

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI
JOÃO PEDRO SCALDAFERRI MARTINS

**FOTOBIMODULAÇÃO COM LEDs INFRAVERMELHO E VERMELHO NO
TRATAMENTO DA TENDINOPATIA DO MANGUITO ROTADOR: REDUÇÃO DA
DOR E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO**

JOÃO PEDRO SCALDAFERRI MARTINS

**FOTOBIMODULAÇÃO COM LEDs INFRAVERMELHO E VERMELHO NO
TRATAMENTO DA TENDINOPATIA DO MANGUITO ROTADOR: REDUÇÃO DA
DOR E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Anhembi Morumbi, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica. Orientador: Antonio Balbin Villaverde. Coorientadores: Carlos José de Lima e Adriana Barrinha Fernandes. São José dos Campos, 2022.

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

JOÃO PEDRO SCALDAFERRI MARTINS

FOTOBIMODULAÇÃO COM LEDs INFRAVERMELHO E VERMELHO NO TRATAMENTO DA TENDINOPATIA DO MANGUITO ROTADOR: REDUÇÃO DA DOR E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica. Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Guillermo Jose Balbin Villaverde

Orientador

Doutorado em Engenharia Biomédica

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. José Dilermando Costa Junior

Centro Universitário de Itajubá - FEPI

Prof. Dr. César Ferreira Amorim

Universidade Cidade de São Paulo - UNICID

Prof. Dr. Carlos José de Lima

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Egberto Munin

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro (coordenação)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves (suplente)

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Ronaldo Júlio Baganha (suplente)

Universidade Metodista de Piracicaba

São José dos Campos, novembro/2022

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

JOÃO PEDRO SCALDAFERRI MARTINS

Graduado em Fisioterapia pela FEPI (2006). Especialista em Acupuntura pela Fisoarte (2010). Especialista em Fisioterapia Traumato-Ortopédica e Esportiva pela FEPI (2013). Especialista em Fisioterapia Gerontológica pela FEPI (2022). Mestre em Bioengenharia pela Universidade Brasil (2016). Doutorando em Engenharia Biomédica pela UAM. Atua como fisioterapeuta na Prefeitura Municipal e na clínica PHYSION, ambas na cidade de Cristina-MG.

Ficha Catalográfica

M341f Martins, João Pedro Scaldaferrri
Fotobiomodulação em LEDs infravermelho e vermelho no tratamento da tendinopatia no manguito rotador: redução da dor e recuperação funcional do ombro / João Pedro Scaldaferrri Martins – 2022.
77f.: 30 cm.

Orientador: Antônio Guillermo José Balbin Villaverde.
Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Anhembi Morumbi, São José dos Campos, 2022.
Bibliografia: f. 59-69.

1. Engenharia Biomédica. 2. Tendinopatia no manguito rotador.
3. Ultrassom terapêutico. 4. LED-terapia. 5. Dor. 6. Qualidade de vida.
I. Título.

CDD: 610.28

DEDICATÓRIA

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. A minha Tia Margarida e minha Mãe Maria, que na verdade, são duas MÃES INCRÍVEIS que eu tenho. Nada seria sem a ajuda delas. Sempre me dando conselhos e atenção nas horas mais difíceis e importantes.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado, sendo a Luz do meu caminho, em momentos tenebrosos, me dando força, coragem e fé.

A minha Tia e minha Mãe, por terem confiado em mim, sempre me ajudando, incentivando e dando forças nas horas mais importantes, nas horas difíceis, tristes e complicadas. E Graças a Deus, também nas horas de felicidade e alegria. Sem vocês duas eu não seria ninguém.

Ao meu padrasto Célio, me recebendo de braços abertos em sua casa, nesta longa temporada de estudos. Mas infelizmente ele não poderá ver esta etapa finalizada, mas tenho a certeza, que ele está sempre conosco, lá de cima, nos dando força e sendo exemplo que devemos batalhar dia após dia.

Aos meus professores que me ajudaram de maneira singular, meu orientador Prof. Balbin, meus coorientadores, Prof. Lima e Profa. Adriana, e também ao Prof. Leandro.

Ao Prefeito Municipal de Cristina, Senhor Ricardo Azevedo e ao meu amigo e Coordenador do NASF, João Tadeu da Silva.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante todos os anos do curso de Doutorado em Engenharia Biomédica.

Aos meus pacientes e colegas de trabalho, por me incentivarem a continuar e me dando forças nos momentos difíceis.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma, para a realização deste trabalho, o meu mais profundo agradecimento.

EPÍGRAFE

“Tudo aquilo que conseguimos realizar foi graças a ajuda de outras pessoas.”

Walt Disney

FOTOBIMODULAÇÃO COM LEDs INFRAVERMELHO E VERMELHO NO TRATAMENTO DA TENDINOPATIA DO MANGUITO ROTADOR: REDUÇÃO DA DOR E RECUPERAÇÃO FUNCIONAL DO OMBRO

RESUMO

A tendinopatia do ombro é caracterizada pela inflamação dos tendões do manguito rotador, que pode ser causada por estresse, e movimento ou carga excessiva nos músculos. Esta pesquisa tem como objetivo estudar os efeitos do tratamento da tendinopatia do manguito rotador usando fotobiomodulação com Diodo Emissor de Luz (LED) no infravermelho (850 nm) ou vermelho (640 nm), promovendo a redução da dor e a recuperação da funcionalidade do ombro do paciente. As faixas de comprimento de onda que essa radiação atua, para promover de forma mais rápida o processo de recuperação da lesão, são o vermelho e o infravermelho próximo. A fotobiomodulação com LED é uma técnica não invasiva, fácil de aplicar e de baixo custo. Com o intuito de verificar qual é a terapia mais eficaz na redução da dor e na recuperação funcional, a fotobiomodulação em 840 nm, em 640 nm, e o ultrassom terapêutico foram comparados. O estudo avaliou 75 pacientes, com idades entre 45 e 70 anos, distribuídos em cinco grupos experimentais (15 pacientes cada): irradiação com luz infravermelha (IR), irradiação com luz vermelha (VR), ultrassom terapêutico (US), luz infravermelha e ultrassom combinados (IR-US), e luz vermelha em conjunto com ultrassom (VR-US). Parâmetros do ultrassom: 1 MHz, 0,5 W/cm², taxa de repetição de 100 Hz, aplicados por 4 min em cada sessão. Protocolo de irradiação de LED - 3 pontos, 7,5 J por ponto, IR-LED 750 mW, 10 s; VR-LED 250 mW, 30 s. A irradiação de LED é seguida por ultrassom nas terapias combinadas. A eficácia das cinco terapias foi avaliada por meio de 12 parâmetros: qualidade de vida (Health Assessment Questionnaire, HAQ), intensidade da dor (Escala Visual Analógica EVA), amplitude articular do movimento do ombro (flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial, rotação lateral), força muscular (abdução, rotação lateral) e eletromiografia (rotação lateral, abdução). Os tratamentos consistiram em 12 sessões durante 4 semanas. A análise intragrupo mostrou que as cinco terapias melhoraram significativamente a recuperação de todos os parâmetros após o tratamento. Em relação à comparação de terapias irradiadas e ultrassom, a análise estatística mostrou que IR-US foi um tratamento melhor do que US para todos os 12 parâmetros. O tratamento com IR foi mais eficaz em relação ao US em 9 parâmetros, enquanto as terapias com VR e VR-US excederam o US em 7 e 10 parâmetros, respectivamente ($p < 0,05$). Portanto, a terapia IR-US mostra-se o melhor tratamento para a tendinopatia do manguito rotador. Conclui-se que as melhorias na qualidade de vida, na redução da intensidade da dor, no movimento da amplitude do ombro e na força muscular obtida com a terapia de ultrassom são aumentadas pela adição de irradiação LED infravermelha ao ultrassom para pacientes que sofrem de tendinopatia do manguito rotador.

Palavras-Chave: Engenharia Biomédica. Tendinopatia do manguito rotador. Ultrassom terapêutico. LED-terapia. Dor, qualidade de vida. amplitude de movimento do ombro e força muscular.

PHOTOBIMODULATION WITH INFRARED AND RED LEDS IN THE TREATMENT OF ROTATOR CUFF TENDINOPATHY: PAIN REDUCTION AND FUNCTIONAL RECOVERY OF THE SHOULDER

ABSTRACT

Shoulder tendinopathy is characterized by inflammation of the rotator cuff tendons, which can be caused by stress, and excessive movement or loading on the muscles. This research aims to study the effects of treating rotator cuff tendinopathy using photobiomodulation with Light Emitting Diode (LED) in infrared (850 nm) or red (640 nm), promoting pain reduction and recovery of shoulder functionality. of the patient. The wavelength ranges that this radiation acts to promote faster the injury recovery process are red and near infrared. Photobiomodulation with LED, infrared or red, is a non-invasive technique, easy to apply and low cost. In order to verify which is the most effective therapy in pain reduction and functional recovery, photobiomodulation at 840 nm, at 640 nm, and therapeutic ultrasound are compared. The study evaluated 75 patients, aged between 45 and 70 years, divided into five experimental groups (15 patients each): irradiation with infrared light (IR), irradiation with red light (VR), therapeutic ultrasound (US), infrared light and combined ultrasound (IR-US), and red light in conjunction with ultrasound (VR-US). Ultrasound parameters: 1 MHz, 0.5 W/cm², 100 Hz repetition rate, applied for 4 min in each session. LED irradiation protocol - 3 points, 7.5 J per point, IR-LED 750 mW, 10 s; VR-LED 250 mW, 30 s. LED irradiation is followed by ultrasound in combination therapies. The effectiveness of the five therapies was evaluated using 12 parameters: quality of life (Health Assessment Questionnaire, HAQ), pain intensity (VAS Visual Analog Scale), shoulder joint range of motion (flexion, extension, abduction, adduction, medial rotation, lateral rotation), muscle strength (abduction, lateral rotation) and electromyography (lateral rotation, abduction). Treatments consisted of 12 sessions over 4 weeks. Intragroup analysis showed that the five therapies significantly improved recovery of all parameters after treatment. Regarding the comparison of irradiated and ultrasound therapies, the statistical analysis showed that IR-US was a better treatment than US for all 12 parameters. IR treatment was more effective over US in 9 parameters, while VR and VR-US therapies exceeded US in 7 and 10 parameters, respectively ($p < 0.05$). Therefore, IR-US therapy proves to be the best treatment for rotator cuff tendinopathy. It is concluded that improvements in quality of life, reduction of pain intensity, shoulder range motion and muscle strength obtained with ultrasound therapy are enhanced by the addition of infrared LED irradiation to ultrasound for patients suffering from tendinopathy. of the rotator cuff.

