.1 Tipo de revisão, período da pesquisa, restrição linguística e temporal.

Esta revisão sistemática se trata de uma pesquisa que usa como fonte de dados a literatura científica sobre o tema proposto. Através de uma busca com métodos explícitos e sistematizados foi feita uma investigação e uma revisão das evidências. Nessa revisão foi feita uma síntese das informações selecionadas e uma análise crítica. Foram realizadas as pesquisas nas bases de dados em outubro de 2022. Nas pesquisas não foram feitas restrição de linguagem, porém a maioria dos artigos eram nos idiomas inglês, português e espanhol. Não foi realizada nenhuma restrição quanto à data de publicação dos estudos encontrados.

3.2 Bases de dados, descritores e estratégia de busca.

Os artigos foram pesquisados nas bases de dados *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE) via PubMed, *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro), Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) via BVS e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Os operadores booleanos (AND) e (OR) foram utilizados para combinação dos descritores, segundo o “Descritores em Ciências da Saúde” (DeCS) os descritores foram “LIPUS”, “Fractures”, “Consolidation”, “Bone”, “Fracture”, “Low Intensity Pulsed Ultrasound”, “Fracture Healing”, e o *Medical Subject Headings* (MeSH), os descritores foram “Ultrasonic Waves”, “Bone Fracture”, “Bone Healing”, “Bone Consolidation”, como mostra no quadro 1.

Quadro 1 – Estratégia de busca

Base de dados	Estratégia de busca
MEDLINE via PubMed	<i>(Ultrasonic Waves) AND (Bone Fracture)</i> <i>(Low Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS)) AND (Bone Fracture)</i> <i>(Ultrasonic Waves) AND (Bone Healing) OR (Bone Consolidation)</i> <i>(Low Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS)) AND (Bone Healing)</i> <i>OR (Bone Consolidation)</i> <i>(LIPUS) AND (Fractures)</i> <i>(LIPUS) AND (Fractures) AND (Consolidation)</i>

	<i>(LIPUS) AND (Bone) AND (Consolidation)</i> <i>(LIPUS) AND (Fracture)</i>
LILACS via BVS	<i>(LIPUS) AND (Fractures)</i> <i>(LIPUS) AND (Fractures) AND (Consolidation)</i> <i>(LIPUS) AND (Bone) AND (Consolidation)</i> <i>(LIPUS) AND (Fracture)</i>
PEDro	<i>LIPUS AND Fractures</i> <i>LIPUS AND Bone</i>
SciELO	<i>Low Intensity Pulsed Ultrasound</i> <i>Low Intensity Pulsed Ultrasound AND Bone</i> <i>LIPUS AND Bone</i> <i>LIPUS AND Fracture Healing</i>

Fonte: autoria própria.

3.3 Realização das buscas e seleção dos estudos.

Foram realizadas as buscas por artigos nas bases de dados por dois revisores separadamente, e um terceiro revisor foi consultado em caso de discordância. Foram utilizados os descritores em inglês e os filtros para textos gratuitos e ensaios clínicos. Foram selecionados ensaios clínicos primeiramente pelo título e resumo, em seguida foram lidos na íntegra sendo observado se atendiam aos critérios de elegibilidade.

3.4 Critérios de elegibilidade (PICOT)

Os critérios de elegibilidade para o tema dessa revisão foi: a população de pacientes com fratura não consolidada; a intervenção foi a utilização do LIPUS nas fraturas ainda não consolidadas; o controle não foi pré-determinado; e os desfechos foram relacionados à consolidação das fraturas e a aceleração da consolidação de fraturas. O tipo de estudo utilizado nessa revisão sistemática foram estudos de ensaio clínico.

