

## **Efeitos sinérgicos do ultrassom e laser na reabilitação física avaliados por imagens termográficas**

### **Synergistic effects of ultrasound and laser on physical rehabilitation evaluated by thermographic images**

DOI:10.34117/bjdv9n8-005

Recebimento dos originais: 03/07/2023

Aceitação para publicação: 03/08/2023

#### **Gislaine Milena Marton**

Graduada em Fisioterapia

Instituição: Clínica Quality Fisio e Pilates

Endereço: Al. Itapecuru, 645, Sl 421, Barueri - SP, CEP: 06454-080

E-mail: gimarton@hotmail.com

#### **Karen Cristina Laurenti**

Pós-Doutora em Física

Instituição: Departamento de Desenvolvimento e Atendimento Clínico da MMOptics

Endereço: Geminiano Costa, 143, São Carlos - SP, CEP: 13560-641

E-mail: ka\_laurenti@gmail.com

#### **Vanderlei Salvador Bagnato**

Pós-Doutor em Física

Instituição: Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP)

Endereço: Av. Trabalhador Sãocarlense, 400, São Carlos - SP, CEP: 13560-970

E-mail: vander@ifsc.usp.br

#### **Fernanda Rossi Paolillo**

Pós-Doutora em Biofísica

Instituição: Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Endereço: Rua Colorado, 700, Passos - MG, CEP: 37902-092

E-mail: fernanda.paolillo@uemg.br

### **RESUMO**

O objetivo do atual estudo foi investigar os efeitos sinérgicos do Ultrassom e Laser através de análises termográficas no processo de reabilitação física em diferentes casos clínicos. Foram realizados 4 casos clínicos: (1) capsulite adesiva de ombro esquerdo; (2) lombociatalgia bilateral e tendinite dos isquiotibiais; (3) lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca e; (4) lombalgia e ciatalgia com dores predominantes do lado esquerdo. Os tratamentos foram realizados com o uso de um equipamento que inclui Ultrassom e Laser em uma mesma manopla. As avaliações termográficas foram realizadas no período pré e pós-tratamento. Foi constatado que o tratamento melhorou o quadro clínico agudo e crônico, evidenciado pela simetria das temperaturas cutâneas entre os lados direito e esquerdo do corpo.

**Palavras-chave:** ultrassom, laser, termografia, reabilitação física.

## ABSTRACT

The aim of the current study was to investigate the synergistic effects of Ultrasound and Laser through thermographic analysis during the process of physical rehabilitation. Four clinical cases were performed: (1) adhesive capsulitis of the left shoulder; (2) bilateral lumbosciatic pain and hamstring tendonitis; (3) lumbago and sacroiliac region pain; (4) low back pain with predominant pain on the left side. The treatments were carried out using an equipment that includes Ultrasound and Laser in the same handle. Thermographic evaluations were carried out in the pre- and post-treatment period. The treatment improved the acute and chronic clinical picture, evidenced by the symmetry of the cutaneous temperature between the right and left sides of the body.

**Keywords:** ultrasound, laser, thermography, physical rehabilitation.

## 1 INTRODUÇÃO

O laser e o ultrassom terapêutico são técnicas não invasivas e não farmacológicas utilizadas como recurso terapêutico por muitas décadas.

O mecanismo de ação do laser inclui efeitos fotofísicos, fotoquímicos e fotobiológicos. O efeito fotofísico, também chamado de efeito fotoelétrico, é caracterizado por um aumento no transporte de elétrons na cadeia respiratória da mitocôndria e maior produção de trifosfato de adenosina (ATP), além de possibilitar mudanças na permeabilidade da membrana, o que gera diversos efeitos terapêuticos, por exemplo, a aceleração da reparação tecidual (KARU; PYATIBRAT; AFANASYEVA, 2004). Os efeitos fotoquímicos e fotobiológicos são caracterizados por mudanças nas expressões de genes que contribuem para aumentar a síntese de proteínas e angiogênese, que também aceleram a reparação tecidual, além de promover a modulação de citocinas, ação antiinflamatória e analgésica. Os efeitos analgésicos também estão relacionados com mecanismos centrais e periféricos, como a modulação de prostaglandinas, histamina, bradicinina, leucotrienos, serotonina, betaendorfina, cortisol, entre outros (HAGIWARA et al., 2007; CASTANO et al., 2007), bem como pela modulação da nocicepção (PAOLILLO et al., 2015; PAOLILLO et al., 2021).

O ultrassom é um estímulo mecânico que gera vibração molecular com absorção de energia pelos tecidos corporais, o que resulta em efeitos térmicos e de cavitação (não-térmicos) com consequente ação antiinflamatória e analgésica, bem como de aceleração da reparação tecidual (TER HARR, 1999).