Keywords: Biomedical Engineering. Rotator cuff tendinopathy. Therapeutic ultrasound. LED-therapy. Pain, quality of life, shoulder range of motion and muscle strength.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Articulações do complexo do ombro.....	19
Figura 2 Planos anatômicos e eixos do corpo humano.....	20
Figura 3 Vista posterior do Manguito Rotador: Supraespinhal, Infraespinhal e Redondo Menor.....	22
Figura 4 Vista anterior do Manguito Rotador: Supraespinhal e Subescapular....	22
Figura 5 Fases de evolução da Tendinopatia do Manguito Rotador.....	25
Figura 6 Localização da dor no ombro.....	26
Figura 7 Ultrassom terapêutico.....	32
Figura 8 Área do ombro do paciente irradiada pelo Ultrassom terapêutico.....	32
Figura 9 Diagrama de fluxo da configuração do estudo.....	33
Figura 10 Imagem do LED Infravermelho ligado.....	35
Figura 11: Imagem do LED Vermelho ligado.....	35
Figura 12: Área do ombro do paciente sendo irradiada pelo feixe de LED.....	36
Figura 13: Escala Visual Analógica (EVA).....	39
Figura 14: Imagem de um Goniômetro.....	39
Figura 15: Dinamômetro digital portátil.....	39
Figura 16: Eletromiografia (EMG).....	41
Figura 17: Avaliação utilizando eletromiografia.....	41
Figura 18: Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros (a) Qualidade de vida (HAQ) e (b) intensidade da dor (EVA).....	47
Figura 19: Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros de amplitude articular do movimento do ombro.....	49
Figura 20: Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros de Força muscular e Eletromiografia.....	50
Figura 21 Variação dos ângulos de flexão na avaliação da amplitude de movimento, em função do tempo de terapia para todos os grupos.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Protocolo de LED-terapia para LEDs vermelhos e infravermelhos.....	37
Tabela 2: Pontuações do questionário de avaliação de saúde (HAQ).....	38
Tabela 3: Protocolo para avaliar os parâmetros de amplitude de movimento, força muscular e eletromiografia.....	42
Tabela 4: IDADE, MASSA e IMC para os pacientes dos cinco grupos.....	44
Tabela 5: Evolução da pontuação dos parâmetros avaliados para todos os grupos de tratamento (Média \pm DP)	45
Tabela 6 Scores evolução intermédio (2 semanas) e pós-terapia (4 semanas) dos 12 parâmetros avaliados, e os 5 grupos estudados.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UST: Ultrassom Terapêutico.....	16
LED: Light Emitting Diode.....	17
ATP: Adenosina Trifosfato.....	17
IR: Grupo Infravermelho.....	18
VR: Grupo Vermelho Visível.....	18
MS: Membro Superior.....	24
ReBEC: Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos.....	30
TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	30
US: Grupo usando Ultrassom Terapêutico.....	31
IR-US: Grupo usando LED Infravermelho com Ultrassom Terapêutico.....	31
VR-US: Grupo usando LED Vermelho com Ultrassom Terapêutico.....	31
HAQ: Health Assessment Questionnaire.....	36
EVA: Escala Visual Analógica.....	37
EMG: Eletromiógrafo.....	39
SENIAM: Eletromiografia de superfície para avaliação não invasiva dos músculos.....	39
IMC: Índice de Massa Corpórea.....	42
DP: Desvio Padrão.....	43
LLLT: Terapia a laser de baixa intensidade.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Fundamentação e relevância.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Anatomia e biomecânica do ombro.....	19
2.2 Manguito Rotador.....	21
2.3 Tendinopatia do Manguito Rotador.....	23
2.4 Ultrassom Terapêutico.....	27
2.5 LEDs Vermelho e Infravermelho.....	28
2.6 Objetivo e Justificativa.....	29
2.6.1 Objetivo Geral.....	29
2.6.2 Objetivos Específicos.....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1 Aspectos éticos.....	30
3.2 Local e recrutamento dos pacientes.....	30
3.3 Critérios de inclusão.....	30
3.4 Critérios de exclusão.....	31
3.5 Grupos de estudo.....	31
3.6 Equipamentos utilizados.....	31
3.6.1 Protocolo de terapia do Ultrassom Terapêutico.....	31
3.6.2 Protocolo de terapia com LED.....	33
3.7 Protocolo de avaliação do tratamento.....	37
3.8 Análise estatística.....	43
4 RESULTADOS.....	44
4.1 Avaliação da qualidade de vida e intensidade da dor.....	46
4.2 Avaliação da amplitude de movimento.....	47
4.3 Avaliação da força muscular.....	48
4.4 Eletromiografia.....	48
4.5 Comparação entre os grupos irradiados com LED IR e VR.....	51

5 DISCUSSÃO.....	52
6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
APÊNDICE A.....	70
ANEXO 1.....	72
ANEXO 2.....	76

INTRODUÇÃO

1.1 Fundamentação e relevância

Com uma vida agitada, tantos afazeres a realizar em um curto espaço de tempo, mesmo em cidades menores, deixamos de lado a prática de exercícios físicos, dessa forma, nos tornamos sedentários. Por isso, negligenciamos não só a parte estética, mas também a parte mais importante, a fisiológica, e deixamos os músculos atrofiarem por desuso. Como consequência, sobrecarregamos outras estruturas como os tendões do ombro, causando lesões agudas e crônicas, chamadas de tendinopatias, ocasionando dor, sofrimento e incapacidade funcional. As lesões tendíneas mais comuns são as relacionadas ao manguito rotador, com incidência de 7 a 40%, comprometendo fortemente a qualidade de vida e as atividades realizadas pelos pacientes (BURGESS; MCCARTY; THORNTON, 2013; de PAULA et al., 2019). A dor no ombro é a terceira preocupação mais comum relatada na atenção básica, responsável por cerca de 15 a 20% das consultas de adultos. Outra preocupação é a demanda excessiva de trabalhadores deixando suas atividades de trabalho, provocando mudanças negativas na vida profissional, econômica e social dos pacientes (ARAUJO; LEOTTY; LIMA, 2020; CIPOLLARO et al., 2019).

A tendinopatia do manguito rotador é uma doença, caracterizada pela inflamação de um ou mais tendões, que fazem parte da estrutura do ombro. Pode ser causada por diversas condições, como movimento excessivo nas atividades de vida diária, excesso de carga na musculatura, sedentarismo, estresse, idade avançada, entre outros (HASLERUD et al., 2015; MOBASHERI; SHAKIBAEJ, 2013). Essa doença atinge ambos os gêneros na 3ª década de vida, apresentando maior predominância no gênero feminino, bem como na população acima de 40 anos. A tendinopatia do manguito rotador comumente afeta pessoas que realizam movimentos de abdução acima da cabeça, em suas atividades de trabalho e atletas de basquete, natação, tênis, voleibol e baseball (LEWIS et al., 2015).

O sintoma mais frequentemente relatado por pacientes com tendinopatia do manguito rotador é uma dor insidiosa e intensa localizada na parte superior e lateral do ombro. Essa dor se intensifica à medida que ombro é estendido, com a maior parte da dor relatada entre 60 a 120 graus de abdução, causando limitação do movimento articular e levando à atrofia dos músculos da articulação do ombro (de PAULA et al., 2019; PIETERS et al., 2020).

O diagnóstico da tendinopatia do manguito rotador geralmente é feito por meio de avaliação clínica médica e posteriormente confirmado com exames como a ultrassonografia (HINSLEY et al., 2014). A avaliação fisioterapêutica é realizada por meio de exame clínico, questionário de qualidade de vida, mensuração da força muscular e da amplitude de movimento do ombro (POLLARD; PRIBICEVIC, 2005).

Nam e Lee (2014) relataram que o tratamento conservador da tendinopatia do manguito rotador deve ser sempre priorizado, ou seja, usar anti-inflamatórios para redução da dor, aumentar a amplitude de movimento, fortalecer a musculatura do ombro e, por fim, estabilizar a articulação, dessa forma melhorando a qualidade de vida sem a necessidade de intervenção cirúrgica (LEE; NAM, 2014). No entanto, o uso de anti-inflamatórios pode causar efeitos adversos, muitas vezes mais graves do que a própria tendinopatia, como por exemplo, lesões hepáticas. Esses medicamentos são administrados por via oral ou parenteral, de forma sistêmica, induzindo efeitos colaterais como reações gastrointestinais com possível formação de úlceras gástricas e duodenais, aumento da pressão arterial e distúrbios circulatórios (ABATE et al., 2017). Os anti-inflamatórios também podem afetar a força e a elasticidade dos próprios músculos, decorrente de seu efeito inibidor sobre as enzimas ciclooxigenase (COX) que regulam a síntese de prostaglandinas, que por sua vez, regulam processos fisiológicos, incluindo o metabolismo das proteínas musculares (LILJA et al., 2018).

Uma técnica amplamente utilizada pelos fisioterapeutas na prática clínica, para o tratamento das tendinopatias do manguito rotador é o ultrassom terapêutico (UST), consiste em um equipamento com cristal piezoelétrico que transmite ondas acústicas ao local da lesão, promovendo a aceleração do processo de recuperação do tecido lesado. As ondas ultrassônicas aceleram a cicatrização, aumentando a vascularização local e estimulando a melhora de características biomecânicas, como a capacidade de absorção de energia e tensão máxima de resistência à ruptura (ENWEMEKA, 1989; JIANG et al., 2019), aumento da síntese de colágeno, proliferação de fibroblastos (JIANG et al., 2019; RAMIREZ et al., 1997), liberação de fatores de crescimento estimulados pela degranulação de mastócitos (CHAHL; FYFE, 1982; JIANG et al., 2019), e resposta melhorada de plaquetas e macrófagos antecipando a fase proliferativa e de remodelação (DYSON; YOUNG, 1990; JIANG et al., 2019).