3.5 Características dos estudos incluídos e avaliação do risco de viés

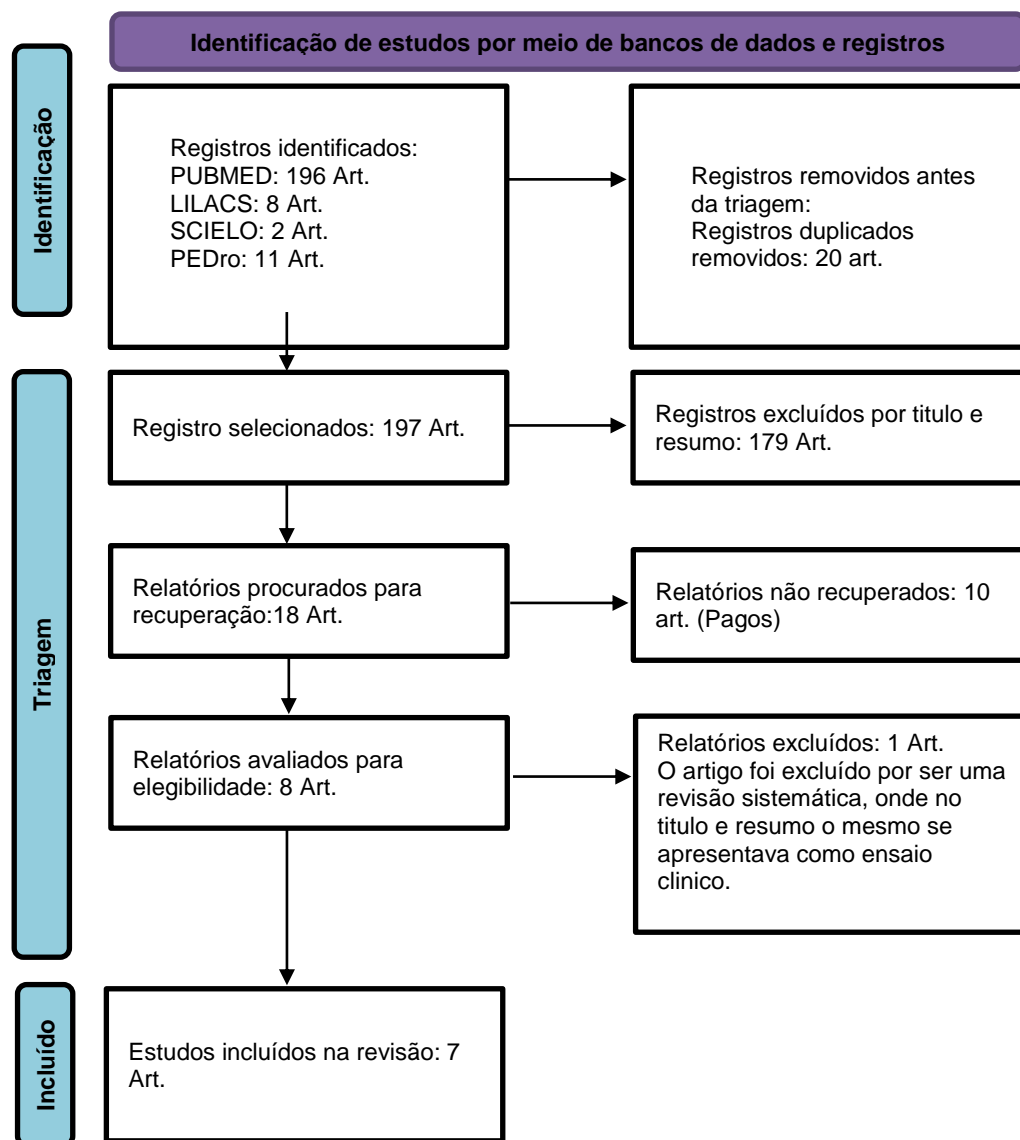
Nas características dos estudos clínicos incluídos, tem o LIPUS como intervenção principal estudada, sendo aplicado em diferentes tipos de ossos fraturados, independente do tipo de fratura, observando sua eficácia na cicatrização, redução do tempo e

aceleração de recuperação e aumento do trabalho cicatricial. O risco de viés foi avaliado através de um instrumento: ferramenta da colaboração Cochrane. Serão avaliados nessa ferramenta os sete domínios denominados de geração da sequência aleatória, ocultação da alocação, cegamento de participantes e profissionais, cegamento de avaliadores de desfecho, desfechos incompletos, relato de desfecho seletivo e outras fontes de viés. Os quais vão ser classificados com baixo risco de viés, alto risco de viés ou risco de viés incerto.

4 RESULTADOS

Diante de várias buscas realizadas nas bases de dados (PUBMED, LILACS, SCIELO, PEDro), obteve-se um percentual de resultados digamos que bom para a realização do trabalho, porém, dentre os artigos, foram escolhidos aqueles que realmente faziam jus ao tema abordado segundo os critérios de elegibilidade.

Quadro 2 – Fluxograma



PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases, registers and other sources.

No quadro 2 de fluxograma, a primeira busca na base de dados PUBMED, foi encontrado um total de 196 artigos, já nas bases de dados citadas adiante encontrou-se um percentual menor do que a primeira base pesquisada, no LILACS foi achado um

total de 8 artigos, SCIELO 2 artigos e PEDro 11 artigos. Em todas as bases de dados os termos pesquisados foram filtrados por ensaio clínico e texto completo e grátis.

