

LIPUS como auxílio na ortodontia

Luca Pili

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)**

Gandra, 3 de junho de 2022



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Luca Pili

**Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária
(Ciclo Integrado)**

LIPUS como auxílio na ortodontia

**Trabalho realizado sob a Orientação de Professora Doutora da
Primavera Conceição Martins de Sousa Santos**

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar por agradecer à minha família por me ter permitido estudar e obter este diploma. Em segundo lugar, gostaria de agradecer à minha orientadora, a Professora Primavera Conceição Martins de Sousa Santos, por me ter ajudado com a minha tese. Finalmente, gostaria de agradecer a toda a CESPU e aos professores que me ajudaram durante estes cinco anos de estudo e aprendizagem.



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

RESUMO

Existe uma procura cada vez maior para o tratamento ortodôntico fixo, mas a maior preocupação é o longo tempo de tratamento e desconforto associado ao movimento dentário. Este contém um processo complexo de reabsorção e deposição óssea em resposta à força mecânica aplicada externamente através de fios e braquetes ou alinhadores transparentes.

O LIPUS é um dispositivo portátil que provoca ondas de pressão acústica com frequências acima do limite auditivo humano, transmitidas através de tecido vivo, produzindo tensão micromecânica que aumenta a proliferação celular e o movimento dentário ortodôntico, acelerando assim o tratamento. Tem uma intensidade suficientemente baixa de forma a não ser considerado térmico ou destrutivo. Foi, de uma forma geral, considerado que o LIPUS não tem efeitos nocivos ou cancerígenos, não sendo percecionado e sendo fácil de usar.

Foi objetivado em vários estudos que o LIPUS proporciona um aumento estatisticamente significativo na taxa de movimento dentário, com um aumento percentual médio de 29% na taxa de movimento dentário em comparação com o grupo controlo, sendo que em alguns casos, aumentou num total de 50%. Nos casos em que o paciente usava Invisaling, a utilização de LIPUS permitiu que os alinhadores fossem mudados a cada 4 a 5 dias, quando, numa situação sem o seu uso, não foram mudados antes de 7 a 9 dias.

PALAVRAS-CHAVE

Ultra-som pulsado de baixa intensidade, ortodontia, ortodontia LIPUS, técnica



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ABSTRACT

More and more people are seeking fixed orthodontic treatment, but the main concern is the long course of treatment and the discomfort associated with tooth movement. The orthodontic tooth movement is a complex process of bone resorption and deposition in response to the mechanical force applied externally through wires and brackets or clear aligners.

Lipus is a portable device that causes acoustic pressure waves with frequencies above the human hearing limit, transmitted through living tissue, producing micromechanical tension that increases cell proliferation and orthodontic tooth movement, thus accelerating treatment. It has low intensity that it is not considered thermal or destructive; it is generally accepted that LIPUS has no harmful or carcinogenic effects, cannot be heard or felt and is easy to use.

It has been seen in studies that LIPUS provides a statistically significant increase in the rate of tooth movement, with an average percentage increase of 29% in the rate of tooth movement compared to the control group, and in some cases, increased by as much as 50%. In the Invisalign cases the use of LIPUS allowed the aligners to be changed every 4 to 5 days, where they were not normally changed before 7 to 9 days.

KEYWORDS

Low intensity pulsed ultrasound, orthodontic, LIPUS orthodontic, technique



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. METODOLOGIA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	4
4. RESULTADOS.....	7
5. DISCUSSÃO.....	11
5.1. Reabsorção radicular apical.....	11
5.1.1. Teoria "Pressão - Tensão".....	11
5.2. Atuação do LIPUS.....	12
5.2.1 Conformação do dispositivo.....	13
5.3 LIPUS em fraturas, remodelação óssea e crescimento mandibular.....	14
5.4. LIPUS como tratamento convencional.....	15
5.5. LIPUS em estudos.....	16
5.5.1. LIPUS em combinação com injeção intraóssea.....	16
5.6. LIPUS e Invisalign.....	17
6. CONCLUSÕES.....	19
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - resumo dos artigos..... 7

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de fluxo da estratégia de pesquisa usada 6



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

LIPUS: sistema de ultra-sons pulsados de baixa intensidade

OIGF: fibroblastos gengivais osteogénicos induzidos

BMP-2: proteína morfogenética óssea-2

OTM: movimento dentário ortodôntico

CTGF: fator de crescimento do tecido conjuntivo

CBCT: tomografia computadorizada de feixe cónico

PBM: fotobiomodulação

LLLT: terapia laser de baixo nível

RANK-L: ativador do recetor do fator nuclear kappa β -ligando

RUNX2: Fator de transcrição relacionado com runt 2

HGF: fator de crescimento dos hepatócitos



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a população é cada vez mais consciente das suas proporções dentofaciais e da estética facial. Existem cada vez mais pessoas a procurar um tratamento ortodôntico fixo, sendo a principal preocupação o longo curso do tratamento e o desconforto associado ao movimento dentário. O tratamento prolongado predispõe o paciente a uma maior incidência de cáries, lesões de mancha branca, gengivite, recessão gengival e reabsorção radicular.^(1,2,3)

Quase 99% dos pacientes experienciam alguma forma de desconforto. Os pacientes sentem dor e uma sensação de compressão e alongamento dos dentes afetados, o que compromete o desempenho mastigatório e a fala; estas são algumas das razões que levam os pacientes a deixar de cooperar e a tornar-se indiferentes aos resultados do tratamento. Desta forma, é uma preocupação encontrar uma abordagem que reduza a dor sem colocar em risco a remodelação óssea.⁽¹⁾