A característica importante do ultrassom terapêutico para o tratamento da tendinopatia é que a técnica não é invasiva, ou seja, não ocorre a invasão do organismo

por meio de instrumentos cirúrgicos (JIANG et al., 2019; MELLEIN; MITRAGOTRI; SUNDARAM, 2003; SCHLICHER et al., 2006). Esse método utiliza uma substância conhecida como gel acoplador, que permite o máximo de transmissão de energia acústica para as partes internas dos órgãos, neste caso o alvo é o tendão lesado (BYL, 1995; JIANG et al., 2019).

Outra técnica não invasiva bem difundida para o tratamento de diversas patologias é a fotobiomodulação, que emprega luz proveniente de dispositivos fotoemissores, como o LED (“Light Emitting Diode”). A faixa de comprimento de onda em que essa radiação atua para promover mais rapidamente o processo de recuperação da disfunção abrange a radiação vermelha e infravermelha próxima, com comprimentos de onda de 650 nm a 940 nm (MARTIGNAGO et al., 2020). O presente estudo é interessante, pois a literatura científica é escassa a respeito do tratamento da Tendinopatia do Manguito Rotador pela técnica fotônica. Não foram encontrados estudos relatados de terapia com LED na tendinopatia do Manguito Rotador atualmente.

A fotobiomodulação usando lasers e LEDs de baixa intensidade, apresenta um efeito anti-inflamatório, que promove melhora nos processos inflamatórios, diminuindo o edema, as células inflamatórias e as citocinas pró-inflamatórias, aumenta a produção de Trifosfato de Adenosina (ATP), o estímulo da microcirculação e a formação de novos vasos (ALBERTINI et al., 2007a; CASALECHI et al., 2013; KLEBANOV; OSIPOV; VLADIMIROV, 2004; PIRES et al., 2011). Nas últimas décadas, a eficácia da terapia de fotobiomodulação foi comprovada em animais e humanos para vários tratamentos, incluindo o processo de reparo do tendão de Aquiles (BASTOS; LIZARELLI; PARIZOTTO, 2009; CASALECHI et al., 2009; DEMIR et al., 2004), doenças dermatológicas (RINALDI; RUCCO; SORBELLINI, 2018), dor aguda e inflamação em pacientes submetidos à artroplastia total do quadril (LANGELLA et al., 2018), linfedema pós-mastectomia (KAVIANI et al., 2006), transplante de pele (MARTIGNAGO et al., 2020), cicatrização do umbigo de bezerros leiteiros neonatais (FARIA et al., 2017), entre outros.

Além disso, é amplamente relatado que a fotobiomodulação, composto pelas técnicas de LED e LASER, melhora a atividade muscular e a resistência à fadiga bem como para o tratamento de distúrbios musculoesqueléticos, buscando os melhores parâmetros de irradiação fotônica, como potência e comprimento de onda, para melhorar a atividade muscular (de ALMEIDA et al., 2012; de OLIVEIRA et al.,

2017), tempo-resposta de terapia LED no torque muscular e resistência à fadiga em homens jovens (ABREU et al., 2020). Visa também, os efeitos da terapia a laser na dor, qualidade de vida e sono em pacientes com fibromialgia (de CARVALHO et al., 2012), terapias a laser e LED associado a exercícios em pacientes com hérnia de disco lombar (de CARVALHO M et al., 2016), terapia a laser e exercícios para tratamento de dor lombar crônica (DJAVID et al., 2007), e para reduzir a dor e aumentar a função em adultos com tendinopatia do manguito rotador (BURGESS; MCCARTY; THORNTON, 2013). Duas revisões sistemáticas abrangentes dos efeitos da terapia a laser de baixa intensidade sobre a dor e comprometimento dos movimentos musculares em pacientes com tendinopatia no manguito rotador foram publicadas recentemente, uma por Haslerud et al. (2015) e outra por Araújo; Leotty; Lima (2020).

Neste contexto, o presente estudo propõe comparar a eficácia da intervenção da terapia de ultrassom para tendinopatia do manguito rotador com duas outras modalidades terapêuticas - terapias de LED infravermelho (IR) e vermelho visível (VR) - investigando a redução da dor e a evolução positiva da lesão, empregando vários parâmetros de avaliação. A hipótese é que a irradiação LED infravermelha combinada com ultrassom terapêutico é superior ao ultrassom terapêutico sozinho ou em conjunto com o LED vermelho visível, para o tratamento de tendinopatia do manguito rotador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Anatomia e biomecânica do ombro

A articulação do ombro é considerada a mais funcional e complexa do corpo humano, sendo composta por músculos, ossos, tendões e ligamentos, com grande mobilidade, entretanto, apresenta pouca estabilidade devido à anatomia articular. Formado por três ossos principais: úmero, clavícula e escápula; formando 5 articulações (**Figura 1**), apresentando 3 verdadeiras (glenoumeral, esternoclavicular e acromioclavicular) e 2 fisiológicas (escapulotorácica e subdeltóide). A articulação glenoumeral é a mais importante do complexo do ombro, caracterizada como sinovial, esferoide, triaxial e incongruente. A articulação esternoclavicular, também do tipo sinovial, triaxial, em formato de sela, incongruente, se movimenta como dobradiça absorvendo choques, já a acromioclavicular, é uma articulação do tipo plana. As articulações escapulotorácica e subdeltóide são consideradas fisiológicas, por possuírem duas superfícies, que deslizam uma sobre a outra, desta forma, consideradas articulações funcionais (MACÊDO et al., 2015; MEJIA; MONTEIRO, 2012; PEREIRA, 2015).

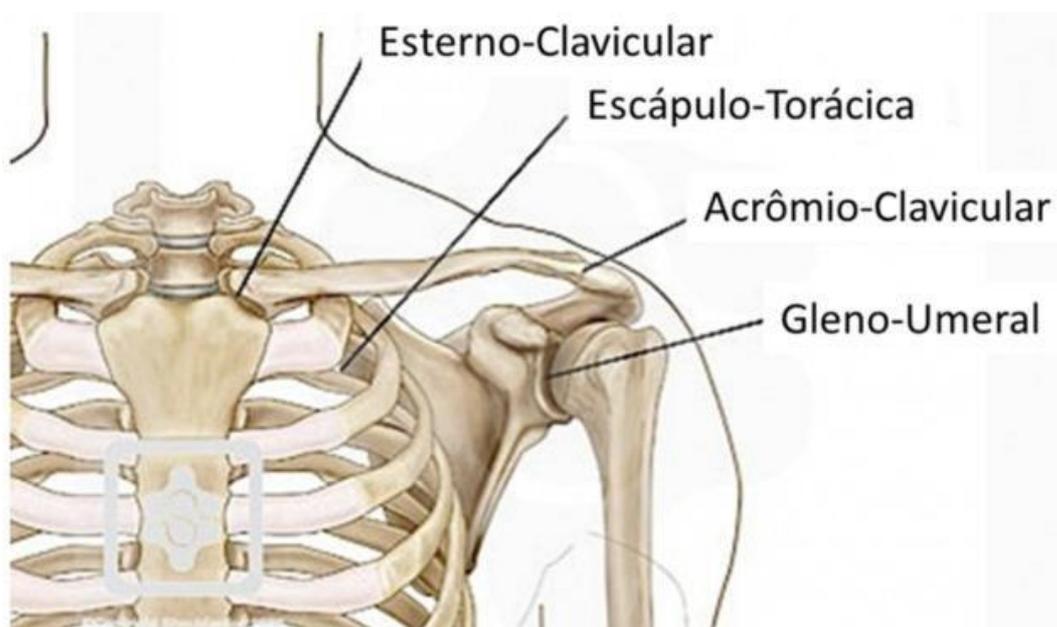


Figura 1 - Articulações do complexo do ombro.

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/articulacoes-do-ombro>.
Acessado em: 14 de setembro de 2021.

Os movimentos da articulação do ombro acontecem nos planos imaginários sagital, frontal e transversal, de maneira, que cada plano se projeta em torno de seu eixo (**Figura 2**), se tornando o ponto central no qual a articulação gira. A articulação do ombro é a mais móvel de todo o corpo, possuindo três graus de liberdade, permitindo assim, como já relatado, os movimentos nos três planos imaginários. O plano frontal divide o corpo em parte anterior e posterior, orientado pelo eixo anteroposterior, realizando os movimentos de abdução e adução de ombro. No plano sagital o corpo é dividido em lado direito e esquerdo, orientado pelo eixo laterolateral, ocorrendo os movimentos de flexão e extensão do ombro. Finalizando, o plano transversal divide o corpo em parte superior e inferior, permitindo os movimentos de rotação interna e rotação externa sob a orientação do eixo longitudinal (ANDREWS; HARRELSON; WILK, 2000; CALAIS-GERMAIN, 2010; KAPANDJI, 2007; KONIN, 2006).

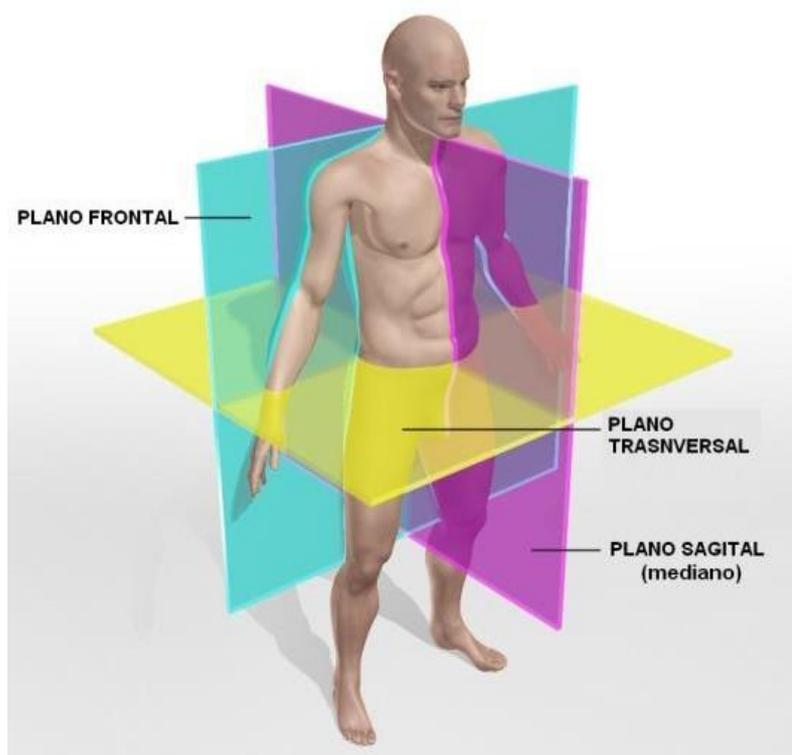


Figura 2 – Planos anatômicos e eixos do corpo humano.