Dentre esse total de resultados foram removidos 20 artigos por serem duplicados, obtendo um resultado de 197 artigos. Destes, 179 artigos foram excluídos por título e resumo. Na realização de procura para artigos recuperados, foram encontrados 18 artigos, 10 não conseguiram ser recuperados por motivo de serem artigos pagos, mesmo que o filtro de texto gratuito tenha bloqueado os artigos na base de dados da PUBMED, nas outras bases de dados não existia ou não foi encontrado esse tipo de filtro, surgindo artigos pagos na busca, restando assim 8 artigos que se encaixavam nos critérios de elegibilidade. Foram lidos na íntegra e após a leitura houve a exclusão de mais 1 artigo, por ser uma revisão sistemática onde no título e resumo se apresentava como ensaio clínico. Portanto, foram incluídos na revisão deste trabalho 7 artigos, que se enquadra nos critérios de elegibilidade e aborda todo o assunto desejado.

Quadro 3 – Características dos estudos incluídos

Autor (data)	Tipo de estudo	População	Grupos e amostras	Tratamento do grupo controle	Tratamento do grupo intervenção	Tempo, duração, frequência...
Rodriguez et al. 2019	Ensaio clínico duplo-cego, randomizado, controlado e competitivo.	Pacientes adultos com fratura de costela.	102 pacientes inscritos e apenas 51 analisados. No grupo controle, 23 pacientes, 18 homens e 5 mulheres, com idade média de 58,9 a 17,3 anos. No grupo de tratamento, 24 pacientes, 13 homens e 11 mulheres, com idade média de 64 a 13,1 anos.	Foram tratados com um LIPUS sem emissão por 1min/cm ² .	Foram tratados com um transdutor LIPUS de frequência 1 MHz, intensidade de 0,5W/cm ² , por 1 min/cm ² .	Aplicado por 20 dias uteis consecutivos, por 1 min/cm ² . Pacientes foram acompanhados por 6 meses.
Liu et al. 2014	Ensaio clínico prospectivo e randomizado.	Pacientes adultos com fratura do radio distal.	81 pacientes com idade média entre 65 e 67 anos, divididos em grupo de tratamento sendo 4 homens e 37 mulheres, o grupo controle sendo 5 homens e 35 mulheres.	Tratados com imobilização de suporte de gesso.	Tratados com imobilização de gesso na posição de flexão palmar e LIPUS, após 2 semanas o gesso foi reduzido para região abaixo do cotovelo.	Aplicado por 15 min em dias consecutivos.
Busse et al. 2016	Ensaio clínico multicêntrico, randomizado, cego, controlado	Pacientes com fraturas na tíbia passível de fixação com haste.	599 eram elegíveis, 501 pacientes foram inscritos. Com 156 mulheres e 345 homens. No grupo controle 251 pacientes com idade média 39,1 anos, 75 mulheres e 176 homens, e no grupo tratamento 250 pacientes com idade média de 37,1 anos, 81 mulheres e 169 homens.	Foi utilizado um aparelho semelhante ao LIPUS porem sem emissão.	O LIPUS foi usado 20 min por dia com intensidade de 30 mW/cm ² .	20 min/ dia. Até a cicatrização da fratura ou até 52 semanas. Acompanhados por 1 ano.
Salem, Schmelz. 2014	Ensaio clínico randomizado.	Pacientes que sofreram fratura cominutiva da tíbia, submetidos a distração do calo.	21 pacientes acima de 18 anos. No grupo controle 9 pacientes, 6 homens e 3 mulheres com idade média de 29 anos. E no grupo tratamento 12 pacientes homens, com idade média 32 anos.	Não usaram o LIPUS como tratamento.	Usaram o LIPUS uma vez por dia por 20 min, frequência de 1,5 MHz, e largura de pulso de 200 μ s, intensidade 30mW/cm ² .	Usado uma vez ao dia por 20 min sem interrupções, ou seja todos os dias.

Busse et al. 2014	Ensaio clinico piloto randomizado cego multicêntrico.	Pacientes adultos com fratura de tibia cirurgicamente tratada	De 484 pacientes foram selecionados 51 pacientes, homens ou mulheres, acima de 18 anos. No grupo controle 28 pacientes, idade media de 39,6 anos, com 7 mulheres, e 21 homens. E no grupo tratamento 23 pacientes, com idade media de 39,0 anos, com 5 mulheres e 18 homens.	Tratados com um dispositivo LIPUS falso.	Foram tratados com o LIPUS, aplicado por 20 min ao dia, de forma continua.	O LIPUS foi usado de forma continua, aplicado por 20 min ao dia, até cicatrizar a fratura ou ate 52 semanas. Pacientes foram analisados por 1 ano.
Schofer et al. 2010	Ensaio clinico multicêntrico randomizado.	Pacientes adultos com fratura do eixo tibial.	51 pacientes com idade media de 45 anos no grupo de estudo. 50 pacientes com idade media de 43 anos no grupo controle.	Tratamento com dispositivo simulado não operatório idêntico.	Tratamento realizado com LIPUS nos parametros frequência 1,5 MHz, 200 μ s, intensidade de 30 mW/cm ² .	Aplicado por 16 semanas em dias consecutivos por 20 min.
Patel et al. 2015	Ensaio clinico	Pacientes jovens com fratura mandibular.	28 pacientes jovens com idade entre 15 a 35 anos, divididos em grupo de estudo sendo 4 mulheres e 10 homens, e grupo controle sendo 3 mulheres e 11 homens.	Tratados apenas com o FMI(Fixação Intermaxilar) pos operatório	Tratados com terapia de ultrassom de baixa intensidade com frequência de 1 MHz, com intensidade de 1,5 W/cm ² após o FMI.	Aproximadamente 12 semanas de terapia foram aplicadas em 24 dias alternados por 5 min/cm ² .

