

ULTRASSOM PULSADO NA REMODELAÇÃO ÓSSEA: REVISÃO DE LITERATURA

PULSED ULTRASOUND IN BONE REMODELING: LITERATURE REVIEW

¹SILVA, Elisa Prestes da Rosa da; ²LOZANO, Alessandra Maria; ³Castro, Maria Eduarda Coimbra de;
⁴SILVA, Letícia de Almeida; ⁵MENEGHIM, Helen Kari de Souza; ⁶Silva-de-Oliveira, A. F. S.

^{1a6}Curso de Fisioterapia – Centro Universitário das Faculdades
Integradas de Ourinhos – UNIFIO/FEMM

RESUMO

O ultrassom é uma forma de onda acústica que possui uma peculiaridade maior de absorção em tecidos colagenosos, transmutando o tecido ósseo um tecido propício para receber as ondas ultrassônicas e se tornando uma abordagem terapêutica não invasiva que visa estimular a cicatrização de fraturas (frescas e pseudoartroses) e a formação de um novo tecido, reduzindo assim o tempo fisiológico da regeneração óssea. O US pulsado atua gerando microvibrações que ativam os osteoblastos, promovendo a osteogênese.

Palavras-chave: Efeito Piezoelétrico, LIPUS Fratura, Ultrassom Pulsado, Remodelação Óssea.

ABSTRACT

Ultrasound is a form of acoustic wave that has a higher absorption capacity in collagenous tissues, making bone tissue suitable for receiving ultrasonic waves and becoming a non-invasive therapeutic approach that aims to stimulate the healing of fractures (fresh and pseudoarthrosis) and the formation of new tissue, thus reducing the physiological time of bone regeneration. Ultrasound works by generating microvibrations that activate osteoblasts, promoting osteogenesis.

Keywords: Piezoelectric Effect, LIPUS Fracture, Pulsed Ultrasound, Bone Remodeling.

INTRODUÇÃO

Apesar do US de baixa intensidade (LIPUS), ser uma técnica considerada “moderna”, o LIPUS se refere de uma técnica aprovada pela FDA desde 1994 para ajudar na cicatrização de fraturas. Sua eficácia se deve principalmente aos efeitos não térmicos, como o fluxo sonoro e a radiação sonora. Vários estudos, tanto humanos quanto experimentais, mostraram que o LIPUS pode acelerar a recuperação de fraturas recentes, pseudoartroses e uniões tardias, independentemente do equipamento utilizado ou das circunstâncias do paciente. (Guo, Xin, 2024 *et al*).

Guo, Xin 2024 *et al*, ainda afirma que o impacto do LIPUS no processo de cicatrização ocorre por meio da regulação de diversas células envolvidas, como as células-tronco mesenquimatosas (MSCs), osteoblastos, condrócitos e osteoclastos. Essa regulação depende da dose, intensidade e tempo de aplicação do ultrassom. Especificamente, o LIPUS estimula a transformação das MSCs em células formadoras de osso através de uma via de sinalização específica. Os osteoblastos reagem ao

estímulo mecânico do LIPUS por meio de receptores celulares que levam à produção de substâncias inflamatórias e à promoção da cicatrização.

Carter, Amber (2021) *et al* e colaboradores, aborda uma nova estratégia para melhorar a regeneração óssea utilizando o efeito piezoelétrico inverso. Os autores exploram como a aplicação de estimulação mecânica pode ser otimizada por meio desse efeito, que permite que materiais piezoelétricos gerem respostas elétricas quando submetidos a estresse mecânico. Essa abordagem visa potencializar os processos de cicatrização óssea, ativando vias celulares que favorecem a formação de osso e minimizando a reabsorção óssea. A pesquisa destaca a importância de inovações tecnológicas na área da medicina regenerativa, oferecendo uma alternativa promissora aos métodos tradicionais de tratamento para lesões ósseas.

O reparo das fraturas é geralmente dividido em várias fases: inflamação, ossificação intramembranosa, formação de cartilagem (condrogênese), ossificação endocondral e finalmente remodelação. Embora ainda não se saiba exatamente quais células estão envolvidas em cada fase, já foi demonstrado que o LIPUS pode ter efeitos benéficos em todas elas (Harrison, Andrew, 2016 *et al*).

Em um dos estudos mais recente, Ross Leighton, 2021 *et al* concluem e defendem que a LIPUS (Low intensity pulsed ultrasound) deveria ser considerada uma opção não-cirúrgica para fraturas.

O objetivo deste trabalho consistiu em realizar uma revisão de literatura a fim de avaliar como o US pulsado pode influenciar positivamente a regeneração óssea, promovendo a cicatrização em fraturas e lesões, analisando os diferentes protocolos de aplicação do US pulsado, incluindo frequência, duração e intensidade, para determinar quais são os parâmetros mais eficazes, além de investigar os mecanismos biológicos envolvidos na resposta do tecido ósseo ao US pulsado, como a estimulação celular e a promoção da atividade osteoblástica.

METODOLOGIA

A presente revisão literária foi realizada no mês de Setembro de 2024 com o propósito de revisar a eficácia e os parâmetros do LIPUS utilizado como terapia na remodelação óssea em casos de fraturas de diversos segmentos e condições, sendo essas frescas ou pseudoartroses.