Fonte: <https://fisioterapri.wordpress.com/tag/movimento-cinesiologia-corpohumano-fisioterapia>. Acesso em: 14 de setembro de 2021.

Como já relatado, a articulação do ombro apresenta maior mobilidade, conseqüentemente, maior amplitude de movimento, são elas: flexão (0° a 180°),

extensão (0° a 45°), abdução (0° a 180°), adução (0° a 45°), rotação interna (0° a 90°) e rotação externa (0° a 90°). A explicação da maior amplitude de movimento é decorrente da anatomia articular da articulação glenoumeral, devido a cabeça grande e arredondada do úmero possuir pouco contato com a rasa cavidade glenóide, conseqüentemente, gerando instabilidade articular pela baixa coaptação entre as faces articulares. Apesar de sua instabilidade natural, devido à própria anatomia articular, o ombro compensa com estabilizadores estáticos e dinâmicos. Os estabilizadores estáticos são: cápsula articular, fossa glenóide, lábio glenoidal e ligamentos glenoumerais, já os músculos do manguito rotador e os músculos escapuloumerais são os dinâmicos. Mas sem dúvida, é imprescindível um equilíbrio biomecânico entre ambos os estabilizadores, ou seja, os estabilizadores estáticos e dinâmicos para maior segurança e mobilidade na articulação do ombro (ANDREWS; HARRELSON; WILK, 2000; CALAIS-GERMAIN, 2010; PEREIRA, 2015).

2.2 Manguito Rotador

O manguito rotador é constituído por quatro músculos escapuloumerais, são eles: subescapular, supraespinhal, infraespinhal e redondo menor (**Figuras 3 e 4**). Realizam os movimentos de rotação interna e externa da articulação glenoumeral, mas sua principal função é posicionar e fixar a cabeça do úmero na cavidade glenóide, gerando estabilidade durante os movimentos do ombro (ASZMANN et al., 1996; BOON et al., 2004; CLARK; HARRYMAN, 1992; CURTIS et al., 2006).

Os músculos do manguito rotador se originam na escápula e se inserem na região proximal do úmero. O músculo subescapular se origina na face costal da escápula e se insere no tubérculo menor do úmero, com ação de realizar a rotação interna do braço e impedir o deslocamento posterior da cabeça do úmero. O supraespinhal se origina na fossa supraespinhal da escápula, passa sob o espaço subdeltóide e se insere no tubérculo maior do úmero, com ação de abdução do braço e impedir o deslocamento superior do úmero. Já o músculo infraespinhal origina-se na fossa infraespinhal da escápula e se insere no tubérculo maior do úmero, sua função é realizar a rotação externa do braço e impedir o deslocamento anterior da cabeça do úmero. Finalizando, o músculo redondo menor tem sua origem na fossa infraespinhal da escápula e se insere no tubérculo maior do úmero, realiza o movimento de rotação externa do braço e também impede o deslocamento anterior da cabeça do úmero (DARK; GINN; HALAKI, 2007; da SILVA et al., 2020;

KADRMAS; KELLY; SPEER, 1996; LEE et al., 2000).

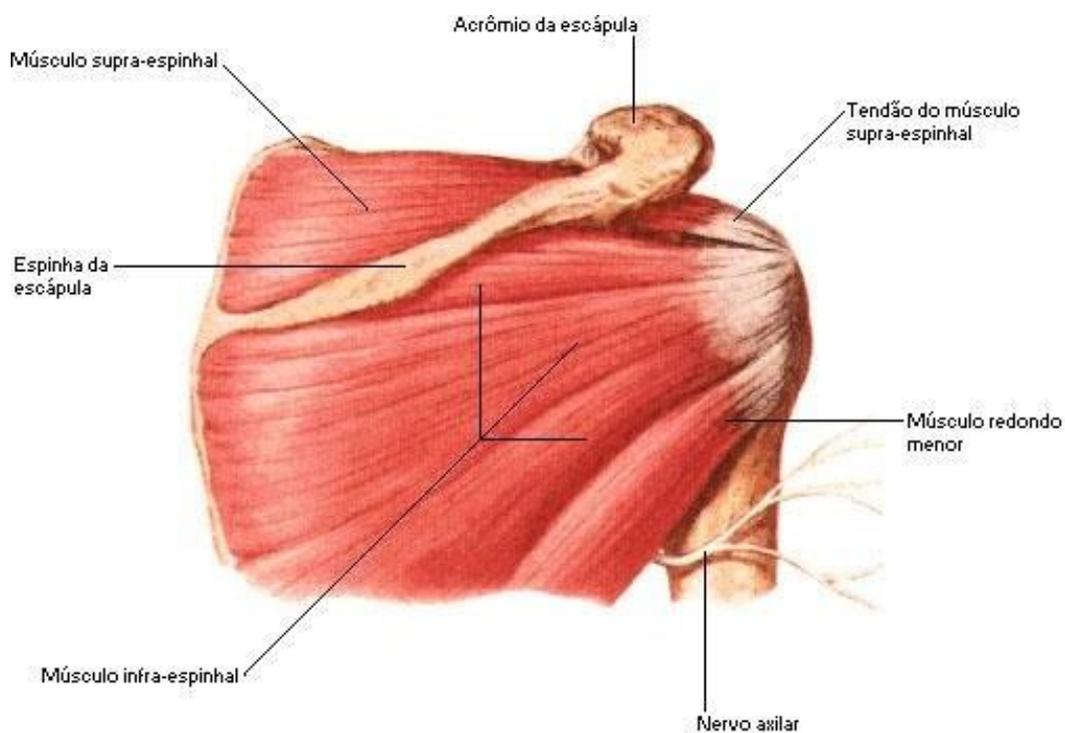


Figura 3 - Vista posterior do Manguito rotador: Supraespinhal, Infraespinhal e Redondo Menor.

Fonte: NETTER, F H. Atlas de Anatomia Humana. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

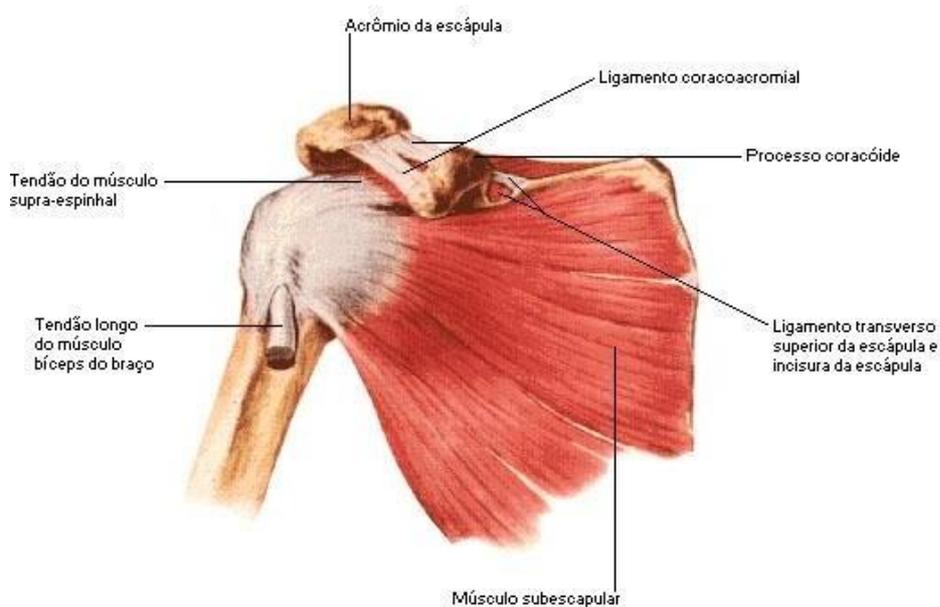


Figura 4 - Vista anterior do Manguito Rotador: Supraespinhal e Subescapular.

Fonte: NETTER, F H. Atlas de Anatomia Humana. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

2.3 Tendinopatia do Manguito Rotador

O tendão é uma estrutura esbranquiçada, rica em tecido conjuntivo, resistente a cargas e tem a função de transmitir força e energia decorrente do músculo ao osso, entretanto, está em constante processo de degradação e formação de células e matriz tecidual. Os tenócitos são as principais células encontradas nos tendões e tem como função, a produção de colágeno e secreção de matriz extracelular. Na presença de cargas repetitivas, esse sistema entra em desequilíbrio, levando a uma maior taxa de degradação em relação à formação, causando lesão tecidual. Durante o processo patológico, o tendão apresenta uma alteração morfológica, caracterizando a degeneração, perdendo seu aspecto liso, sólido e brilhante, ficando com tons amarronzados ou acinzentados (MACÊDO et al., 2015; MELISCKI et al., 2014; SPARGOLI, 2018).

A tendinopatia é um termo utilizado para uma condição inespecífica do tendão, que apresenta dor e déficit funcional em decorrência de um processo inadequado do reparo do tendão. A tendinopatia crônica acontece em tendões lesionados com duração acima de 6 semanas, em tecidos com suprimento sanguíneo deficientes e com degeneração do colágeno (BEUTLER; CHILDRESS, 2013). Tendinopatia do manguito rotador são afecções que acometem os tendões desse grupo muscular, podendo afetar um ou mais tendões, sendo o tendão do supraespinhal o mais acometido por sua crítica localização e maior probabilidade de compressão (AERNI; VANBAAK, 2020; de PAULA et al., 2019; PEREIRA, 2015).

A etiologia da tendinopatia do manguito rotador é multifatorial, em consequência da associação de diversos fatores, tais como, a ação biomecânica inadequada, compressão das estruturas do manguito rotador e esforço repetitivo do ombro. As causas podem ser divididas em dois grupos: fatores intrínsecos e fatores extrínsecos (de PAULA et al., 2019; PEREIRA, 2015).