Entretanto, os efeitos sinérgicos do laser com o ultrassom consistem em recente inovação tecnológica na área da reabilitação.

No processo de reabilitação, os efeitos dos recursos eletromfototerapêuticos estão sendo recentemente avaliados por termografia (PAOLILLO et al., 2013; PANHOCA et al., 2018; PAOLILLO et al., 2022).

A termografia por infravermelho foi primeiramente utilizada para investigações e intercepções aeroespaciais, posteriormente, foi considerada um método preciso para medir a temperatura da superfície da pele e suas mudanças, o que permite o diagnóstico clínico (BARNES, 1963; PAOLILLO et al., 2023).

O objetivo do atual estudo foi investigar os efeitos sinérgicos do ultrassom e laser através de análises termográficas no processo de reabilitação física em diferentes casos clínicos.

## 2 METODOLOGIA

O atual estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos (Nº. 058/16). Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Foram realizados 4 casos clínicos:

- [1] Capsulite adesiva de ombro esquerdo diagnosticado a 1 ano em paciente do sexo feminino com 50 anos de idade;
- [2] Lombociatalgia bilateral e tendinite dos isquiotibiais diagnosticado a 2 anos em paciente do sexo feminino com 61 anos de idade;
- [3] Lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca diagnosticado a 10 anos em paciente do sexo masculino com 58 anos de idade e;
- [4] Lombalgia e ciatalgia com dores predominantes do lado esquerdo diagnosticado a 2 anos em paciente do sexo feminino com 42 anos de idade.

### 2.1 PROTOCOLOS DE TRATAMENTO

Para realizar os tratamentos, foi utilizado um equipamento que inclui dois feixes de laser de diodo (808 e 660 nm) no centro do transdutor do ultrassom (Recupero®, MMOptics, São Carlos, SP, Brasil) (PAOLILLO et al., 2021). Este sistema possui um sensor start-stop, que acende uma luz azul quando há emissão de ondas mecânicas e eletromagnéticas (**FIGURA 1**). Foi utilizado gel condutor transparente e o equipamento foi movido com movimentos circulares e lentos no modo contato.

Figura 1: Procedimento clínico com o Ultrassom e Laser numa mesma manopla.



Fonte: Próprio autor.

Para o tratamento da capsulite adesiva de ombro esquerdo foi utilizado o ultrassom operando em 1 MHz na região do ombro, com intensidade de  $0,5\text{W}/\text{cm}^2$  no modo contínuo aplicado simultaneamente ao laser vermelho e infravermelho com potência de 100 mW cada durante 12 minutos. Foram realizadas 10 sessões de tratamento.

Para o tratamento da lombociatalgia bilateral e da tendinite dos isquiotibiais, foi utilizado o ultrassom operando em 1 MHz na região ciática direita e esquerda e no local da inserção dos isquiotibiais direito e esquerdo, com intensidade de  $0,7\text{W}/\text{cm}^2$  no modo pulsado (100 Hz) aplicado simultaneamente ao laser vermelho e infravermelho com potência de 100 mW cada durante 10 minutos por ponto. Foram realizadas 10 sessões de tratamento.

Para o tratamento da lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca foi utilizado o ultrassom operando em 1 MHz nas regiões lombar (direita e esquerda) e sacro ilíaca com intensidade de  $0,7\text{W}/\text{cm}^2$  no modo pulsado (100 Hz) aplicado simultaneamente ao laser vermelho e infravermelho com potência de 100 mW cada durante 10 minutos por ponto. Foram realizadas 10 sessões de tratamento.

Para o tratamento da lombalgia e ciatralgia com dores predominantes do lado esquerdo foi utilizado o ultrassom operando em 1 MHz nas regiões ciática esquerda e posterior da coxa esquerda, com intensidade de  $0,6\text{W}/\text{cm}^2$  no modo contínuo aplicado simultaneamente ao laser vermelho e infravermelho com potência de 100 mW cada durante 5 minutos por ponto. Foram realizadas 10 sessões de tratamento.

Avaliações termográficas foram realizadas no período pré e pós-tratamento.

## 2.2 TERMOGRAFIA

Antes de iniciar as avaliações termográficas, os pacientes permaneceram na sala por 10 minutos em temperatura ambiente para aclimatização (PAOLILLO et al., 2020). Foi utilizada uma câmera térmica Flir® C2 (Flir Systems, Wilsonville-OR, EUA) com detecção de temperatura entre  $-0^{\circ}\text{C}$  e  $+150^{\circ}\text{C}$ , taxa de trabalho de 9Hz e resolução de 76.800 pixels. Para aquisição das imagens foi utilizado o Software VisionFy (Thermofy consultoria em informatica ltda, São Paulo, Brasil).