Fonte: autoria própria.

No quadro 3, de características dos estudos incluídos, foram abordados os seguintes termos: autor e data, tipo de estudo, população, grupos e amostras, tratamento do grupo controle, tratamento do grupo intervenção, tempo, duração e frequência realizados pelos estudos. Rodriguez et al, 2019 realizaram um estudo de ensaio clínico, recrutamento duplo cego, randomizado, controlado e competitivo em pacientes adultos portadores de fratura de costela, onde 102 foram inscritos porém apenas 51 foram analisados. No tratamento do grupo controle 23 pacientes dentre eles homens e mulheres foram tratados com LIPUS sem emissão por 1min/cm², já o grupo de intervenção composto por 24 pacientes(homens e mulheres) foram tratados com um transdutor de LIPUS com frequência de 1 Mhz, intensidade de 0,5 W/cm² e largura de pulso de 10 µs por 1 min/cm². O tratamento foi aplicado por 20 dias úteis consecutivos e os pacientes acompanhados por 6 meses.

Liu et al, 2014 realizaram um estudo de ensaio clínico prospectivo e randomizado, em pacientes adultos com fratura do rádio distal, foram incluídos 81 pacientes do sexo masculino e feminino divididos em dois grupos, tratamento e controle. No grupo controle o tratamento foi realizado a imobilização com suporte de gesso e no grupo intervenção o tratamento foi com a imobilização com o gesso e LIPUS, aplicado por 15 minutos em dias consecutivos.

Busse et al, 2016 realizaram ensaio clínico multicêntrico randomizado, cego e controlado em uma população de pacientes com fratura na tíbia, 501 pacientes foram inscritos e divididos em dois tipos de grupos, o grupo de estudo e o grupo de controle. No grupo de controle o tratamento foi realizado por meio de um aparelho semelhante ao LIPUS, porém não possui emissão, já no grupo de tratamento, foi realizado com o LIPUS por 20 minutos por dia até a cicatrização da fratura ou até 52 semanas e foram acompanhados por 1 ano.

Salem, Schmelz, 2014, realizaram um ensaio clínico randomizado em pacientes portadores de fratura cominutiva da tíbia submetidos a distração do calo. Ele selecionou 21 pacientes acima de 18 anos e dividiu em 2 grupos, no grupo controle não usou o LIPUS como tratamento, já no grupo de intervenção usou o LIPUS uma vez ao dia por 20 minutos todos os dias. Busse et al 2014, realizaram um estudo de ensaio clínico piloto, randomizado, cego e multicêntrico, em pacientes adultos com fratura da tíbia cirurgicamente tratada. Foram selecionados 51 pacientes homens e mulheres com idade

média de 39 anos, no grupo controle foi utilizado para o tratamento um aparelho de LIPUS falso, no grupo de tratamento, utilizou-se o LIPUS, o mesmo foi realizado de forma contínua aplicado por 20 minutos ao dia até cicatrizar a fratura ou 52 semanas, pacientes foram acompanhados por 1 ano.

Schofer et al 2010, realizaram um ensaio clínico multicêntrico randomizado em pacientes adultos com fratura no eixo tibial, 101 pacientes foram selecionados e divididos em dois grupos, 51 pacientes no grupo de estudo e 50 pacientes no grupo controle. O grupo de controle foi tratado com um dispositivo simulado não operário idêntico, e o grupo de estudo foi tratado com o LIPUS. O tratamento foi realizado por 16 semanas em dias consecutivos por 20 minutos.

Patel et al 2015 realizaram um ensaio clínico em uma população de pacientes jovens com fratura da mandíbula, foi selecionados 28 pacientes com idade médias entre 15 e 35 anos(homens e mulheres), os pacientes foram divididos em 2 grupos. Grupo controle foi tratado apenas com FMI (Fixação Intermaxilar) pós operatório, e o grupo de estudo foi tratado com o LIPUS e FMI. O tratamento foi realizado em 24 dias alternados por 5 min/cm².