A hipovascularização tendínea e a fraqueza muscular são as duas principais causas apontadas como fatores intrínsecos. Os tendões são metabolicamente ativos e necessitam de aporte vascular, entretanto, os tendões do manguito rotador, por estarem em uma área crítica, como no caso o supraespinhal, com contínua compressão entre o tubérculo maior do úmero e o acrômio, apresentam uma menor vascularização, deixando-os propensos a lesões. A fraqueza muscular do manguito rotador é considerada um grande fator causal intrínseco das tendinopatias, pois sem a força muscular estabilizadora da articulação glenoumeral, a cabeça do úmero

elevaria, favorecendo o impacto subacromial (BODIN et al., 2012; de PAULA et al., 2019; LEWIS et al., 2015).

Dos fatores extrínsecos, o uso excessivo da articulação do ombro é o mais relevante. O uso repetitivo do membro superior (MS) acima de 90°, pode ocorrer tanto nas atividades profissionais quanto nas atividades de vida diária. Os movimentos de rotação externa e elevação do ombro acima da cabeça, são capazes de gerar inflamação das estruturas, diminuindo o espaço ocupado do subdeltóide, ficando mais propenso ao impacto subacromial (LEWIS et al., 2015; PEREIRA, 2015).

Há alguns fatores de risco que são relevantes para o aparecimento da tendinopatia do manguito rotador, podemos citar: idade, sexo e a anatomia do acrômio. O processo do envelhecimento é retratado como um dos fatores, visto que as lesões do ombro são comuns em indivíduos acima dos 40 anos e aumentam na faixa etária de 50 e 60 anos, continuando a aumentar a partir dos 70 anos. Vários estudos apontaram uma maior incidência da tendinopatia do manguito rotador em mulheres, segundo Cassou et al., (2002), mulheres realizam atividades com maior repetitividade. Movimentos acima da cabeça são amplamente utilizados por mulheres que realizam trabalhos domésticos, cuidam de suas famílias e ainda possuem uma atividade laboral fora do ambiente doméstico, levando à maior sobrecarga na articulação do ombro, pela somatória de atividades exercidas. Alterações na anatomia no acrômio também são fatores de risco associados a tendinopatia do manguito rotador, variações na forma, ângulo ou inclinação podem influenciar, restringindo a passagem dos tendões do manguito rotador, mais especificamente, o supraespinhal (ARAÚJO; GARZEDIN; GOMES NETO, 2017; AZAM; QADIR; UMER, 2012; da SILVA et al., 2020; PEREIRA, 2015).

Uma pessoa pode sofrer variadas lesões ao longo dos anos, desde microtraumas até grandes traumas, desta forma, as frequências desses eventos contribuem para a cronicidade da lesão. Geralmente a tendinopatia do manguito rotador se inicia como uma tendinite e quando não tratada, pode evoluir com calcificações e até ruptura. Além disso, fatores como a genética, influências hormonais, doenças metabólicas, alto consumo de antiinflamatórios, consumo excessivo de álcool e histórico de tabagismo podem influenciar indiretamente a saúde do tendão e dificultar o processo de cicatrização. O diabetes mellitus, por exemplo, é um fator de risco para o aparecimento da tendinopatia do manguito

rotador, conforme descreveu Leong et al. (2019) a hiperglicemia, sintomatologia recorrente do diabetes, pode afetar a reticulação do colágeno do tendão e reduzir o conteúdo de proteoglicanos, deixando o tendão mais suscetível a lesões (de PAULA et al., 2019; NEER, 1995; SOUZA, 2001). A evolução da tendinopatia do manguito rotador foi dividida em três fases para auxiliar na sua identificação (**Figura 5**). A fase I afeta indivíduos jovens de até 25 anos com dor aguda, hemorragia e edema, causado pelo excesso da utilização do membro superior, tanto no trabalho como também no esporte, mas cessa ao repouso. A fase II acomete principalmente indivíduos entre 25 a 40 anos, caracterizada pelo processo inflamatório que gera fibrose, bursite subacromial e tendinite do manguito rotador. A fase III é mais característica a partir dos 40 anos e apresenta rupturas parciais ou totais nos tendões do manguito rotador e alterações ósseas no acrômio e na cabeça do úmero (PEREIRA, 2015).

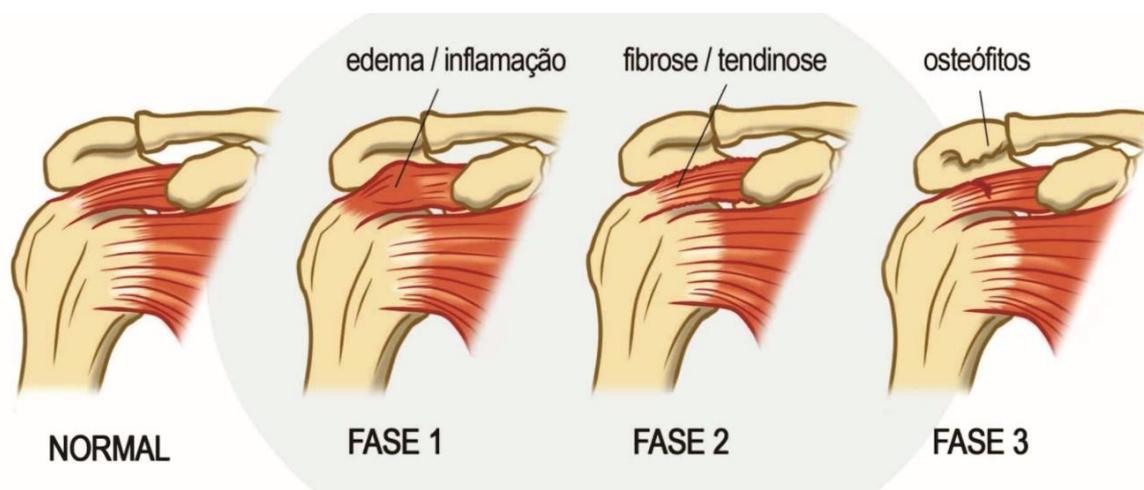


Figura 5 - Fases de evolução da Tendinopatia do Manguito Rotador.

Fonte: www.yolkmusic.info. Acessado em: 14 de setembro de 2021.

O quadro clínico de um paciente com tendinopatia do manguito rotador pode ser dividido em dois grupos, ou seja, sintomas causados pela inflamação e sintomas causados pela ruptura do tendão. Os sintomas causados pela inflamação do tendão apresentam dor, presença dos sinais flogísticos e limitação da amplitude de movimento. Entretanto, entre os sintomas causados pela ruptura do tendão, podemos ressaltar as crepitações articulares, fraqueza muscular e atrofia muscular. A dor tem início insidioso na parte superior e lateral do ombro (**Figura 6**), e pode aumentar sua intensidade com movimento de elevação do ombro de 70 a 120°. Pode

ocorrer dor noturna devido ao estiramento das estruturas moles. A dor é localizada entorno do ombro, podendo irradiar para a região escapular, porém, não ultrapassa os limites do cotovelo. Outro sintoma importante é a fraqueza muscular do braço acometido, podendo ser caracterizada como real ou aparente. A fraqueza real ocorre quando o músculo e/ou tendão estão danificados e a fraqueza aparente ocorre quando a dor limita a capacidade funcional do indivíduo. As crepitações podem ser audíveis e/ou palpadas, estão presentes nas fases I e II da classificação de Neer e são indicativos de rupturas (AERNI; VANBAAK, 2020; ARAUJO; LEOTTY; LIMA, 2020; de PAULA et al., 2019; PEREIRA, 2015).



Figura 6 - Localização da dor no ombro.

Fonte: <https://www.willianrezende.com.br/dores-nos-ombros-principais-causas>.
Acessado em: 14 de setembro de 2021.

O diagnóstico da tendinopatia do manguito rotador é realizado principalmente pela análise da história clínica e a sintomatologia apresentada pelo paciente, além dos exames complementares como a ultrassonografia e ressonância magnética, que podem ser solicitados para melhor avaliação das estruturas. A ultrassonografia é um exame de imagem que possibilita a identificação de rupturas nos tendões do manguito rotador e sinais de inflamação, sendo um método eficaz, rápido e indolor. Por sua vez, e considerado um excelente método, o exame de imagem utilizando a ressonância magnética, permite análises mais precisas dos tendões do Manguito Rotador e também das demais estruturas do complexo do ombro (DUTTON, 2010; JACOBSON, 2011; MARTINOLI et al., 2003; TEEFEY et al., 2000).

Há a possibilidade de realizar vários testes clínicos especiais, para a confirmação do diagnóstico, especificamente o teste da queda do braço que avalia ruptura da bainha rotatória; teste de Neer, avalia a presença de tendinopatia do supraespinhoso; o teste de Patte que avalia a ruptura do músculo infraespinhal; teste de Geber que irá avaliar a integridade do músculo subescapular; teste de Apley, que avalia os movimentos de rotação interna e externa e o teste de Hawkins-Kennedy que detecta presença de conflito subacromial (PEREIRA, 2015; VILAS-BOAS, 2018).

2.4 Ultrassom Terapêutico

O ultrassom terapêutico é uma das técnicas mais utilizadas no tratamento de lesão relacionada à tendinopatia do manguito rotador. Trata-se de um sistema constituído de cristal piezelétrico, que, quando é submetido à excitação elétrica alternada, produz a propagação de ondas acústicas na direção longitudinal do meio a que está imerso. Essa energia mecânica proporciona ao local lesionado uma maior rapidez no processo de recuperação (FRASSON; PARIZOTTO; TACIRO, 2009; ter HAAR, 1999).

O método de utilização do aparelho de ultrassom para o tratamento da tendinopatia não é invasivo (MELLEIN; MITRAGOTRI; SUNDARAM, 2003; SCHLICHER et al., 2006). Para efetuar a terapia, basta fazer o contato do transdutor cristal piezelétrico sobre a pele que antecede as estruturas internas que constituem a área lesionada. É necessário apenas o uso de uma substância de interface, a fim de maximizar a transmissão das ondas acústicas na região interna em que se observa a lesão. Utiliza-se de uma substância específica denominada de “gel acoplador”, assim a utilização da terapia de ultrassom associada à substância de interface permite a maximização da transmissão da energia acústica, até as partes internas do órgão, neste caso o alvo é o tendão lesionado (BYL, 1995).