Para análise das imagens, a região de interesse foi definida de acordo com o local da patologia e foram selecionados 4 ou 6 pontos em cada lado do corpo, totalizando 8 ou 12 pontos como observado nas Figuras 2, 3, 4 e 5. Posteriormente, foram realizadas a média e desvio padrão dos pontos no lado direito e esquerdo de cada paciente. Os dados foram obtidos em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). As imagens térmicas também foram analisadas por inspeção visual.

## 3 RESULTADOS

Os valores de temperatura nos diferentes casos clínicos são mostrados na **TABELA 1**.

Tabela 1: Resultados da temperatura cutânea em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

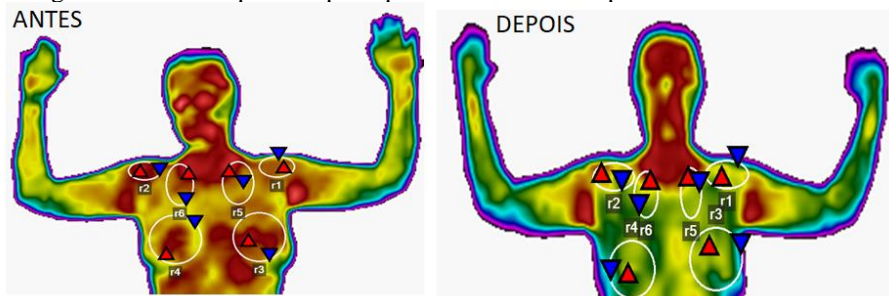
Patologias	Pré-Tratamento			Pós-Tratamento		
	Lado Direito (LD)	Lado Esquerdo (LE)	Delta $\Delta=\text{LD-LE}$	Lado Direito (LD)	Lado Esquerdo (LE)	Delta $\Delta=\text{LD-LE}$
Capsulite Adesiva de Ombro Esquerdo	32,7 $\pm$ 0,5	33,4 $\pm$ 0,3	-0,7	32,3 $\pm$ 0,4	32,1 $\pm$ 0,5	0,2
Lombociatalgia Bilateral e Tendinite dos Isquiotibiais	33,5 $\pm$ 0,7	34,1 $\pm$ 0,3	-0,6	31,6 $\pm$ 0,6	31,7 $\pm$ 0,3	-0,1
Lombalgia Crônica Direita e Esquerda com Dor Sacro Iliaca	33,3 $\pm$ 0,6	34,2 $\pm$ 0,4	-0,9	31,6 $\pm$ 0,5	31,7 $\pm$ 0,3	-0,1
Lombalgia e Ciatalgia com Dores Predominantes do Lado Esquerdo	32,1 $\pm$ 0,5	31,2 $\pm$ 0,6	0,9	32,8 $\pm$ 0,6	33,1 $\pm$ 0,4	-0,3

Resultados expressos em valores de média e desvio padrão (DP). Delta é a diferença de temperatura em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre o lado direito e esquerdo ( $\Delta=\text{LD-LE}$ )

Foi constatada nos casos de capsulite adesiva de ombro esquerdo (**FIGURA 2**) que a temperatura cutânea inicial mostrou diferenças entre o lado direito e esquerdo, indicando assimetrias entre os lados. Esta diferença entre os lados direito e esquerdo foi bem menor no período pós-tratamento, indicando simetria entre os lados. Ainda, após o tratamento foi constatado menores valores de temperatura, principalmente, do lado esquerdo acometido, comparado ao período inicial. A temperatura inicial mais alta do

lado acometido sugere fase aguda da doença com presença de inflamação, mas, após o tratamento, os valores de temperatura diminuíram, sugerindo efeito anti-inflamatório.

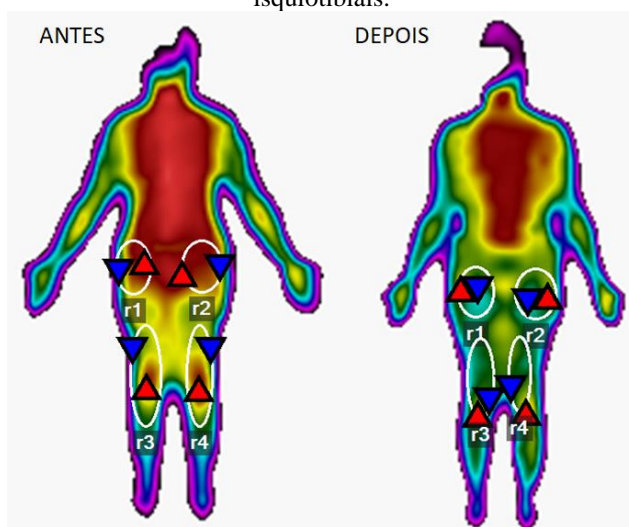
Figura 2: Imagens térmicas no período pré e pós-tratamento da capsulite adesiva de ombro esquerdo.