O movimento dentário ortodôntico é um processo complexo de reabsorção e deposição óssea em resposta à força mecânica, envolvendo alongamentos mecânicos cíclicos sequenciais dos ligamentos periodontais, produção de citocinas inflamatórias, diferenciação e multiplicação celular, seguido de remodelação do meio.⁽¹⁾

Apesar de terem sido realizados estudos de investigação muito limitados para avaliar os efeitos do LIPUS no movimento dentário ortodôntico, a sua potente eficácia clínica na cicatrização de tecidos moles e duros tem sido demonstrada no campo da medicina dentária, onde o LIPUS provoca ondas de pressão acústica com frequências acima do limite auditivo humano, transmitidas através de tecido vivo, produzindo tensão micromecânica que aumenta a proliferação celular e induzindo a diferenciação osteogénica e de fibroblastos, acelerando significativamente o movimento dentário ortodôntico, promovendo, assim, um tratamento mais curto, e aumentando a expressão de colagénio 1, fosfatase alcalina, osteoprotegerina e ativador recetor do fator nuclear kappa β -ligand (RANK-L). Também melhora o metabolismo celular e estimula, não só as células osteogénicas, mas também os cementoblastos que ajudam na

regeneração da raiz quando a reabsorção ocorre durante o tratamento ortodôntico.^(1,4,5,6)

O LIPUS é amplamente utilizado na medicina como instrumento terapêutico e de diagnóstico não invasivo e não farmacológico, sendo utilizado no campo médico há mais de seis décadas. É possível verificar a sua eficácia na regeneração óssea e na cura de fraturas, promovendo a diferenciação da célula de formação óssea e a formação de matriz extracelular através da modulação dos fatores de crescimento e outros fatores de sinalização. Quando o osso está fisiologicamente carregado, o fluido no espaço que rodeia as células ósseas produz uma tensão de cisalhamento que estimula diferentes linhas de células ósseas. O LIPUS funciona com base no princípio da mecanotransdução onde as ondas acústicas externas convertem a tensão de corte do fluido em alterações bioquímicas a nível celular.^(1,5,6,7)



2. OBJETIVOS

Realizar uma revisão sistemática para avaliar a função do LIPUS em combinação com a ortodontia, a fim de perceber se o seu uso pode melhorar e acelerar o tratamento nestes pacientes.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Critérios de inclusão e exclusão com estratégia PICOS

Foram utilizados os seguintes critérios para a seleção dos artigos:

População	Adolescentes e adultos de todas etnias e sexo, e animais (ratos e cães)
Intervenção	Efeito do LIPUS no tratamento ortodôntico
Comparação	Tratamento ortodôntico com LIPUS em comparação com o tratamento sem LIPUS (grupo de controle)
Resultados	O LIPUS acelera o movimento ortodôntico e promove a reparação radicular
Desenho dos estudos	Estudos clínicos (prospetivo, retrospectivo, randomizado)

Outros critérios

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Idioma Inglês, Português ou Italiano.	Idioma diferente do Inglês, Português ou Italiano.
Artigos publicados entre janeiro de 2012 e janeiro de 2022.	Artigos cujo título ou resumo não tenha relação com o tema em questão.
Artigos que se relacionem com os temas em questão.	Artigos que não permitiram o acesso a texto completo.

Seleção dos artigos

Foi realizada uma revisão da literatura sobre a utilização de LIPUS na ortodontia. A pesquisa foi realizada no *PubMed* (via *National Library of Medicine*). Foi usada a seguinte combinação de palavras de pesquisa na base de dados: ((lipus orthodontic) AND (technique)) e ((low intensity pulsed ultrasound) AND (orthodontic)).

Os critérios de inclusão englobaram artigos publicados na língua inglesa, portuguesa ou italiana, nos últimos 10 anos (de janeiro de 2012 a janeiro 2022), que abordassem a utilização de LIPUS na ortodontia numa população que engloba: adolescentes e adultos de todas etnias e sexo, e animais (ratos e cães).

Os artigos selecionados para cada combinação de palavras-chave foram introduzidos no *Mendeley* (programa utilizado para a realização de citações).

Os estudos foram selecionados, em primeiro lugar, pela relevância do título, e os resumos dos selecionados nesta fase foram avaliados, de modo a verificar se os mesmos se enquadravam dentro do tema de estudo. Finalmente todos os artigos selecionados foram lidos e analisados individualmente.

Foi também utilizado um artigo de apoio inerente ao tema na construção da discussão.