As ondas ultrassônicas aceleram a cicatrização, aumentando a vascularização local e estimulando a melhora das características biomecânicas, como capacidade de absorção de energia e aumento da tensão máxima de resistência à ruptura (ENWEMEKA, 1989), da síntese de colágeno e proliferação de fibroblastos (RAMIREZ et al., 1997), liberação de fatores de crescimento estimulados pela degranulação de mastócitos (CHAHL; FYFE, 1982), plaquetas e macrófagos, antecipando a fase proliferativa e de remodelação (DYSON; YOUNG, 1990).

Tecnicamente, para o tratamento de lesão de tendinopatia, o equipamento de ultrassom propaga ondas acústicas de 1 e 3 MHz, sendo que a potência emitida pelo cristal contempla a faixa de 0,3 a 7,0 W (STARLEY, 2001), podendo ser aplicado em modo contínuo ou pulsado.

2.5 LEDs Vermelho e Infravermelho

A utilização de sistemas de LEDs, tanto no vermelho quanto no infravermelho, na terapia de inúmeras patologias é amplamente reconhecida (FERRARESI; HAMBLIN; PARIZOTTO, 2012; RODRIGUES et al., 2014), incluindo relatos da utilização da luz proveniente de LEDs em tratamentos de tendinopatias (GUDMUNDSEN; VIKNE, 1987; SAUNDERS, 1995; VECCHIO et al., 1993).

O LED vermelho emite radiação luminosa na região vermelha do espectro eletromagnético, ou seja, entre 600 à 700 nanômetros (nm), e provocando uma reação fotoquímica objetivando os efeitos terapêuticos. Essa reação acontece quando o cromóforo enzima citocromo C oxidase, absorve um fóton de luz e com isso, um elétron é levado à um estado excitado (COTLER et al., 2015), na cadeia respiratória mitocondrial, com seu pico de absorção, entre o espectro do vermelho ao infravermelho próximo (AFANASYEVA; KARU, 1995). Quando a molécula de óxido nítrico se dissocia do citocromo C oxidase, resulta em efeitos terapêuticos, ocorrendo o aumento do transporte de elétrons, de potenciais de membrana mitocondrial, de produção de ATP mitocondrial, de NADH, de RNA e também da respiração celular (de FREITAS; HAMBLIN, 2016; WANG et al., 2016).

O LED vermelho apresentou efeitos biomoduladores interessantes, promovendo a síntese de colágeno (ENWEMEKA; REDDY; STEHNO-BITTEL, 1998), estimulando o efeito anti-inflamatório e bioestimulador na produção de colágeno (LOPES-MARTINS et al., 2007), corroborando na regeneração do tecido e redução da dor. Aumenta a resistência à tração do tecido, a eficácia no reparo de tecidos e controle da dor (ENWEMEKA et al., 2004), de maneira isolada, como também combinada com o tratamento fisioterapêutico (HASLERUD et al., 2015).

O LED infravermelho apresenta ação anti-inflamatória e efeitos analgésicos (ABRISHAM et al., 2011; BOSCHI et al., 2008; JARVIS; MACIVER; TANELIAN, 1990; YAVUZ et al., 2014), otimizando a melhora de sintomas clínicos como dor,

perda de sensibilidade e até em inibir sinais nociceptivos em nervos periféricos (JARVIS; MACIVER; TANELIAN, 1990), caracteriza-se também, pela capacidade de otimizar a microcirculação local e a recuperação de pacientes com lesões musculoesqueléticas (ALTAN; BINGOL; YURTKURAN, 2005).

Segundo Awotidebe; Inglis-Jassiem; Young (2019), utiliza-se a técnica de LED infravermelho junto ao tratamento fisioterapêutico (HASLERUD et al., 2015), contendo a inflamação ou estimulando o reparo tendíneo, impulsionando a organização de fibras de colágeno em todo o tendão (ARRUDA et al., 2007), com intuito da melhora da dor, amplitude de movimento articular e funcionalidade, em pacientes com distúrbios musculoesqueléticos do ombro (OKU et al., 2006), como tendinopatias subagudas e crônicas (BJORDAL; COUPPE; LJUNGGREN, 2014).

2.6 Objetivo e Justificativa

2.6.1 Objetivo geral

Analisar a eficácia terapêutica das técnicas utilizando LEDs de baixa potência, nas faixas de luz visível (vermelho) e invisível (infravermelho próximo) para o tratamento de tendinopatia crônica do manguito rotador, em comparação ao Ultrassom Terapêutico.

2.6.2 Objetivos específicos

- Verificar o desempenho das técnicas de fotobiomodulação com luz de baixa potência, utilizando LED na faixa de luz visível (vermelho), LED na faixa de luz invisível (infravermelho), e cada LED combinado com ultrassom, em comparação com o método tradicional de Ultrassom terapêutico isolado.
- Analisar qual destas técnicas apresenta melhor desempenho na terapia de tendinopatia crônica do manguito rotador.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Aspectos éticos

Este estudo foi realizado de acordo com os princípios da Declaração de Helsinque. A aprovação foi concedida pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Anhembi Morumbi sob protocolo da plataforma Brasil CAAE:91320518.9.0000.5492 (07/06/2018) (Anexo 1), e foi incluso no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) (Anexo 2) sob o Número Universal de Ensaio (UTN) U1111-1219-3594 (22/08/2018). Os pacientes que aceitaram participar do estudo, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes do início do tratamento.

3.2 Local e recrutamento dos pacientes

O tratamento foi realizado na clínica de fisioterapia Physion, situada na Rua Governador Valadares, 25, CEP 37476-000, cidade de Cristina, MG, pertencente ao autor deste estudo.

Os voluntários portadores de tendinopatia crônica do manguito rotador, foram primeiramente submetidos a uma avaliação clínica pelo fisioterapeuta responsável pelo estudo, e assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido).

Todos os voluntários tiveram sua identidade preservada, e as informações pertinentes aos diagnósticos, antes e depois das terapias, foram disponibilizadas para cada paciente colaborador individualmente. O voluntário durante a terapia poderia desistir do tratamento, garantindo que as informações individuais fossem mantidas em sigilo.

A agenda para a terapia foi estabelecida nos dias e horários a serem atribuídos em função da disponibilidade do paciente colaborador para realização da pesquisa, garantindo a periodicidade.

3.3 Critérios de inclusão

Foram incluídos na pesquisa os pacientes com:

- Diagnóstico de tendinopatia crônica do manguito rotador por mais de 6 meses;
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado;
- Faixa etária de 45 a 70 anos;
- Não utilização de medicamentos anti-inflamatórios e analgésicos

concomitante ao estudo.

3.4 Critérios de exclusão:

Não fizeram parte da pesquisa os pacientes:

- Sem diagnóstico de tendinopatia crônica do manguito rotador;
- Não assinaram o TCLE;
- Idade fora da faixa etária estudada;
- Apresentaram outra patologia grave;
- Apresentaram neoplasias;
- Uso de medicamentos anti-inflamatórios e analgésicos;
- Tratados recentemente com outros métodos terapêuticos
- Histórico de fotossensibilidade.

3.5 Grupos de estudo

Setenta e cinco pacientes com tendinopatia crônica do manguito rotador foram selecionados para participar do estudo e foram alocados por conveniência em cinco grupos com 15 pacientes cada: grupo controle não irradiado (US) composto por pacientes que receberam ultrassom terapêutico sozinho; dois grupos de pacientes irradiados, que compreendiam irradiação com LED infravermelho a 850 nm (IR) e LED vermelho visível em 640 nm (VR); e os dois grupos constituídos por pacientes tratados com irradiação LED associada ao ultrassom terapêutico, os grupos (IR-US) e (VR-US).

Os participantes foram orientados a evitar analgésicos ou anti-inflamatórios durante o tratamento e a se abster de realizar atividades cotidianas dolorosas que envolvam o ombro afetado. A **Figura 9** mostra o fluxograma da distribuição da coorte e as etapas do protocolo experimental.

3.6 Equipamentos utilizados

3.6.1 Protocolo de terapia do Ultrassom Terapêutico

A ultrassonoterapia foi realizada com equipamento de ultrassom terapêutico da marca IBRAMED modelo Sonopulse (IBRAMED Co, Amparo, São Paulo, Brasil), programado para frequência acústica de 1 MHz, intensidade efetiva do ultrassom de

0,5 W/cm², taxa de repetição de 100 Hz com 20% de ciclo de trabalho e 3,5 cm² de ERA (Área de Radiação Efetiva). A frequência acústica de 1 MHz foi escolhida devido a sua maior profundidade de penetração, e o modo pulsado por seu efeito no reparo de partes moles (DYSON; YOUNG, 1990). O equipamento foi calibrado pela fábrica antes do início do estudo. O ultrassom foi aplicado por acoplamento direto com movimentos oscilatórios de fricção por 4 min em uma área de 50 cm² localizada na parte superior e lateral do ombro, mais especificamente entre a tuberosidade maior do úmero e o acrômio. O tratamento consistiu em um total de doze sessões, três vezes por semana, resultando em 28 dias de duração. **A Figura 7** apresenta o aparelho de ultrassom terapêutico, a **Figura 8** demonstra a área do ombro do paciente sendo irradiada pelo ultrassom terapêutico, e a **Figura 9** apresenta o diagrama de fluxo da configuração do estudo.