Fonte: Próprio autor.

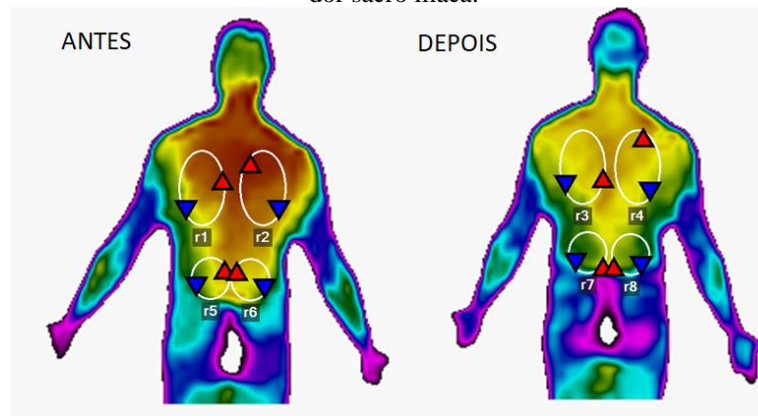
Similarmente, no caso de lombociatalgia bilateral e da tendinite dos isquiotibiais (**FIGURA 3**) bem como no caso de lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca (**FIGURA 4**) foi constatado que a temperatura cutânea inicial mostrou diferenças entre o lado direito e esquerdo, indicando assimetrias entre os lados. Esta diferença entre os lados direito e esquerdo foi bem menor no período pós-tratamento, indicando simetria entre os lados. Ainda, após o tratamento foi constatado menores valores de temperatura em ambos os lados. A temperatura inicial mais alta do lado acometido sugere presença de inflamação, mas, após o tratamento, os valores de temperatura diminuíram, sugerindo efeito anti-inflamatório.

Figura 3: Imagens térmicas no período pré e pós-tratamento da lombociatalgia bilateral e tendinite dos isquiotibiais.



Fonte: Próprio autor.

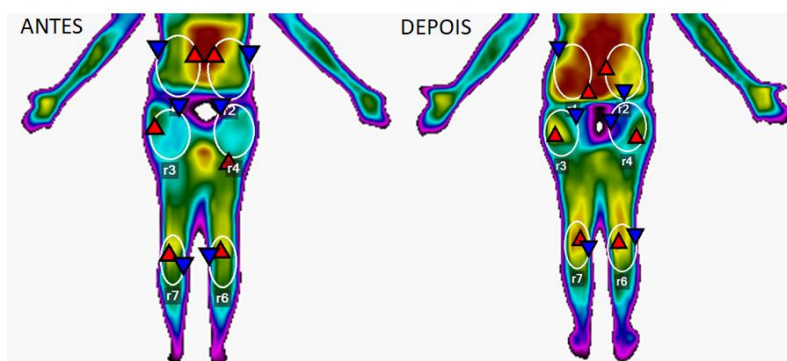
Figura 4: Imagens térmicas no período pré e pós-tratamento da lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca.



Fonte: Próprio autor.

No caso da lombalgia e cialgia com dores predominantes do lado esquerdo (**FIGURA 5**) também foi constatado que a temperatura cutânea inicial mostrou diferenças entre o lado direito e esquerdo, indicando assimetrias entre os lados. Esta diferença entre os lados direito e esquerdo foi bem menor no período pós-tratamento, indicando simetria entre os lados. Entretanto, após o tratamento foi constatado maior valor de temperatura no lado esquerdo acometido. A temperatura inicial mais baixa do lado acometido sugere fase crônica da doença, sugerindo presença de reduzido fluxo sanguíneo e contratura, mas, após o tratamento, os valores de temperatura aumentaram, sugerindo melhora da microcirculação e relaxamento muscular.

Figura 5: Imagens térmicas no período pré e pós-tratamento da lombalgia e cialgia com dores predominantes do lado esquerdo.



Fonte: Próprio autor.

#### 4 DISCUSSÃO

Este foi o primeiro estudo a apresentar os efeitos sinérgicos do Ultrassom e Laser avaliados por termografia em diferentes casos clínicos. Foi constatado que o tratamento

melhorou o quadro clínico agudo e crônico, evidenciado pela simetria das temperaturas cutâneas entre os lados direito e esquerdo do corpo após a intervenção terapêutica.