Os estudos selecionados para a revisão, passaram por uma busca na base de dados PubMed, Scielo (2001 a 2024), sendo revelados mais de 500 artigos com o título: LIPUS (Low Intensity Pulsed Ultrasound) fracture, piezoelectric effect, pulsed ultrasound, bone remodeling.

Os estudos possuem conclusões obtidas através de resoluções experimentais e humanos, com resultados significativos no que se diz respeito à aceleração do tempo de remodelação óssea em fraturas.

DESENVOLVIMENTO

Seger *et al.* (2017) revisaram 5 estudos, totalizando 166 casos de não união do escafoide em pacientes com idade média de 31 anos, (18 a 49 anos), e o tempo médio desde a fratura foi de 20,1 meses. Quando tratados com US pulsado de baixa intensidade (LIPUS), esses casos apresentaram uma taxa média de cura de 78,6%, com um intervalo de confiança (IC) de 95% (entre 62,8% e 90,9%). O tempo médio para confirmação da cura foi de 4,2 meses. Quatro estudos também relataram um total de 43 casos tratados inicialmente com gesso, resultando em uma taxa de união de 77% após o uso do LIPUS; enquanto a taxa foi de 83% (5/6) quando o LIPUS foi administrado após tentativas cirúrgicas malsucedidas.

Warden *et al.* (2006) realizaram uma publicação, na qual trouxeram a aplicabilidade dos aparelhos ultrassônicos estrangeiros, para os aparelhos convencionais encontrados nas clínicas. Sendo a aplicação de US pulsado, 0,1 W/cm², 1Mhz, de modo estacionário, com aplicabilidade de 5 vezes na semana, durante 5 semanas, com duração de 20 minutos. Nesse mesmo estudo experimental, Warden utilizou o US pulsado em fratura de fêmur com a utilização de uma haste intramedular (para manutenção da integridade do fêmur), o que não torna o US pulsado uma contraindicação em pacientes que apresentam osteossíntese.

O US pulsado é especialmente útil em casos de pseudoartrose (fraturas não consolidadas por 4 meses), onde o tratamento regular pode ajudar a estimular o processo de cura. Os protocolos de tratamento geralmente envolvem sessões diárias ou em dias alternados, com cada sessão durando entre 10 até 20 minutos, (Schofer *et al.*, 2010).

Todos os resultados (experimentais ou humanos) foram favoráveis na consolidação óssea, havendo uma redução de 30-38% no tempo de consolidação óssea em fraturas frescas, e, em casos de pseudoartrose (retardo na consolidação óssea), houve melhora de 86% dos casos. (Warden *et al.*, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ultrassom pulsado se mostra uma ferramenta valiosa na medicina regenerativa e ortopédica, oferecendo benefícios significativos na remodelação óssea e na recuperação de lesões. A incorporação dessa técnica nas práticas clínicas pode potencializar os resultados terapêuticos e melhorar a qualidade de vida dos pacientes e no retorno mais precoce de suas atividades.

REFERÊNCIAS

- CARTER, Amber *et al.* Enhancement of bone regeneration through the converse piezoelectric effect: a novel approach for applying mechanical stimulation. **Bioelectricity**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1089/bioe.2021.0019>.
- GUO, Xin *et al.* Latest Progress of LIPUS in Fracture Healing: A Mini-Review. **Journal of Ultrasound in Medicine**, v. 43, n. 4, p. 643-655, abr. 2024. DOI: 10.1002/jum.16403.
- HARRISON, Andrew; LIN, Sheldon; POUNDER, Neill; MIKUNI-TAKAGAKI, Yuko. Mode & mechanism of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) in fracture repair. **Journal of Orthopedic Research, Amsterdam**, v. 34, n. 2, p. 123-130, abr. 2016.
- LEIGHTON, R., PHILLIPS, M., BHANDARI, M., & ZURA, R. Low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) use for the management of instrumented, infected, and fragility non-unions: a systematic review and meta-analysis of healing proportions. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 22, n.1, 532, 2021. . <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04322-5>.
- SCHOFER, M. D., BLOCK, J. E., AIGNER, J., & SCHMELZ, A. Improved healing response in delayed unions of the tibia with low-intensity pulsed ultrasound: results of a randomized sham-controlled trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 11, n.1, p. 229, 2010. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-229>.
- SEGER, Edward W. *et al.* Low-Intensity Pulsed Ultrasound for Nonoperative Treatment of Scaphoid Nonunions: A Meta-Analysis. **HAND**, 1–6. **American Association for Hand Surgery**, 2017, DOI: 10.1177/1558944717702470.
- SHENGHAN LOU, HOUCHE LV, ZHIRUI LI, LICHENG ZHANG, PEIFU TANG. The effects of low-intensity pulsed ultrasound on fresh fracture: a meta-analysis. **Medicine**. 2017.

WARDEN, S. J. A New Direction for Ultrasound Therapy in Sports Medicine. **Sports Medicine**, v. 33, n. 2, p. 96-107, 2003. DOI: 10.1121/1642/03/0002-0096/530.00/0.