Quadro 4 - Resultados

Autor e data	Desfechos	Métodos de avaliação	Resultados
Rodríguez et al. 2019.	Aumento da cicatrização de fraturas nas costelas.	Coleta de dados por questionários e ficha de avaliação sobre os desfechos abordados e radiografia de tórax.	O LIPUS acelerou significativamente a cicatrização do calo no mês 1 (P = 0,013) e mês 3 (P <0,001).
Liu et al.,2014.	Cicatrização de fraturas.	Análise por raios X e classificação de Lidstrom para deformidades, teste físico de dor, sensibilidade e movimento.	O tempo de consolidação da fraturas no grupo de ultrassom foi significativamente mais curto do que o grupo de controle.
Busse et al. 2016.	Cicatrização da fratura.	Fotografia digitais e imagens de raio X, sistema de escala de união radiográfica e entrevistas.	O uso pós-operatório de LIPUS após a fixação de fratura tíbia não acelera a cura radiográfica.
Salem et al. 2014.	Redução do tempo de tratamento para distração óssea.	Radiografias, e um programa de avaliação Applicare Medical Imaging BV (RADWorks Review 2.1) para medir densidade radiográfica.	O LIPUS é eficaz para aumentar a maturação do calo na distração osteogênica.
Busse et al. 2014.	Reavaliar LIPUS na consolidação de fraturas.	Questionário (PCS) do SF-36	A análise de variância descobriu que o tratamento com LIPUS versus terapia simulada não foi significativamente associado à melhora nos escores. O estudo pontuou SF-36 PCS (tempo × interação de tratamento, P = 0,27), pontuações HUI-III (tempo × interação de tratamento, P = 0,31) , ou pontuações RUST (tempo × interação de tratamento, P = 0,53).


















































Schofer et al. 2010.	Cicatrização de uniões tardias.	Radiografias quantitativas de BMD e a área de lacuna.	A redução média na área do gap ósseo melhorou com o tratamento com LIPUS (p = 0,014).
Patel et al. 2015.	Cicatrização de fratura.	Radiografias.	Mostrou que a aplicação do ultrassom terapêutico controlado como uma modalidade de tratamento, é eficaz para acelerar a cicatrização de fraturas mandibulares frescas e minimamente deslocadas.

Fonte: autoria própria.

No quadro 4, podemos observar que todos os estudos incluídos avaliaram como desfecho a consolidação e cicatrização de fraturas, entre outros desfechos, usando métodos diferenciados porém semelhantes, Rodriguez et al 2019, usou a coleta de dados por questionários, uma ficha de avaliação e radiografia de tórax. Liu et al 2014 fez a análise por raios X e classificação de Lidstrom para deformidades, teste físico de dor, sensibilidade e movimento. Busse et al 2016 usou de fotografias digitais e imagens de raio X, sistema de escala de união radiográfica e entrevistas. Salem et al 2014 utilizou radiografias, e um programa de avaliação (RADWorks Review 2.1) para medir densidade radiográfica. Como Busse et al 2014 foi um estudo de reavaliação ele utilizou de um questionário (PCS) do SF-36. Schofer et al 2010 usou radiografias quantitativas de BMD e a área de lacuna. E Patel et al 2015 usou radiografias.

A maioria dos resultados foram positivos mostrando boa eficácia do LIPUS, como o estudo de Rodrigues et al 2019, onde o LIPUS diminuiu de forma significativa a dor no 1º, 3º e 6º mês, acelerou a cicatrização e também o retorno a atividade física e laboral como também na diminuição de ingestão de analgésicos. Liu et al 2014, a consolidação foi acelerada e o valor cinza nas radiografias foram maiores no grupo LIPUS. Busse et al 2016, relatou que o LIPUS em pós operatório de fixação de tíbia não acelera a consolidação da fratura. Salem et al 2014, relatou que o LIPUS teve efeito positivo na distração osteogênica. Busse et al 2014 não mostrou diferenças significativas entre os grupos controle e LIPUS nas escalas SF-36, HUI-III e RUST. Schofer et al 2010, indica que a densidade mineral óssea foi de 90 % maior no grupo LIPUS, também reduziu a área do gap ósseo. Por fim, Patel et al 2015, demonstrou um protocolo para o uso de LIPUS, que se mostrou eficaz.