Estudos mostram que a fotobiomodulação para dores no ombro e cervical resulta em efeitos tanto agudos (ROCHE, 2016) quanto crônicos (IP; FU, 2015; EZZATI et al., 2022). No estudo de Roche et al. (2016) foi investigado os efeitos agudos (sessão única) do laser vermelho (635 nm) aplicado em 12 pontos na região da coluna cervical, ombro e trapézio durante 1 minuto por ponto, o que resultou em redução da dor e aumento da amplitude de movimento em pacientes com dor crônica no ombro e pescoço comparado ao grupo placebo após 24 e 48 horas pós-tratamento. No estudo de Ip and Fu (2015), pacientes que não responderam a uma combinação de fisioterapia convencional e medicamentos anti-inflamatórios não esteróides por mais de 4 semanas foram submetidos ao tratamento da capsulite adesiva do ombro com laser. Foi utilizado o laser infravermelho (810 nm com 50 mW) em seis pontos no ombro e dois pontos de acupuntura próximo ao ombro (SI 11 e SI 12) durante 30 segundos por ponto. As sessões foram realizadas 3 vezes por semana durante 8 semanas e o tratamento resultou em efeitos crônicos relacionados à redução da dor, aumento da amplitude de movimento e na realização de atividades de vida diária (AVDs) em pacientes avaliados por 2 anos. Em outro estudo, Ezzati et al. (2022) aplicaram laser infravermelho (905 nm, com potência de 50 mW) em 10 pontos nas regiões do ombro e coluna cervical de pacientes com capsulite adesiva durante 91 segundos por ponto, o que resultou em maior efeito analgésico comparado a rotinas de fisioterapia.

Estes estudos (ROCHE, 2016; IP; FU, 2015; EZZATI et al., 2022) mostraram que tanto o laser infravermelho quanto vermelho são importantes para o tratamento da capsulite adesiva, o que corrobora com os dados do atual estudo que utilizou-se o laser infravermelho e vermelho aplicados simultaneamente. A janela terapêutica inclui a luz visível (vermelha) e invisível (infravermelha). Para realização da fotobiomodulação, a luz vermelha atinge menores profundidades de penetração, enquanto a infravermelha atinge maiores profundidades corpóreas. Ainda, o uso simultâneo da luz vermelha e infravermelha permite interação com um maior número de cromóforos, favorecendo os efeitos terapêuticos (BAGNATO; PAOLILLO, 2014).

Estudos com US terapêutico (ELHAFEZ; ELHAFEZ, 2016; REHMAN; REHMAN; SIBTAIN, 2023) também mostram efeitos benéficos agudos e crônicos em pacientes com dores no ombro. Rehman, Rehman e Sibtain (2023) aplicaram o US 3 MHz no modo contínuo com intensidade de 1.5 W/cm<sup>2</sup> por 10 minutos na região do ombro de



pacientes com capsulite adesiva e associaram à mobilização articular com movimento. Os resultados mostraram redução da dor e maior amplitude de movimento comparado ao grupo que recebeu US placebo e mobilização articular com movimento. Em outro estudo, Elhafez e Elhafez (2016) combinaram Laser infravermelho (850 nm durante 20 minutos na região de dor no ombro ou na axila), US pulsado (3 MHz; 1:1, com intensidade de 1.5 W/cm<sup>2</sup> aplicados por 10 minutos na região de dor no ombro ou na axila) com a facilitação pós-isométrica ou exercícios tradicionais em pacientes com capsulite adesiva. Os tratamentos foram realizados 3 vezes por semana durante 4 semanas, totalizando 12 sessões. Foram constatadas a redução da dor e maior amplitude de movimento quando o laser e o ultrassom foram aplicados na região axilar e combinados com a facilitação pós-isométrica.

Os dados destes estudos (REHMAN; REHMAN; SIBTAIN, 2023; ELHAFEZ; ELHAFEZ, 2016) estão de acordo com os obtidos no atual estudo que demonstram a efetividade do tratamento da capsulite adesiva. Entretanto, diferentemente, no atual estudo foi utilizado US 1 MHz na região tratada. O uso do US 1 MHz é importante, pois, penetram profundamente nos tecidos musculares, tendíneos, articulares e ósseo. Ainda, no atual estudo foi utilizado o modo contínuo que tem predominância térmica e relaxamento músculo-tendíneo (TER HARR, 1999; PANHOCA et al., 2018). Ainda, os dados termográficos indicaram redução dos valores de temperatura entre os períodos pré e pós-tratamento, sugerindo efeito anti-inflamatório.

Em relação às dores associadas à coluna vertebral, em especial da lombar, estudos também mostram a eficácia do uso do Laser (PANAHA et al., 2021; NARDIN et al., 2022) e US (DURMOS et al., 2010; FIORE et al., 2011; EBADI et al., 2012).