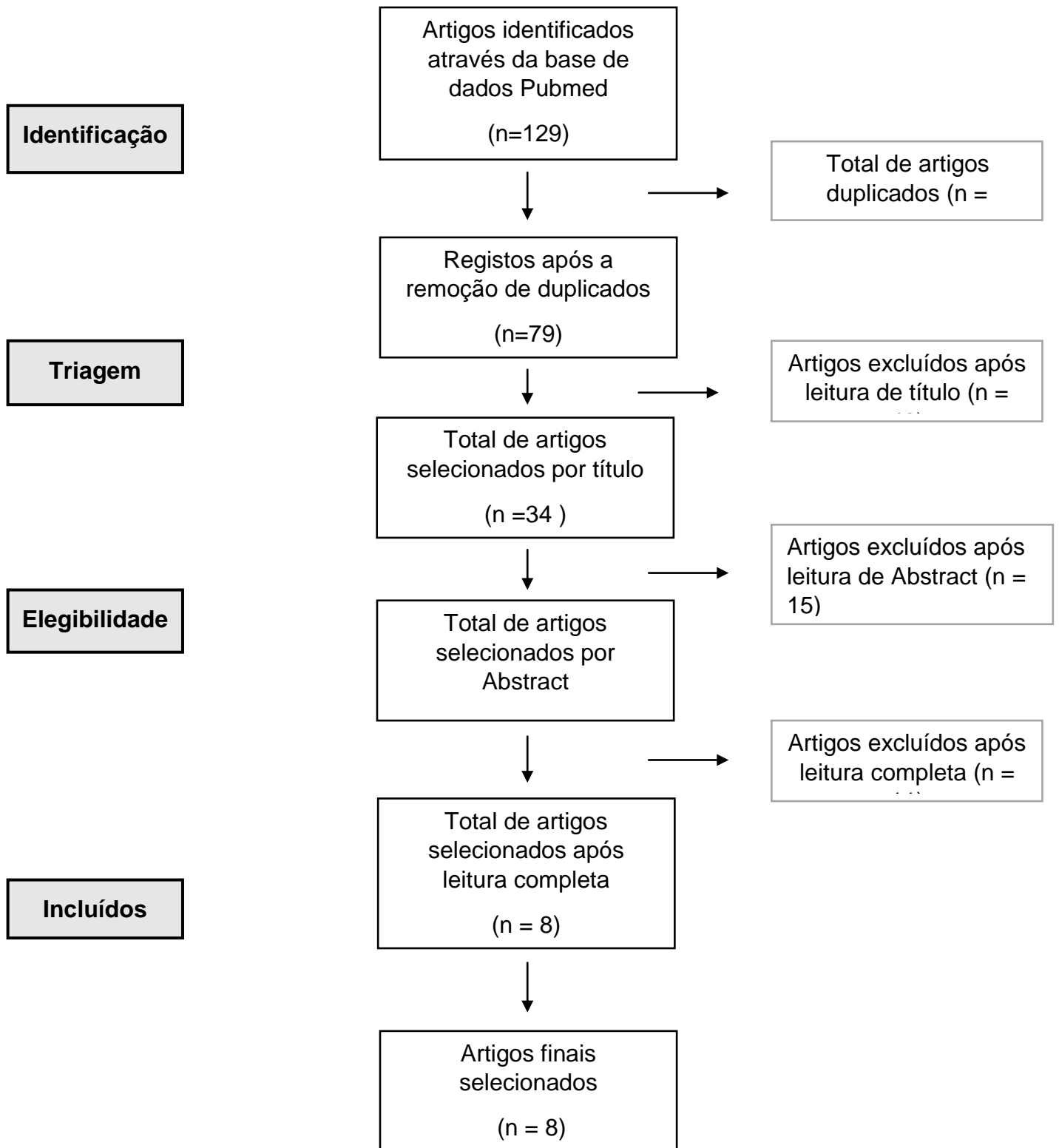


Figura 1. Diagrama de fluxo da metodologia de pesquisa usada neste estudo.

4. RESULTADOS

Autor/Ano	Objetivo	Grupo de estudo	Resultados	Conclusão
J. Crossman (2017) (4)	Investigar o efeito do LIPUS sobre o volume das lacunas de reabsorção radicular e espessura do cimento em cães beagle que receberam movimento dentário ortodôntico,	os grupos foram divididos em LIPUS, OIGF, OIGF + LIPUS, BMP-2 e controlo. Todos os grupos receberam 4 semanas de movimento corporal dos dentes, depois os grupos tratados com LIPUS receberam 20 min/dia durante 4 semanas, e os grupos tratados com OIGF receberam uma injeção de OIGF perto do ápice da raiz.	Não houve diferença significativa no volume de reabsorção entre os grupos de tratamento. LIPUS e OIGFs + LIPUS, aumentaram a espessura do cimento próximo do ápice. Além disso, o BMP2 aumentou a espessura do cimento no terço coronal do lado da compressão.	OIGF, LIPUS e BMP-2 podem ser tratamentos potenciais para a reabsorção radicular induzida pela ortodontia; contudo, são necessárias melhorias na conceção experimental e nos parâmetros de tratamento para investigar melhor estas modalidades de reparação.
I. Qamrudin (2021) (1)	LIPUS é uma modalidade não invasiva para estimular a remodelação óssea e a cicatrização dos tecidos duros e moles. Esta investigação avalia o efeito bioestimulador do LIPUS na taxa de movimento dentário ortodôntico e a dor associada, quando aplicado a intervalos de 3 semanas.	22 pacientes; 11 homens e 11 mulheres; com maloclusão de classe II divisão 1 foi recrutada para este ensaio clínico dividido. LIPUS foi aplicado durante 20 minutos extraoralmente e reaplicado após 3 semanas para mais 2 visitas sucessivas na raiz canina maxilar do lado experimental e placebo do outro lado. A dor semanal foi registada por meio de questionários.	Não foram encontradas diferenças significativas na taxa de movimento canino entre os grupos experimental e placebo. Não houve diferença na redução da dor entre os grupos experimental e placebo.	A aplicação de doses únicas de LIPUS a intervalos de 3 semanas não é eficaz para estimular o OTM e reduzir a dor associada ao tratamento.
Y. kasahara (2017) (7)	Verificar se LIPUS tem efeitos reparadores sobre o ligamento periodontal e o osso alveolar interradicular	Foram divididos ratos machos de doze semanas em três grupos: grupo de oclusão normal (C), grupo de hipofunção oclusal (H) e grupo de hipofunção oclusal submetidos a tratamento com LIPUS (HL), onde este grupo foi irradiado com LIPUS durante 5 dias	foi demonstrado que o volume do ligamento periodontal diminuiu no grupo H em comparação com o dos grupos C e HL. Tanto o volume ósseo por volume de tecido ósseo alveolar interradicular diminuiu no grupo H em comparação com o grupo C.	A exposição ao LIPUS reduziu as alterações atróficas do osso alveolar ao induzir uma regulação positiva da expressão da periostina e CTGF para promover a cicatrização do ligamento periodontal após a indução da hipofunção oclusal.
H. Kaury (2020) (6)	Determinar se há uma redução na duração total do tratamento em pacientes ortodônticos utilizando LIPUS em tratamento com alinhadores Invisalign.	Foram recolhidos dados de 34 pacientes (9 homens, 25 mulheres) LIPUS foi utilizado pelos pacientes em casa durante 20 min/dia com uma frequência ultrasónica 1,5 MHz, duração do pulso 200µs, taxa de repetição de pulso 1 kHz, e intensidade média	O grupo LIPUS mostrou uma redução média de 49% no tempo total de tratamento em comparação com o grupo controlo. Os pacientes que utilizam LIPUS mostraram uma redução clinicamente	Os pacientes tratados com LIPUS mostraram um movimento dental mais rápido e uma redução do tempo total de tratamento numa média de 49 %, enquanto a conformidade média com o dispositivo LIPUS foi de 66,02%.