Figura 7 Ultrassom terapêutico

Fonte: Acervo pessoal do autor

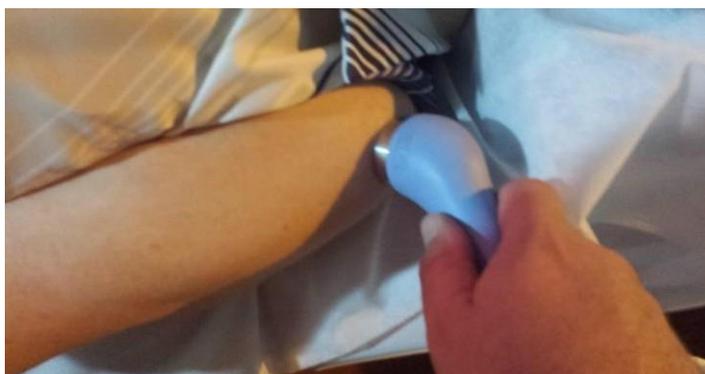
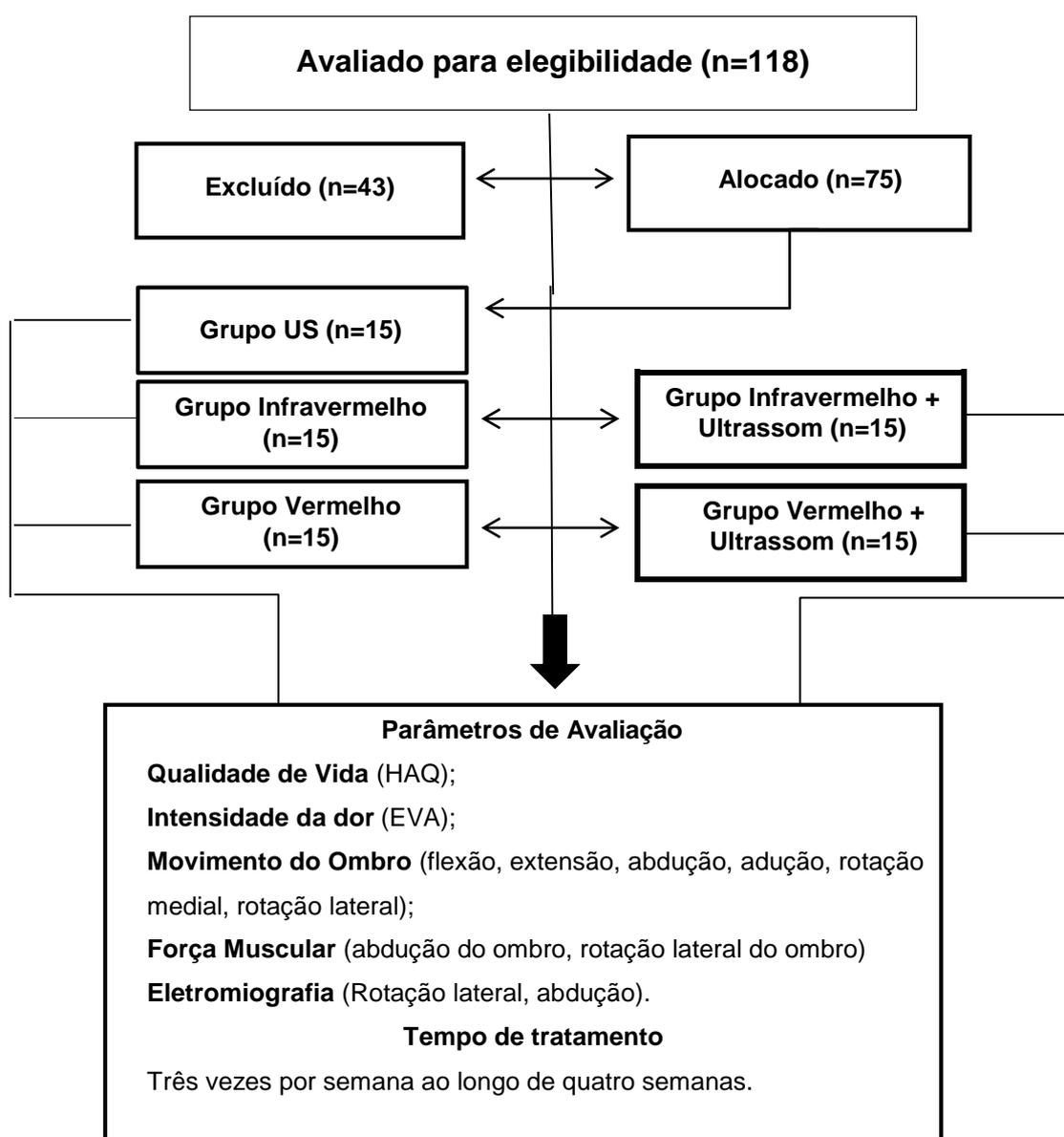


Figura 8 Área do ombro do paciente irradiada pelo Ultrassom terapêutico.

Fonte: Acervo pessoal do autor



US: ultrassom, IV: LED infravermelho, VR: LED vermelho visível, HAQ: Questionário de avaliação de saúde, EVA: Escala Visual Analógica

Figura 9 Diagrama de fluxo da configuração do estudo.

3.6.2 Protocolo de terapia com LED

Foram construídos dois sistemas cabeçotes constituídos de LEDs, sendo cada componente do tipo encapsulamento de diâmetro 5mm, o ângulo do feixe de luz emissor de cada elemento optoeletrônico foi de 25° (vermelho) e 30° (infravermelho). Um cabeçote foi constituído de 39 LEDs emitindo luz vermelha (640nm), e o outro similar com a diferença de emissão no infravermelho próximo

(850nm). A **Figura 10** mostra a imagem do LED Infravermelho e o LED Vermelho pode ser verificado na **Figura 11**. O projeto e construção desses sistemas foi elaborado pelo Prof. Dr. Carlos José de Lima, coorientador desse estudo. Um detalhe importante a ressaltar, é de que especificamente na **Figura 10**, como a emissão da luz é infravermelha, não é possível visualizá-la a olho nu, mas como a imagem foi produzida por uma câmera de telefone celular, seu sensor semiconductor do tipo CCD (“Charge-Coupled Device”) apresenta sensibilidade também na região do infravermelho próximo.

De Carvalho et al. (2012), relatam que as dosagens ópticas utilizadas para a terapia de contusões em geral, normalmente atuam dentro de uma faixa que abrange de 4 a 10 W/cm², eles utilizaram LED com potência de saída de 100 mW e comprimento de onda de 945 nm, abrangendo uma área de 450 cm², com 32 J de dosagem óptica (8 pontos). Nós utilizamos uma área com tamanho nove vezes menor, com 50 cm², com incidência total de energia valendo 21 J, sendo dividida em 3 pontos, com 7 J em cada, correspondendo a um tempo de 10 s por local. Os parâmetros da terapia LED para LEDs vermelho e infravermelho são apresentados na **Tabela 1**. A associação das modalidades da técnica LED e US foi realizada nos grupos US-IR e US-VR, sendo a técnica US aplicada imediatamente após a irradiação do LED. Ambas as aplicações de ultrassom e irradiação de LED foram realizadas na mesma área anatômica de cada paciente.

O paciente e o fisioterapeuta usaram óculos, que é um Equipamento de Proteção Individual (EPI), para proteger a visão de ambos e evitar que o paciente soubesse qual tipo de LED que estava sendo utilizando, se tornando um teste cego e evitando assim, a interferência pelo paciente. Uma fotografia que mostra a área do ombro do paciente sendo irradiada pelo feixe de LED é exibida na **Figura 12**. A **Tabela 1** mostra o protocolo de LED-terapia para LEDs Infravermelho e vermelho.



Figura 10 Imagem do LED Infravermelho ligado.

Fonte: Acervo pessoal do autor

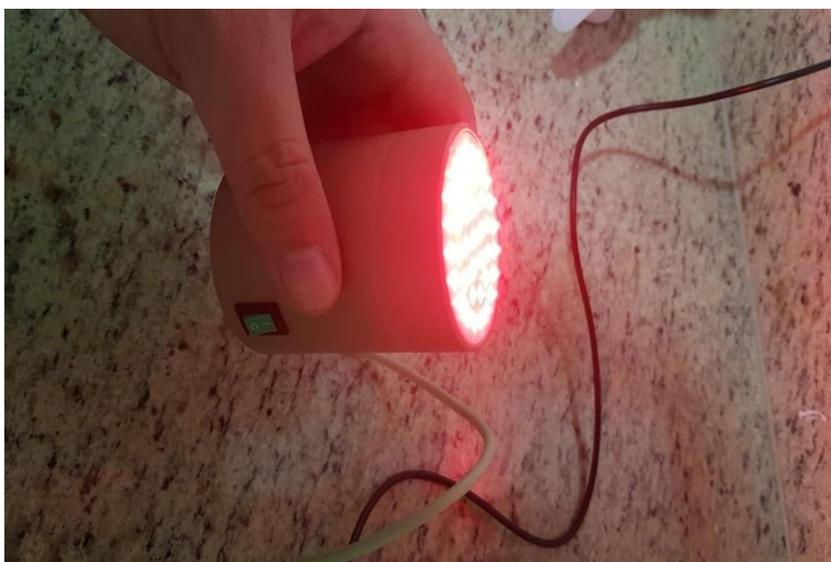


Figura 11 Imagem do LED Vermelho ligado.

Fonte: Acervo pessoal do autor



Figura 12 Área do ombro do paciente sendo irradiada pelo feixe de LED.

Fonte: Acervo pessoal do autor

Tabela 1 Protocolo de LED-terapia para LEDs vermelhos e infravermelhos

Parâmetros de LED-terapia	LED Vermelho	LED Infravermelho
Comprimento de Onda (nm)	640	850
Frequência de Emissão	Contínuo	Contínuo
Potência (W)	0,250	0,750
Densidade de potência (W/cm ²)	0,04	0,12
Energia por ponto (J)	7,5	7,5
Densidade de energia por ponto (J/cm ²)	0,38	0,38
Energia total por sessão (J)	22,5	22,5
Área irradiada por ponto (cm ²)	19,6	19,6
Área total irradiada do ombro (cm ²)	50	50
Tempo de tratamento por ponto (s)	30	10
Tratamento total por sessão (s)	90	30
Sessões de tratamento por semana	3	3
Total de sessões de tratamento	12	12
Entrega de energia no tratamento (J)	270	270
Modo de aplicação	Sonda estacionária mantida com leve pressão em contato com a pele à 90°	
Região de aplicação no ombro	Irradiação de LED em 3 pontos sobre uma área de 50 cm ² na parte superior e lateral do ombro entre a tuberosidade maior do úmero e o acrômio	

3.7 Protocolo de avaliação do tratamento

A avaliação do tratamento foi realizada pelos seguintes parâmetros: qualidade de vida, intensidade da dor, amplitude de movimento do ombro, força muscular e eletromiografia (sinal EMG). A qualidade de vida dos pacientes foi analisada por meio do Health Assessment Questionnaire (HAQ) que compreende 15 questões com pontuação de 0 a 3 em dificuldade para realizar atividades de vida diária, com pontuação total igual a 45 que implica deficiência completa, o Health Assessment Questionnaire é descrito na **Tabela 2** (POLLARD; PRIBICEVIC, 2005).