Panah et al. (2021), aplicaram o laser infravermelho (810 nm) com 100 mW de potência com doses de 3 J/cm<sup>2</sup> ou 6 J/cm<sup>2</sup> em 6 pontos na área paravertebral durante 12 sessões (3 vezes por semana durante 4 semanas) e associou com anti-inflamatório não esteróide, resultando em efeito analgésico e redução da incapacidade relacionada à dor em pacientes com dor lombar aguda comparado ao grupo que só recebeu o medicamento. Nardin et al. (2022) aplicaram um cluster com 48 emissores de luz vermelha e infravermelha em paciente com dor lombar por 30 segundos em 4 pontos na região lombar em associação com exercícios aquáticos 2 vezes por semana durante 4 semanas e constataram a redução significativa da intensidade da dor, incapacidade e níveis de cortisol.

Embora, nossos dados corroboram com esses estudos realizados com fotobiomodulação para tratamento da lombalgia, diferenças de combinação de técnicas existem. No estudo Panah et al. (2021), o laser foi combinado com medicamento e no estudo de Nardin et al. (2022), a fotobiomodulação foi associada com exercícios físicos, enquanto, no atual estudo, o laser foi aplicado sinergicamente com o US.

Fiore et al. (2011) utilizaram o US 1MHz no modo contínuo com intensidade de  $2 \text{ W/cm}^2$  por 10 minutos nas regiões de contratura da coluna lombar durante 15 sessões (5 vezes por semana durante 3 semanas consecutivas) e constatou redução da dor e melhorias na incapacidade física. Entretanto, estes dados não foram superiores ao Laser de alta intensidade. Ebadi et al. (2012), também, utilizaram o US no modo contínuo, mas com intensidade de  $1.5 \text{ W/cm}^2$  por 8 minutos na região lombar durante 10 sessões (3 vezes por semana durante 4 semanas) e associaram com exercício físico, o que resultou em maior resistência muscular, amplitude de movimento e funcionalidade comparado ao grupo que fez tratamento placebo de US associado ao exercício. Durmos et al. (2010) também utilizaram o US 1 MHz no modo contínuo, mas com intensidade de  $1 \text{ W/cm}^2$  por 10 minutos na região lombar durante 15 sessões (5 vezes por semana durante 3 semanas consecutivas) e, ainda, associou com bolsa de água quente e exercício físico, o que resultou na melhora significativa da dor, incapacidade, desempenho de caminhada, qualidade de vida e depressão comparada ao grupo que realizou o tratamento placebo de US associado com bolsa de água quente e exercício.

No atual estudo, foi utilizado US contínuo na lombar para tratamento da dor crônica, o que gera efeito térmico predominante, devido a absorção de energia e sua transformação em calor, gerando significativos efeitos positivos no tratamento da dor. Entretanto, na fase aguda, foi utilizado o US pulsado, pois tem efeito não térmico predominante, possibilitando efeitos mecânicos no tecido biológico, como as microagitações das partículas que resultam em constante circulação de fluídos e aumento na permeabilidade da membrana aos íons e metabólitos, propiciando diversos efeitos terapêuticos (SCHLICHER et al., 2006).

A lombalgia tem inúmeros fatores causais, por exemplo, os desequilíbrios musculares, fraqueza dos paravertebrais e disfunções dos músculos isquiotibiais (DORTA, 2016). Assim, no atual, o tratamento da tendinite nos isquiotibiais, bem como a dor na região sacro ilíaca também foram efetivas com a combinação de US e Laser. Neste contexto, as imagens termográficas mostraram que a temperatura diminuiu entre os períodos pré e pós-tratamento, sugerindo efeito anti-inflamatório nos casos de

lombociatalgia e tendinite dos isquiotibiais bem como no caso de lombalgia crônica direita e esquerda com dor sacro ilíaca. Já no caso da lombalgia e ciatalgia com dores predominantes do lado esquerdo, os valores de temperatura aumentaram entre os períodos pré e pós-tratamento, sugerindo melhora da microcirculação e relaxamento muscular.

Vários estudos foram realizados com o uso sinérgico do US com o Laser e resultaram no tratamento da dor, aumento da funcionalidade e melhora da qualidade de vida, por exemplo, na disfunção temporomandibular (PANHOCA et al., 2018), osteoartrite de mão (PAOLILLO et al., 2015) e joelho (PAOLILLO et al., 2018), bem como, nos casos da síndrome da COVID longa (DIAS et al., 2022).