		espaço-temporal média 30mW/cm ² .	significativa na duração geral do tratamento ortodôntico em comparação com o grupo controlo.	
T. Bialy (2020) (2)	Era avaliar o possível efeito do ultra-som do LIPUS no movimento dentário e reabsorção radicular em pacientes ortodônticos	21 pacientes receberam LIPUS e 10 pacientes não, o grupo 1 recebeu o Dispositivo LIPUS que foram aleatoriamente atribuídos ao lado direito ou esquerdo nos arcos superior ou inferior.	As imagens de CBCT foram tiradas antes e depois do tratamento. O resultado do estudo mostrou que a taxa média de movimento dentário no lado LIPUS de 0,266±0,092 mm/semana e no lado de controlo de 0,232±0,085 mm/semana. LIPUS aumentou a taxa de movimentação dentária em torno a 29%. Para a reabsorção ortodôntica da raiz mostrou uma diminuição estatisticamente significativa em comparação com o lado do controlo em torno ao 40%.	LIPUS aumentou a taxa de movimento dentário e diminuiu a reabsorção radicular ortodonticamente induzida quando foi aplicado durante 20 minutos por dia durante seis meses. Neste estudo foi aceite a hipótese alternativa de que o lado tratado com LIPUS tinha acelerado o movimento dentário e uma reabsorção radicular reduzida em comparação com o lado controlo.
R. Al-Dbousha (2021) (3)	Avaliar a eficácia do LIPUS e PBM na aceleração da movimentação dentária ortodôntica durante a terapia de alinhadores transparentes.	Foram mantidos registos sobre 84 sujeitos que foram tratados com alinhadores transparentes. 28 pacientes receberam tratamento com alinhadores transparentes + LIPUS durante 20 minutos por dia, 28 pacientes receberam tratamento com alinhadores transparentes com uso diário de PBM durante 10 minutos, e 28 pacientes receberam tratamento apenas com alinhadores transparentes.	O grupo LIPUS mostrou uma redução média de 26% na duração do tratamento em comparação com o grupo controlo, enquanto o grupo PBM mostrou uma redução de 26,6% na duração do tratamento em comparação com o grupo controlo. Os resultados mostraram que houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, e a duração do tratamento foi significativamente reduzida nos grupos LIPUS e PBM em comparação com o controlo.	O uso diário de LIPUS ou PBM como intervenções adjuvantes durante a terapia de alinhadores transparentes que poderia reduzir a duração do tratamento ortodôntico
M. Mahmood (2018) (5)	Comparar os efeitos da LLLT e LIPUS e a sua combinação na remodelação óssea durante o movimento dentário ortodôntico	80 ratos machos de 6 semanas foram agrupados em quatro grupos, o primeiro grupo foi irradiado com laser de dióxido, o segundo com LIPUS e o terceiro com uma combinação de LLLT e LIPUS e o quarto	A quantidade de movimento dentário, remodelação histológica dos ossos e RT-PCR foram significativamente mais elevados nos grupos de tratamento do que no grupo	Estas descobertas sugerem que a LLLT e LIPUS pode aumentar a velocidade da movimentação dentária e melhorar a qualidade da remodelação óssea durante o movimento dentário ortodôntico.

		era um grupo de controlo num desenho incompleto de bocal dividido em blocos. Para a quantidade de movimento dentário, os modelos foram imitados e analisados.	controlo. Entre os grupos de tratamento, o grupo combinado foi mais alto e o grupo LIPUS o mais baixo.	
H. xue (2013) (8)	A remodelação óssea alveolar induzida por LIPUS e o papel da expressão BMP-2 num modelo de movimento dentário ortodântico em ratos.	Aparelhos ortodânticos foram colocados entre os primeiros molares superiores homónimos e os incisivos centrais superiores em ratos sob anestesia geral, seguidos de um tratamento LIPUS diário de 20 minutos ou LIPUS simulado a partir do dia 0.	Foram avaliadas as distâncias de movimento dos dentes e as alterações moleculares em cada ponto de observação. Foram efetuados estudos para detetar vias de sinalização Runx2 / BMP-2 e recetor RANKL por PCR quantitativa em tempo real.	Atè o terceiro dia LIPUS não teve efeito sobre a distância de movimento dos dentes ortodânticos em ratos ou sobre a remodelação óssea alveolar induzida por BMP-2. No entanto, a partir do quinto dia e durante os seguintes momentos, o LIPUS aumentou significativamente a distância do movimento dentário ortodântico e a via de sinalização BMP-2 e a expressão RANKL em comparação com o grupo de controlo.