Quadro 5 – Avaliação do risco de viés

Nome dos autores e ano	Geração de sequência aleatória	Ocultação de alocação	Cegamento de participantes e profissionais	Cegamento de avaliadores de desfecho	Desfechos incompletos	Relato de desfecho seletivo	Outras fontes de viés
Rodríguez et al. 2018							
Liu et al. 2014							
Busse et al. 2016							
Salem, Schmelz. 2014							
Busse et al. 2014							
Schofer et al. 2010							
Patel et al. 2015							

 Baixo risco de viés  Alto risco de viés  Risco de viés incerto Fonte: autoria própria.

Em relação ao viés, o risco do mesmo foi avaliado segundo a ferramenta de colaboração Cochrane, essa ferramenta é dividida em domínios para avaliação crítica de cada questão separadamente. A maioria dos estudos não apresentou alto risco de viés, se mostrando mais incertos por não haver informações suficientes para definir os domínios. Porém também foi observado em todos bons resultados pontuando baixo risco de viés. Os domínios mais incertos presentes nos artigos foram o de relato de desfecho seletivo e ocultação de alocação. O domínio com menos risco de viés foi o de outras fontes de viés. E o único de alto risco de viés presente na tabela foi para geração de sequencia aleatória. O estudo de Schofer mostrou baixo risco de viés em todos os domínios. No estudo de Salem, Schmelz 2014 e também o estudo de Liu et al,2014, mostrou alta taxa de risco viés incerto.

5 DISCUSSÃO

Nos resultados dessa revisão o LIPUS mostrou boas evidências para diminuir dor, acelerou o retorno a atividade física em Rodriguez et al, 2019, mostrou que o valor cinza nas radiografias são maiores nos pacientes tratados como LIPUS em Liu et al, 2014, é capaz de aumentar a maturação do calo nas distrações osteogênicas em Salem et al, 2014, melhora a densidade mineral óssea dos pacientes, também reduz a área de gap em Schofer et al, 2010, acelerou o tempo para cicatrização/consolidação das fraturas em Rodriguez et al, 2019; Liu et al, 2014; Salem et al, 2014; Schofer et al, 2010 e Patel et al, 2015, diminuindo a ingestão de analgésicos em Rodriguez et al, 2019. Todos esses efeitos foram observados nos grupos LIPUS em comparação aos grupos controle. Porém, em Busse et al, 2014, foi notado que não houve diferenças significativas entre o grupo LIPUS e grupo controle nas escalas de avaliação de SF-36 PCS, HUI-III, e RUST, e outro estudo como Busse et al, 2016 mostrou que o LIPUS não é capaz de auxiliar na aceleração da consolidação no pós-operatório de fixação de fraturas da tíbia.

A população dos estudos foi variada, recrutando pessoas de varias idades, pois o foco dos estudos eram as fraturas. As idades variaram de jovens a idosos, os estudos determinaram uma idade média nas amostras, outros estudos não definiram uma idade média. A variedade da idade não mostrou diferenças entre os resultados, pois nos estudos que não tiveram respostas positivas a amostra foi de pacientes com media de 38 e 39 anos, em Busse et al 2016 e Busse et al 2014 respectivamente, uma media razoável, não podendo ter implicância com os resultados negativos, pois mesmo no estudo de Liu et al 2014 com a idade media de 67 anos de idade os resultados foram positivos.

A maior parte dos estudos usou uma boa quantidade de paciente nas amostras, com 51, 81, 51 e 51 pacientes em Rodriguez et al 2019, Liu et al 2014, Busse et al 2014, e Schofer et al 2010, respectivamente. Outros com uma amostra pequena de 28 e 21 pacientes em Patel et al 2015, Salem e Schmelz 2014, respectivamente. E um dos estudos mostrou uma amostra grande com 501 pacientes em Busse et al, 2016. Todos os estudos tiveram perdas de amostra, e os números citados acima são as quantidades finais das amostras ao fim dos estudos. As evidências para o número da amostra se mostra meio controverso nos resultados, pois os resultados positivos tiveram amostras medias e pequenas, e os negativos, que foram apenas 2, apresentaram uma amostra grande e media.

Alguns estudos não especificaram todos os parâmetros, mas nota-se que os parâmetros variam muito para cada estudo, isso pode ser explicado por cada estudo tratar fraturas em locais diferentes como, fratura de costela, mandíbula, tíbia e rádio. Nos estudos de Rodriguez et al,2019 e Patel et al,2015 que estudam as fratura em costela e mandíbula respectivamente, optaram por uma aplicação de tempo menor. Nos estudos de fratura na tíbia como Busse et al 2016, Salem et al 2014, Busse et al 2014 e Schofer et al 2010 o tempo de aplicação foi fixo de 20 min por dia, sendo um parâmetro considerado adequado pelos estudos.