A aplicação sinérgica do US com Laser potencializa o tratamento, pois o estímulo luminoso é o gatilho para a regulação do metabolismo celular, entretanto, este estímulo depende do estado fisiológico das células, o que explica o motivo pelo qual a fotobiomodulação é eficaz na regulação de disfunção celular relacionadas ao estresse oxidativo e inflamação. Adicionalmente, o US propicia condições teciduais através da vibração molecular que favorece a ação do laser, melhorando o metabolismo celular e potencializando os efeitos terapêuticos. Ainda, a homeostase tecidual é alterada pelo US, que gera mudanças energéticas, metabólicas, de temperatura e circulação sanguínea. Assim, o Laser aplicado simultaneamente ao US interage com as respostas fisiológicas, facilitando o retorno a homeostasia celular e tecidual do organismo, o que potencializa os efeitos terapêuticos (BAGNATO; PAOLILLO, 2014).

## 5 CONCLUSÃO

O atual estudo mostrou que a aplicação sinérgica do Ultrassom com o Laser pode ser um importante recurso terapêutico a ser utilizado no processo de reabilitação física tanto em quadro clínico agudo quanto crônico, constatado por análises termográficas.

## AGRADECIMENTOS

Nós gostaríamos de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Processo nº. 2013/14001-9 e 2013/07276-1 (Programa CEPOF-CEPID), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)-Processo nº. 465360/2014-9 (Programa INCT), Programa de Bolsas de Pesquisa em Produtividade (PQ/UEMG Edital nº. 06/2021 e 10/2022), empresa MMOptics e Clínica Quality Fisio e Pilates,

## REFERÊNCIAS

- KARU, T.I.; PYATIBRAT, L.V.; AFANASYEVA, N.I. A novel mitochondrial signaling pathway activated by visible-to-near infrared radiation. **Photochem Photobiol**, v. 80, p. 366–372, 2004.
- HAGIWARA, S. et al. GaAlAs (830 nm) low-level laser enhances peripheral endogenous opioid analgesia in rats. **Lasers Surg Med**, v. 39, p. 797–802, 2007.
- CASTANO, A. P. et al. Low-level laser therapy for zymosan-induced arthritis in rats: importance of illumination time. **Lasers Surg Med**, v. 39: p. 543–550, 2007.
- PAOLILLO, A. R.; PAOLILLO, F. R.; JOAO, J. P.; JOAO, H. A.; BAGNATO, V. S. Synergic effects of ultrasound and laser on the pain relief in women with hand osteoarthritis. **Lasers in Medical Science**, v. 30, p. 279-286, 2015
- PAOLILLO, F. R.; GONÇALVES, G. H.; CAMILO, B. F.; MACHADO, C. S.; PAOLILLO, A. R. **Tecnologias a laser aplicadas à saúde e reabilitação. Atividade física, esporte e saúde: temas emergentes**. 1ed. Belém/PA: RFB Editora, 2021, v. 1, p. 313-325.
- TER HAAR G. Therapeutic ultrasound. **European Journal of Ultrasound**. v.9, 3-9, 1999.
- PAOLILLO, F.R.; LUCCAS, G.A.A.; PARIZOTTO, N.A.; PAOLILLO, A.R.; CASTRO NETO, J.C.; BAGNATO, V.S. The effects of transcranial laser photobiomodulation and neuromuscular electrical stimulation in the treatment of post-stroke dysfunctions. **Journal of Biophotonics**, v.16, n.4, p. e202200260, 2023.
- PAOLILLO, F. R.; LINS, E. C.; CORAZZA, A.V.; KURACHI, C.; BAGNATO, V. S. Thermography applied during exercises with or without infraredlight-emitting diode irradiation: individual and comparative analysis. **Photomed Laser Surg**, v. 31, p. 349–55, 2013.
- PANHOCA, V.H.; LOPES, L.A.B. ; PAOLILLO, F.R.; BAGNATO, V.S. Treatment of Temporomandibular Disorder Using Synergistic Laser and Ultrasound Application. **OHDM - Oral Health and Dental Management**, v. 17, p. 1, 2018.
- BARNES, R. B. Thermography of the Human Body. Infrared-Radiant Energy Provides New Concepts and Instrumentation for Medical Diagnosis. **Science**. v.140, p. 870-877, 1983.
- PAOLILLO, F.R.; CAMPOS, T.Y.T.B.; ALVAREZ, C.; SENE-FIORESE, M.; BAGNATO, V.S.; DE OLIVEIRA DUARTE, A.C.G.; PARIZOTTO, N.A. Synergic effects of ultrasound and laser therapies on mesentery for management of obesity and diabetes in rats. **Journal of Biophotonics**, v.14, n.11, p. e202100109, 2021.
- PAOLILLO F.R.; LOBO DA COSTA, P.H.; MENDES P.V.B.; CRUZ D.M.C.D.; PAOLILLO A.R.; BAGNATO, V.S. Effects of the infrared laser on classical ballerinas' feet: Analysis of plantar foot and static balance. **J Bodyw Mov Ther**, v.26, p.246-252, 2021.