Tabela 1 - tabela resumo dos artigos

Da pesquisa realizada, foram incluídos, numa tabela, os seguintes dados de cada artigo: autores e ano de publicação, métodos, resumo e conclusão. Foram selecionados um total de 8 artigos, publicados entre 2013 e 2021. Os estudos tinham um seguimento mínimo de 4 semanas e o objetivo era avaliar o possível efeito do ultra-som do LIPUS no movimento dentário, na reabsorção radicular e espessura do cimento em pacientes ortodânticos. ^(2,4)

Os estudos foram divididos em estudos humanos e animais; no grupo animal foram examinados cães beagle e ratos. Os grupos foram divididos aleatoriamente em grupos experimentais e placebo. ⁽¹⁾

O LIPUS é uma modalidade não invasiva que estimula a remodelação óssea e a cicatrização dos tecidos duros e moles durante o movimento dentário ortodântico, tendo efeitos reparadores sobre o ligamento periodontal e o osso alveolar. A taxa de movimento dentário aumentou e a reabsorção radicular ortodonticamente induzida diminuiu quando foi utilizado durante 20 minutos por dia durante o tratamento ortodântico. ^(1,2)



A exposição ao LIPUS reduziu as alterações atróficas do osso alveolar ao induzir uma regulação positiva da expressão da periostina e CTGF para promover a cicatrização do ligamento periodontal após a indução da hipofunção oclusal.⁽⁷⁾

OIGF, LIPUS e BMP-2 podem ser tratamentos potenciais para combater a reabsorção radicular induzida pela ortodontia; contudo, são necessárias melhorias na conceção experimental e nos parâmetros de tratamento para investigar melhor estas modalidades de reparação.⁽⁷⁾

O LIPUS foi utilizado por pacientes humanos no domicílio durante 20 min/dia com uma frequência ultra-sónica de 1,5 MHz, duração do pulso 200µs, taxa de repetição de pulso 1 kHz, e intensidade média espaço-temporal média 30mW/cm²., onde mostrou uma redução média de até 49% no tempo total de tratamento em comparação com o grupo controlo. Os pacientes tratados com LIPUS mostraram um movimento dentário mais rápido e também se verificou uma melhoria da qualidade da remodelação óssea durante o movimento dentário ortodôntico. Também se constatou que o uso diário de LIPUS durante a terapia de alinhadores transparentes poderia reduzir a duração do tratamento ortodôntico.^(3,5,6)

Foram avaliadas as distâncias de movimento dos dentes e as alterações moleculares em cada ponto de observação. Foram efetuados estudos para detetar vias de sinalização Runx2 / BMP-2 e recetor RANKL. O LIPUS aumentou significativamente a distância do movimento dentário ortodôntico e a via de sinalização BMP-2 e a expressão RANKL em comparação com o grupo de controlo.⁽⁸⁾

5. DISCUSSÃO

5.1. Reabsorção radicular apical

Em Ortodontia, o movimento dentário ortodôntico é um processo complexo de remodelação óssea no qual uma complicação do movimento dentário pode criar uma reabsorção radicular, sendo esta uma lesão resultante da pressão aplicada às raízes dentárias durante o tratamento ortodôntico. Esta pressão ortodôntica contínua estimula a atividade das células de reabsorção, conhecida como osteoclastos, e aumenta a probabilidade de encurtamento das raízes do dente, ocorrendo em resposta a forças mecânicas aplicadas externamente através de fios e braquetes ou alinhadores transparentes. É importante analisar toda a raiz do dente ao considerar a reabsorção radicular, mas o foco deve estar nos danos radiculares do terço apical.^(3,4,6)

A reabsorção radicular ortodonticamente induzida é um processo patológico que resulta na perda de cimento e dentina, onde os contornos radiculares originais da raiz dificilmente podem ser reconstruídos após a ocorrência deste tipo de reabsorção radicular. O LIPUS pode impedir a progressão da reabsorção se esta for detetada precocemente, mas não há nenhum tratamento disponível para reparar uma reabsorção radicular grave.⁽⁴⁾

O movimento dentário ortodôntico pode ser afetado por vários fatores: intensidade da força ortodôntica, o tipo de movimento dentário e a saúde geral e periodontal do paciente.⁽⁶⁾

Os estudos sobre a reabsorção radicular dentária induzida por ortodontia revelaram que 40% dos adultos tinham pelo menos um dente com 2,5 mm de reabsorção, o que pode ocorrer 35 dias após o tratamento ortodôntico, mesmo com forças tão leves como 50 g.⁽⁴⁾

5.1.1. Teoria "Pressão - Tensão"

A teoria "Pressão - Tensão" foi descrita pela primeira vez por Oppenheim e Schwarz. Durante um movimento dentário ortodôntico, o lado para o qual o



dente se move é o lado da pressão, enquanto o lado oposto é o lado da tensão. A compressão dos vasos sanguíneos no lado da pressão causa uma inflamação que leva à diminuição do fluxo de nutrientes, estenose e formação de tecido necrótico. A taxa de movimento dentária ortodôntico depende da remodelação do osso alveolar, sendo o fator limitante desta taxa a capacidade de reabsorção óssea na interface entre o osso e o ligamento periodontal. Este processo inflamatório vai levar a uma migração de células fagocitárias, como macrófagos, células gigantes e osteoclastos, levando à reabsorção óssea no lado da pressão, onde o stress mecânico desempenha um papel importante na remodelação óssea alveolar.^(2,6,7)

O LIPUS estimula a proliferação de células fibroblásticas tendinosas e a síntese de colagénio em cultivos tratados. A exposição ao LIPUS aumenta a expressão proteica e os genes CTGF em células gengivais localizadas no lado da compressão da aplicação da força ortodôntica, melhorando a atividade osteoclástica. Por outro lado, no lado da tensão, acelera a atividade osteoblástica e melhora a regeneração óssea, acelerando assim o movimento dentário e fazendo-o de uma forma segura.^(6,7)