Os grupos controle em alguns estudos como os de Rodriguez et al, 2019, Busse et al, 2016, Busse et al, 2014, Schofer et al, 2010, usaram um aparelho semelhante ao LIPUS para usar no controle, porem sem emissão de onda. Outros estudos não usaram aparelho semelhante, apenas o tratamento tradicional para fraturas como Liu et al, 2014, Salem, Schmelz, 2014, Patel et al, 2015.

Todos os estudos apresentaram os desfechos elegidos nessa revisão, a consolidação de fraturas ou se o LIPUS pode acelerar o tempo de cicatrização. Outros desfechos foram avaliados nos ensaios clínicos como redução de dor, redução da incapacidade, aceleração da volta a atividade física e de trabalho, diminuição da ingestão analgésicos, retorno a atividades domesticas e de lazer redução para o tempo de cicatrização da distração óssea. Os desfechos acrescentados foram interessantes, mostrando que na fratura podemos observar incapacidades além da fratura em si.

Os métodos de avaliação em todos os estudos, não foram bem detalhados, podemos citar as radiografias, que são necessárias e mais eficazes para avaliar o calo ósseo, e estiveram presentes em todas as avaliações, algumas radiografias foram analisadas também por um programa de computador. Outros métodos de avaliação foram questionários específicos de cada estudo, ficha de avaliação, classificação de Lidstrom, teste de dor, de sensibilidade e movimento, fotografias digitais, questionário PCS do SF-36. Os métodos de avaliação se mostraram eficazes para os resultados, e são semelhantes, pois a maioria usa radiografias e questionários.

Risco de viés nessa revisão mostrou-se mais incerto, porem temos estudos com resultados positivos como Busse et al, 2014 que marcou positivo para 6 domínios e Schofer et al, 2010 que marcou positivo em todos os domínios. Liu et al,2014 e Salem,

Schmelz, 2014 foram os piores estudos em relação ao risco de viés, marcando positivos para apenas 2 domínios no quadro. Os demais se mostraram ressoáveis.

Diante desses achados e em outros estudos originais vemos que o LIPUS tem efeitos na aceleração da consolidação de fraturas sendo usado da forma correta, pois dos estudos incluídos nessa revisão, nem todos seguiram os mesmos parâmetros para o tratamento das fraturas, podendo ter implicância nos resultados. Mas ao todo, os resultados foram mais positivos do que negativo.

Os estudos das bases científicas nos trazem boas evidências, seria viável novos estudos de ensaio clínico randomizado com parâmetros padronizados para cada local diferente de fratura, uma padronização poderia evitar resultados diferentes, amostras maiores seriam interessantes para os estudos pois a maioria dos ensaios possuem uma amostra razoavelmente média, apenas um estudo mostra uma amostra grande.

Fraturas são incapacitantes e podem gerar disfunção e diminuição da qualidade de vida. Uma boa cicatrização é essencial para a volta de atividades do dia a dia do paciente, e a aceleração do processo cicatricial pode diminuir perdas, portanto o LIPUS se faz um aliado que precisa ser mais estudado e mais incluído no tratamento das fraturas, viabilizado diminuir o tempo de assistência, de imobilização e da dor.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que para a aceleração na consolidação de fraturas o LIPUS demonstrou boa eficácia, também para dor, densidade mineral óssea e no retorno para atividades de vida diária. O LIPUS pode ser um aliado no tratamento das fraturas, porém não é popular. No futuro, próximos estudos podem trazer evidências mais concretas e exatas, com amostras maiores e mais diversidade em relação ao local de fratura.

REFERÊNCIAS

BUSSE, Jason et al. Trial to re-evaluate ultrasound in the treatment of tibial fractures (TRUST): a multicenter randomized pilot study. **Trials**, jun 2014. DOI: 10.1186/1745-6215-15-206. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24898987/>. Acesso em: 11 nov 2022.

BUSSE, Jason et al. Re-evaluation of low intensity pulsed ultrasound in treatment of tibial fractures (TRUST): randomized clinical trial. **BMJ** 2016. DOI: 10.1136/bmj.i5351. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27797787/>.

Acesso em: 11 nov 2022.

CARINA, Valeria et al. Effect of Pow-Intensity Pulsed Ultrasound on Osteogenic Human Mesenchymal Stem Cells Commitment in a New Bone Scaffold. **Sage Diários**, v. 15, p. 215-222, jul/set 2017. DOI: 10.5301/jabfm.5000342. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28478615/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

FONSECA, Natalia et al. A Aplicabilidade do Ultrassom Terapêutico no Reparo Ósseo de Fraturas: Uma revisão bibliográfica. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**. vol 13, n. 18, p. 97-108, ano 2010. Disponível em: <https://repositorio.pgsskroton.com/bitstream/123456789/1179/1/artigo%206pdf.pdf>.