IP, D.; FU, N.Y. Two-year follow-up of low-level laser therapy for elderly with painful adhesive capsulitis of the shoulder. **J Pain Res**, v.25, n.8, p.247-52, 2015.

ROCHE, G.C.; MURPHY, D.J.; BERRY, T.S.; SHANKS, S. Low-Level Laser Therapy for the Treatment of Chronic Neck and Shoulder Pain. **Funct Neurol Rehabil Ergon**, v.6, n.2, p. 97-104, 2016.

EZZATI, K.; SALARI, A.; KHANI, S.; ARIS, A. The Effects of Photobiomodulation on Shoulder Pain, Muscle Thickness, and Function in Subjects with Adhesive Capsulitis. **Caspian J Neurol Sci**, v.8, n.2, 90-97, 2022.

BAGNATO, V.S.; PAOLILLO, F.R. **Novos enfoques da fototerapia para condicionamento físico e reabilitação**. 1. ed. São Carlos: Compacta Gráfica e Editora, v.1, p. 1-199, 2014.

ELHAFEZ, H.M.; ELHAFEZ, S.M. Axillary Ultrasound and Laser Combined With Postisometric Facilitation in Treatment of Shoulder Adhesive Capsulitis: A Randomized Clinical Trial. **J Manipulative Physiol Ther**. v.39. n.5, p.330-338, 2016.

REHMAN, U.U.; REHMAN, S.S.U.; SIBTAIN, F. **Effectiveness of Mobilization with Movement with and without Therapeutic Ultrasound in Rehabilitation of Idiopathic Adhesive Capsulitis**. Disponível em: <https://journals.riphah.edu.pk/index.php/jrcrs/article/view/400/213>. Acesso em: 05 de Maio de 2023.

NARDIN, D.M.K.; STOCCO, M.R.; AGUIAR, A.F.; MACHADO, F.A.; DE OLIVEIRA, R.G.; ANDRAUS, R.A.C. Effects of photobiomodulation and deep water running in patients with chronic non-specific low back pain: a randomized controlled trial. **Lasers Med Sci**, v.37, n.4, p. 2135-2144, 2022.

FIGLIORE, P.; PANZA, F.; CASSATELLA, G.; RUSSO, A.; FRISARDI, V.; SOLFRIZZI, V.; RANIERI, M.; DI TEO, L.; SANTAMATO, A. Short-term effects of high-intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of low back pain: a randomized controlled trial. **Eur J Phys Rehabil Med**, v.47, n.3, p.367-73, 2011.

EBADI et al. The effect of continuous ultrasound on chronic non-specific low back pain: a single blind placebo-controlled randomized trial. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.13, p.192, 2012.

DURMUS, D.; AKYOL, Y.; CENGIZ, K.; TERZI, T.; CANTURK, F. Effects of Therapeutic Ultrasound on Pain, Disability, Walking Performance, Quality of Life, and Depression in Patients with Chronic Low Back Pain: A Randomized, Placebo Controlled Trial. **Turkish journal of rheumatology**, v.25, n. 2, 82-87, 2010.

PANAHAH, H. M., ABBASI, M., YAZDI, Z., & HAYATI, M. Comparative study of combination therapy with non-steroidal anti inflammatory drugs and different doses of low level laser therapy in acute low back pain. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v.27, p. 705–709, 2021.

SCHLICHER, R.K.; RADHAKRISHNA, H.; TOLENTINO, T.P.; APKARIAN, R.P.; ZARNITSYN, V.; PRAUSNITZ, M.R. Mechanism of Intracellular Delivery By Acoustic Cavitation, **Ultrasound in Med. & Biol**, v.32, n. 6, p. 915–924, 2006.

DORTA, H.S. Relação entre os músculos isquiotibiais e paravertebrais com a lombalgia **Coluna/Columna**, v. 15, n.3, p. 241-243, 2016.

PAOLILLO, F.R.; PAOLILLO, A.R. ; JOAO, J.P. ; FRASCA, D.; DUCHENE, M.; JOAO, H.A.; BAGNATO, V.S. Ultrasound plus low-level laser therapy for knee osteoarthritis rehabilitation: a randomized, placebo-controlled trial. **Rheumatology International**, v. 38, p. 785-793, 2018.

DIAS, L.D. et al. Perspectives on photobiomodulation and combined light-based therapies for rehabilitation of patients after COVID-19 recovery. **Laser Physics Letters**, v. 19, p. 045604, 2022.