Outra vantagem da utilização do LIPUS durante o tratamento ortodôntico é o efeito preventivo sobre a reabsorção radicular.⁽⁶⁾

5.2. Atuação do LIPUS

O LIPUS demonstrou ter um efeito bioestimulador nos osteoblastos e osteoclastos, aumentando o número de células na região dentofacial, nas gengivas e as atividades dentro do ligamento periodontal, que podem ser importantes na remodelação do osso alveolar. Isto pode levar a um restauro do volume ósseo no alvéolo dos dentes, reduzindo as alterações atróficas da matriz do tecido conjuntivo através da estimulação da síntese de colagénio nos fibroblastos; são induzidas alterações conformacionais na membrana das células osteoblásticas que alteram a permeabilidade iónica e a atividade do segundo mensageiro. Estas alterações levam a alterações posteriores na expressão génica e resultam num aumento da atividade osteoblástica através de uma maior regulação de genes específicos dos ossos.^(2,3,5,7)



O LIPUS fornece forças micromecânicas aos tecidos que são recebidos por recetores da membrana celular, tais como integrinas e recetores acoplados à proteína G, de forma a ativar diferentes vias de mecanotransdução nas células ósseas. Isto leva a um aumento da expressão génica, o que por sua vez leva a um aumento da expressão proteica. O LIPUS aumenta a expressão da proteína RANK-L em osteoclastos para acelerar a reabsorção óssea, enquanto que nos osteoblastos aumenta as proteínas formadoras de osso RUNX2, osteoprotegerina e fosfatase alcalina; apesar do seu efeito estimulante na atividade osteoclástica, é mais eficaz na estimulação da atividade osteoblástica.^(2,5,8)

Existe informação limitada sobre os efeitos da estimulação LIPUS na sinalização HGF/Runx2/BMP-2 e RANKL. Estes efeitos são responsáveis pela remodelação alveolar acelerada observada após a intervenção. O LIPUS, através da sinalização BMP-2, ativa a proliferação de osteoblastos.⁽⁸⁾

A exposição ao LIPUS não tem efeitos térmicos que provoquem alterações biológicas nos tecidos vivos e, foi demonstrado que há um aumento significativo na formação de cimento, dentina e do número de células odontoblásticas e do ligamento periodontal.^(3,5)

5.2.1 Conformação do dispositivo

O LIPUS é um dispositivo portátil, alimentado por bateria, destinado a ser utilizado durante 20 min/dia em casa. Liberta ultra-sons com uma frequência de 1,5 MHz, com uma taxa de repetição de impulsos de 1 kHz e uma intensidade média de saída de 30 mW/cm²; tem uma intensidade suficientemente baixa para que não seja considerado térmico ou destrutivo; é geralmente aceite que o LIPUS não tem efeitos nocivos ou cancerígenos, não pode ser ouvido ou sentido e é fácil de usar.^(2,3,5,6,8)

O dispositivo é composto por três componentes principais:

- Eletrónica de mão: controla a entrega do tratamento LIPUS e fornece informação sobre o procedimento e o estado do tratamento. É alimentado por uma bateria recarregável. A informação apresentada no monitor inclui o estado atual do dispositivo, tempo restante de tratamento, nível de carga da bateria, e data e hora atuais. Também mantém um registo completo dos parâmetros.⁽⁶⁾

- Boquilhas: O dispositivo consiste em duas boquilhas, uma para tratamento do arco mandibular e outra para tratamento do arco maxilar. Cada boquilha é semelhante a um protetor bucal e é composto por 10 emissores de ultra-sons colocados dentro de um encapsulamento biocompatível flexível. Todos os componentes internos são hermeticamente selados para evitar o contacto com a saliva. A boquilha é fixada à eletrónica de mão com um cabo.⁽⁶⁾
- Gel de acoplamento de ultra-sons: um gel sem sabor fornecido em sacos de utilização única é aplicado nas paredes internas da boquilha antes de iniciar cada tratamento.⁽⁶⁾



<https://doi.org/10.3390/jcm9030804>

5.3 LIPUS em fraturas, remodelação óssea e crescimento mandibular

Foi também observado que o LIPUS acelera a reparação normal de fraturas quando é aplicado diariamente durante um período de três semanas durante 15-20 min por dia com uma intensidade de 30-50 mW/cm². Demonstrou melhorar a formação óssea e diferenciação osteoblástica nos casos de cura de fraturas. Foi também demonstrado que promove a angiogénese através do aumento da expressão do fator de crescimento endotelial vascular em osteoblastos durante a cicatrização de feridas.^(2,6)

O processo de cura da fratura óssea envolve tipicamente três períodos: formação de cartilagem, ossificação endocondral e remodelação óssea. Katano *et al.* descobriram que a exposição ao LIPUS reduziu o tempo para completar a

ossificação endocondral de 4 para 3 semanas após a fratura e que acelera a cura da fratura ao promover a ossificação endocondral e a remodelação óssea. Além disso, o LIPUS pode estimular o crescimento mandibular em animais e humanos, aumentando efetivamente o crescimento da cartilagem condilar mandibular. Um estudo mostrou que o LIPUS melhora o crescimento mandibular em babuínos jovens, especialmente quando combinado com um aparelho funcional. ⁽⁸⁾

O tratamento combinado com LIPUS e aparelhos funcionais demonstrou eficácia ao corrigir a má oclusão de classe II em indivíduos em crescimento, acelerando o crescimento da mandíbula e melhorando a discrepância esquelética. Portanto, o LIPUS pode reduzir a duração do tratamento do déficit mandibular. ^(5,8,9)