Acesso em: 11 nov.2022

HARRISON et al. Low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) for stimulation of bone healing – a narrative review. Artigo de comprimento total v. 52, supl. S91-S96,01, 01 de jun. 2021. DOI: 10.1016/j.injury.2021.05.002. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34020780/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

HARRISON, Andrew et al. Mode e mechanism of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) in fracture repair. *Ultrasonics*, v. 70, p. 45-52, ago. 2016. DOI: 10.1016/j.ultras.2016.03.016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/md1-27130989>. Acesso em: 11 nov. 2022.

LIU, Yinwen at al. Ultrasound treatment for accelerating fracture healing of the distal radius. A control study. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 29, nov. 2014. DOI: 10.1590/

S0102-86502014001800012. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25424299/>. Acesso em: 11 nov 2022.

NAMERA, Mohammad et al. Effectes of low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) applied on the temporomandibular joint (TMJ) region on the functional treatment of class II. **Dent Med Probl**, 2020. DOI: 10.17219/dmp/112321. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32307933/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

OLIVEIRA, Jarbas Rodrigues de. Efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade na proliferação e mineralização de pré-osteoblastos in vitro. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2332374>. Acesso em: 11 nov.2022.

OLIVEIRA, Priscila et al. Efeitos da terapia ultrassônica de baixa intensidade em cultura celular de fibroblastos. **Fisioter. Pesq.**, p. 112-118, Jun 2015. DOI: 10.590/1809-2950/12860222022015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-758051>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PATEL, Kiran et al. An Evaluation of the Effect of Therapeutic Ultrasound on Healing of Mandibular Fracture. **Craniomaxillofacial Trauma and Reconstruction**, v. 8. DOI: 10.1055/s-0034-1544104. Disponível em: <https://search.pedro.org.au/search-results/record-detail/60319>. Acesso: 11 nov 2022.

PALANISAMY, Poornima et al. Low-Intensity Pulsed Ultrasound Stimulation for Bone Fractures Healing- a review. **Jornal de ultrassom em medicina**, v. 41, p. 547-563, 05 maio 2021. DOI: 10.1002/jum.15738. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5626319/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PIPI, Elaine Favaro. Efeitos do laser terapêutico e do ultrassom pulsado de baixa intensidade na expressão de genes relacionados à diferenciação celular durante o processo de reparo ósseo, 2010. Orientadores: Profa. Dra. Ana Cláudia Muniz Renno, Profa. Dra. Heloísa S S de Araújo. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Faculdade de Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2010.

RODRÍGUEZ, Norberto. Pulsed Ultrasounds Reduce Pain and Disability, Increasing Rib Frature Healing, in a Randomized Controlled Trial. **Pain Medicine**, nov. 2018.

DOI: 10.1093/pm/pny224. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30496510/>. Acesso em: 11 nov 2022.

RF, Sampaio, MC, Mancini. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan/fev 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SALEM, Khaled et al. Low-intensity pulsed ultrasound shortens the treatment time in tibial distraction osteogenesis. **Ortopedia Internacional**, jan 2014. DOI: 10.1007/s00264-013-2254-1. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24390009/>. Acesso em: 11 nov 2022.

SILVA, Alagues Fernades et al. Aplicabilidade do ultra terapêutico em fraturas com atraso na consolidação: uma revisão integrativa . **Revista Uningá**, Maringá, v 57, n. 1, p. 1-10, jan/mar.2020, doi: 10.46311/2318-0579.57.1.001-010. disponível em: <https://revista.uninga.br/uninga/article/view/2974/2189>. acesso em: 11 nov.2022.

SILVA, Daniela. Alteração histológicas provocadas pelas ondas ultrassônicas contínuas de 1 MHz no disco epifisário em tibia de camundongo, 2013. Orientadores: Prof. Dr. José Wagner Cavalcante Muniz, Profa. Dra. Ana Rita P. Barcessat. Dissertação (Mestrado em ciência da saúde) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013.

SCHOFER, Markus et al. Improved healing response in delayed unions of the tibia with low-intensity pulsed ultrasound: results of a randomized sham-controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders** 2010. DOI: 10.1186/1471-2474-11-229. Disponível em: <https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-11-229>. Acesso em: 11 nov.2022

SOUZA, Marcela, SILVA, Michelly, CARVALHO, Rachel. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, jan/mar 2010. DOI: 10.1590/S1679-45082010RW1134. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?lang=pt#>. Acesso em: 11 nov. 2022.

WARIS, Cecília et al. A eficácia do ultrassom terapêutico pulsado na consolidação de fraturas – revisão sistemática. **Revista Paraense de Medicina**, v. 3, jul/set 2013. ID: lil-702825. Acesso em: 11 nov. 2022.