5.4. LIPUS como tratamento convencional

Como cada vez mais pacientes adultos procuram um tratamento ortodôntico, sabe-se que o movimento dentário ortodôntico é mais lento neste grupo etário do que em adolescentes. ⁽⁶⁾

A aceleração da remodelação óssea em condições fisiológicas é altamente desejável em pacientes ortodônticos para reduzir a duração do tratamento. Vários procedimentos cirúrgicos, como campos eletromagnéticos pulsados, corrente elétrica direta e injeções de biomoléculas podem acelerar a remodelação óssea, mas o maior desafio é acelerar a remodelação óssea de uma forma não-invasiva. O LIPUS diminui a dor e acelera a fusão óssea com um aumento da densidade óssea e do conteúdo mineral ósseo, promovendo a diferenciação de pré-osteoblastos. ^(1,7,8)

O baixo nível de toxicidade, a baixa imunogenicidade, a não-invasividade e a abordagem altamente específica fazem do LIPUS um complemento adequado ao tratamento convencional. No entanto, as diferentes técnicas e estratégias e as especificações dos ultra-sons podem dificultar aos clínicos a obtenção dos resultados desejados. ⁽¹⁾

5.5. LIPUS em estudos

O LIPUS proporciona um aumento estatisticamente significativo na taxa de movimento dentário, com um aumento percentual médio de 29% na taxa de movimento dentário em comparação com o controlo. Mesmo em alguns casos, o grupo que recebeu o tratamento LIPUS foi aproximadamente 50% mais rápido em comparação com o grupo de controlo, tendo sido possível aumentar o movimento dentário ortodôntico em casos de protrusão dentária. Para determinar a magnitude do movimento dentário, foram feitas impressões nas arcadas maxilar e mandibular antes da colocação dos aparelhos ortodônticos e no final do tempo experimental. ^(2,3,5)

Num estudo verificou-se que o LIPUS melhora a reabsorção na raiz, apresentando uma taxa de reabsorção de $0,0092 \pm 0,0226$ mm/semana no grupo LIPUS e $0,0241 \pm 0,0223$ mm/semana no grupo controlo. ⁽²⁾

Foi também demonstrado que a exposição ao LIPUS reduziu a alteração atrófica da estrutura do ligamento periodontal e aumentou os níveis transcricionais de periostina e CTGF, que induzem a síntese de colagénio, aumentando a adesão celular e a propagação do osteoblasto para promover a cicatrização do ligamento periodontal após a indução da hipofunção oclusal. ^(1,6,7)

Estudos em modelos de ratos constataram que o LIPUS melhorou o movimento dentário ortodôntico e a remodelação óssea durante os movimentos dentários de mesialização. Um estudo clínico recente em pacientes humanos mostrou que o uso diário do LIPUS (com avaliações nos dias 0, 3, 5, 7, 14 e a cada 15 dias seguintes) tinha uma taxa aumentada de movimento dentário. ^(2,3)

Dahhas aplicou o LIPUS a ratos ovariectomizados de 2 em 2 dias, durante 28 dias, e encontrou um movimento dentário ortodôntico normal, o que significa que o LIPUS induz renovação óssea normal e poderá ser benéfico no tratamento ortodôntico de mulheres na pós-menopausa com osteoporose. ⁽¹⁾

5.5.1. LIPUS em combinação com injeção intraóssea

Foi testada a hipótese de que uma injeção intra-óssea de OIGF a nível apical e a aplicação de LIPUS durante 4 semanas pode ter efeitos sobre a reparação da

reabsorção radicular ortodonticamente induzida através da diminuição do volume de reabsorção radicular e do aumento da espessura do cimento, o que pode ser interpretado como uma recuperação do volume da raiz reabsorvida. O uso de OIGF + LIPUS no lado de compressão das raízes resultou num cimento mais fino em cada nível da raiz. Contudo, estas diferenças não foram estatisticamente significativas quando comparadas com grupo controlo. Esta combinação (OIGF + LIPUS) também mostrou um aumento da espessura a nível apical de ambos os lados.

Foi testado também o BMP-2, que aumentou a espessura do cimento em cada nível da raiz em ambos lados do dente, em comparação com o grupo OIGF + LIPUS.⁽⁴⁾

Xue et al. mostraram um aumento da remodelação óssea alveolar aumentando a expressão de RUNX2 e BMP-2 no modelo ortodôntico de rato, sendo o RUNX2 um fator de transcrição para a diferenciação osteoblástica a partir das células mãe mesenquimais, o que aumenta a velocidade do movimento dentário ortodôntico com uma melhor proliferação de células osteoprogenitoras e aumenta a expressão da proteína morfogenética óssea 2 (BMP-2). Estudos anteriores mostraram um aumento na formação de cimento em defeitos radiculares após a aplicação de BMP-2, que desempenha um papel no aumento da atividade da fosfatase alcalina, levando ao aumento da atividade de mineralização celular.^(4,6)

Xue et al. demonstraram que o LIPUS regula positivamente a expressão de BMP-2 através do RUNX2 nas células do ligamento periodontal humano e que o nível de proteína BMP-2 aumenta gradualmente a partir do quinto dia de cultivo através do tratamento diário com LIPUS.⁽⁷⁾

5.6. LIPUS e Invisalign

Kaur e El Bialy descobriram que, os pacientes tratados com LIPUS durante o seu tratamento ortodôntico com Invisalign, mostraram uma redução de 49% no tempo total de tratamento quando comparados com os pacientes que foram submetidos a tratamento ortodôntico apenas com Invisalign.^(3,6)

A utilização de LIPUS permitiu que os alinhadores fossem mudados a cada 4-5 dias, dependendo do ajuste dos novos alinhadores e da complexidade do



movimento dentário, o que por vezes poderia demorar mais ou menos tempo. No grupo de controlo, os novos alinhadores normalmente não foram mudados antes dos 7-9 dias de tratamento. ⁽⁶⁾

6. CONCLUSÕES

Ocasionalmente, o tratamento ortodôntico prolongado pode dissuadir alguns pacientes, especialmente adultos. A redução da duração do tratamento é uma preocupação importante tanto para o ortodontista como para o paciente; a previsão precisa da duração e a conclusão do tratamento dentro do prazo são importantes, especialmente em adultos, visto que cada vez mais pacientes se submetem a tratamentos ortodônticos.

Tem sido afirmado que existem vários dispositivos e técnicas, tanto cirúrgicos como não cirúrgicos, que aceleram o movimento dentário e, portanto, encurtam o tempo de tratamento ortodôntico. A intenção é distribuir uniformemente a força ortodôntica ao longo da raiz do dente, aplicando uma pressão uniforme de forma mais difusa e menos concentrada no movimento dentário, mas haverá sempre algum grau de movimento de inclinação, o que tende a concentrar forças nas regiões apicais e cervicais e está mais associado à reabsorção apical da raiz. Em auxílio desses inconvenientes ortodônticos, está demonstrado que o LIPUS impede a progressão da reabsorção radicular se for detetado precocemente, mas não está disponível nenhum tratamento para reparar a reabsorção radicular grave. Verificou-se que diminuiu as áreas de reabsorção na raiz num 40% e conseguiu um aumento percentual médio de 29% na taxa de movimento dentário e em alguns casos foi cerca de 50% mais rápido em comparação com o grupo controlo mostrando de ser um valido auxilio no tratamento ortodontico.

LIPUS há demonstrado que acelera o movimento dentário, é seguro, diminui a dor, tem uma intensidade suficientemente baixa que não é considerado térmico ou destrutivo, não tem efeitos nocivos ou cancerígenos, não pode ser ouvido ou sentido e é fácil de usar; destinado a ser utilizado durante 20 min/dia em casa.

A aceleração da regeneração óssea pelo tratamento LIPUS tem sido o foco de estudos durante 6 décadas, no entanto pouca informação está disponível sobre os efeitos da estimulação LIPUS na remodelação óssea alveolar durante a movimento dentário ortodôntico e no tratamento de deficit mandibular.

Foi demonstrado que OIGF, LIPUS e BMP-2 podem ter um possível efeito na reparação da reabsorção radicular do dente induzida ortodonticamente onde o BMP-2 aumenta a espessura do cimento em cada nível radicular de ambos os lados do dente em comparação com o grupo OIGF + LIPUS que se encontrava melhor no nível próximo ao ápice.

A baixo nível de toxicidade, a baixa imunogenicidade, a não-invasividade e a abordagem altamente específica fazem do LIPUS um complemento adequado ao tratamento convencional.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Qamruddin I, Alam MK, Mahroof V, Karim M, Fida M, Khamis MF, et al. Biostimulatory Effects of Low-Intensity Pulsed Ultrasound on Rate of Orthodontic Tooth Movement and Associated Pain, Applied at 3-Week Intervals: A Split-Mouth Study. *Pain Res Manag.* 2021;2021:6624723. Available from: <https://doi.org/10.1155/2021/6624723>
2. El-Bialy T, Farouk K, Carlyle TD, Wiltshire W, Drummond R, Dumore T, et al. Effect of Low Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS) on Tooth Movement and Root Resorption: A Prospective Multi-Center Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2020 Mar;9(3). Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm9030804>
3. Article O. Impact of photobiomodulation and low-intensity pulsed ultrasound adjunctive interventions on orthodontic treatment duration during clear aligner therapy : A retrospective study. 2021;91(5). Available from: <https://doi.org/10.2319/112420-956.1>
4. Crossman J, Hassan AH, Saleem A, Felemban N, Aldaghreer S, Fawzi E, et al. Effect of gingival fibroblasts and ultrasound on dogs' root resorption during orthodontic treatment. *J Orthod Sci.* 2017;6(1):28–35. Available from: <https://www.jorthodsci.org/text.asp?2017/6/1/28/197396>
5. Alazzawi MMJ, Husein A, Alam MK, Hassan R, Shaari R, Azlina A, et al. Effect of low level laser and low intensity pulsed ultrasound therapy on bone remodeling during orthodontic tooth movement in rats. *Prog Orthod.* 2018 Apr;19(1):10. Available from: <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0208-2>
6. Kaur H, El-Bialy T. Shortening of Overall Orthodontic Treatment Duration with Low-Intensity Pulsed Ultrasound (LIPUS). *J Clin Med.* 2020 May;9(5). Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm9051303>
7. Kasahara Y, Usumi-Fujita R, Hosomichi J, Kaneko S, Ishida Y, Shibutani N, et al. Low-intensity pulsed ultrasound reduces periodontal atrophy in occlusal hypofunctional teeth. *Angle Orthod.* 2017 Sep;87(5):709–16. Available from: <https://doi.org/10.2319/121216-893.1>
8. Xue H, Zheng J, Cui Z, Bai X, Li G, Zhang C, et al. Low-intensity pulsed ultrasound accelerates tooth movement via activation of the BMP-2 signaling pathway. *PLoS One.* 2013;8(7):e68926. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068926>



9. F MONA, A GM, F AAA, A AB. Effects of low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS) applied on the temporomandibular joint (TMJ) region on the functional treatment of class II malocclusion : A randomized controlled trial. Dent Med Probl. 2020;57(1):53–60 Available from: <https://doi.org/10.17219/dmp/112321>