Tabela 2 Pontuações do questionário de avaliação de saúde (HAQ)

Você é capaz de	Nível de dificuldade*			
	Sem nenhuma	Com alguma	Com muita	Incapaz de fazer
1. Vestir-se bem, inclusive amarrar os cadarços dos sapatos e abotoar as roupas?	0	1	2	3
2. Lavar a cabeça e o cabelo?	0	1	2	3
3. Ficar em pé a partir de uma cadeira com encosto reta e sem braços para apoio?	0	1	2	3
4. Deitar-se e levantar da cama?	0	1	2	3
5. Cortar pedaços de carne?	0	1	2	3
6. Levar à boca um copo ou xícara cheia de café, leite ou água?	0	1	2	3
7. Abrir um saco comum de leite?	0	1	2	3
8. Lavar e secar seu corpo após o banho?	0	1	2	3
9. Tomar um banho?	0	1	2	3
10. Sentar-se e levantar de um vaso sanitário	0	1	2	3
11. Levantar os braços e pegar um objeto com cerca de 2,5 kg, que está posicionado logo acima da cabeça?	0	1	2	3
12. Abrir frascos ou vidros enlatados, que foram abertos anteriormente?	0	1	2	3
13. Abrir e fechar as torneiras?	0	1	2	3
14. Fazer compras nas proximidades de onde você mora?	0	1	2	3
15. Executar tarefas como usar a vassoura para varrer?	0	1	2	3
TOTAL	0	15	30	45

* Quanto menor a soma de pontos, melhor é a qualidade de vida do paciente

Fonte: Questionário adaptado de Pollard; Pribicevic (2005)

A seguir, a intensidade da dor foi avaliada por meio da Escala Visual Analógica (EVA), que classifica a dor em uma escala de 0 a 10, sendo 10 a dor máxima e 0 a ausência (**Figura 13**).

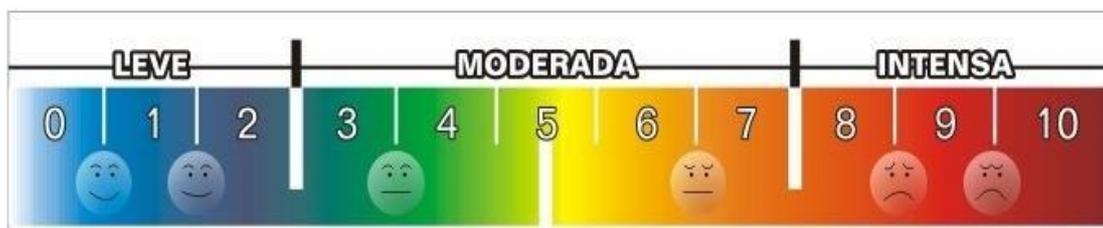


Figura 13 Escala Visual Analógica (EVA)

Fonte: Acervo pessoal do autor

A amplitude de movimento foi avaliada por meio da medição dos ângulos de movimento em degradainos por meio de um goniômetro (**Figura 14**) de acrílico transparente com 2 braços para medição da amplitude articular, modelo SH5205-1 da marca Carci (Carci Ind Com São Paulo, Brasil), com uma amplitude angular de 0° a 360° e 21 cm de comprimento por 5 cm de largura quando fechada. É composto por seis parâmetros que avaliam cada movimento separadamente: flexão, extensão, abdução, adução, rotação medial e rotação lateral.

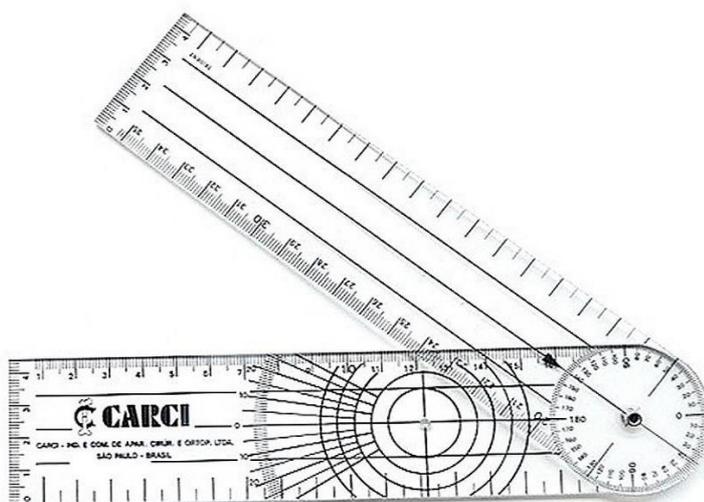


Figura. 14 Imagem de um Goniômetro

Fonte: Acervo pessoal do autor

A quarta avaliação, realizada por meio de um dinamômetro digital portátil (**Figura 15**), modelo STC-01 da marca Tomate (SoilControl Instrumentos Medição & Pesquisa, São Paulo, Brasil). Suas dimensões eram de 21 cm de altura e 3 cm de

largura por 7 cm de comprimento, precisão de 10 gf e capacidade máxima de 50 Kgf. O paciente realizou dois movimentos específicos da articulação do ombro, abdução e rotação lateral, para avaliar a força máxima exercida na linha de base e após o término do tratamento.



Figura 15 Dinamômetro digital portátil

Fonte: Acervo pessoal do autor

Posteriormente, a avaliação da atividade muscular elétrica foi feita por meio de um sistema de eletromiógrafo (EMG), modelo EMG800, da EMG System do Brasil (São José dos Campos, Brasil). Assim, nas situações pré e pós-tratamento, a contração muscular dos movimentos de rotação lateral e abdução foram mensurados pela EMG (**Figura 16**). O sistema EMG apresentou fator de amplificação de sinal de 1000 vezes e taxa de amostragem de 2 KHz por canal. Eletrodos circulares descartáveis de Ag/AgCl (10 mm de diâmetro) foram colocados sobre cada músculo com uma distância intereletrodo centro a centro de 20 mm, seguindo o local de colocação com base no projeto SENIAM (Eletromiografia de superfície para avaliação não invasiva dos músculos) (de ANDRADE et al., 2005; SACCO et al., 2009; WATARI et al., 2014). A atividade EMG foi iniciada removendo o deslocamento do EMG bruto, o sinal foi filtrado com filtro Butterworth de quarta ordem com uma largura de passagem de banda de 20–500 Hz, e seguida por

retificação de onda completa e filtragem de passagem baixa a 5 Hz. O envelope linear teve sua magnitude normalizada pelo valor EMG RMS, e foi normalizado no tempo. Uma fotografia mostra um paciente utilizando o sistema de eletromiógrafo (EMG) exibido na **Figura 17**.



Figura 16 Eletromiografia (EMG)

Fonte: Acervo pessoal do autor



Figura 17 Avaliação utilizando eletromiografia

Fonte: Acervo pessoal do autor

A **Tabela 3** descreve o protocolo usado para avaliar a amplitude de movimento, força muscular e parâmetros eletromiográficos. Cada parâmetro foi medido no início, no 14^o dia (2 semanas), e ao final no 28^o dia (4 semanas) de tratamento.

Tabela 3 Protocolo para avaliar os parâmetros de amplitude de movimento, força muscular e eletromiografia

Teste	Posição	Descrição
Goniometria		
Movimento de flexão do ombro	Ortostática	Braço levantado para frente e a palma da mão virada medialmente na altura da cabeça. Eixo do goniômetro próximo ao acrômio, seu braço fixo ao longo do tronco e o braço móvel na superfície do úmero.
Movimento de extensão do ombro	Ortostática	Braço para trás e palma voltada medialmente para o máximo movimento. O eixo do goniômetro encontra-se lateralmente à articulação glenoumeral, com o braço fixo ao longo da linha axilar mediana do tronco e o braço móvel na superfície lateral do corpo do úmero.
Movimento de abdução do ombro	Ortostática	Braço levantado lateralmente à cabeça. Eixo do goniômetro posicionado próximo ao acrômio, braço fixo na linha axilar posterior do tronco e braço móvel na superfície do braço.
Movimento de adução do ombro	Ortostática	Braço à frente do corpo e palma da mão voltada posteriormente em flexão de ombro de 90°, com o cotovelo estendido, movendo o braço medialmente até o limite. Eixo do goniômetro posicionado na articulação glenoumeral, o braço fixo paralelo à linha anterior mediana e o braço móvel na superfície do úmero.
Movimento de rotação medial do ombro	Supino	Ombro em posição de 90°, cotovelo fletido em 90° e antebraço em supinação. O sujeito move o braço, usando apenas a articulação do ombro medialmente até o limite. Eixo do goniômetro posicionado no olécrano, braço fixo paralelo ao solo e braço móvel na região posterior do antebraço.
Movimento de rotação lateral do ombro	Supino	Ombro na posição de 90°, cotovelo flexionado em 90° e antebraço em supinação. O sujeito move o braço, usando a articulação do ombro lateralmente para limitar. Eixo do goniômetro posicionado no olécrano, braço fixo paralelo ao solo e braço móvel na região posterior do antebraço.
Força muscular		
Abdução de ombro	Ortostática	Braço levantado lateralmente com a palma da mão voltada posteriormente até 90° de abdução. O teste inicia-se com a utilização de um dinamômetro digital fixado em um objeto estável e a outra parte do aparelho sofrerá tensão pelo voluntário, registrando-se os valores máximos de força realizados por ele.
Rotação lateral do ombro	Ortostática	Braço próximo ao tronco, com o cotovelo fletido em 90°, segurando um aparelho dinamômetro já fixado à um objeto estável e exercendo uma tensão na direção lateral da articulação do ombro, registrando os valores de força máxima realizada pelo voluntário.
Eletromiografia		
Rotação lateral do ombro	Ortostática	Braço próximo ao tronco, cotovelo fletido a 90°. Quando é realizado o movimento de rotação lateral do ombro, o impulso elétrico emitido pelo músculo infraespinhal é avaliado por meio de eletrodos de superfície.
Abdução do ombro	Ortostática	Braço levantado lateralmente com a palma da mão voltada posteriormente até 90° de abdução. Utilizando eletrodos de superfície, avalia-se o impulso elétrico emitido pelo músculo deltóide ao realizar o movimento de abdução do ombro.

A eficácia do tratamento foi avaliada por meio dos escores de evolução, após as 4 semanas de tratamento. Para cada parâmetro, a evolução positiva ocorre quando o paciente apresenta melhora após o tratamento para o movimento do ombro, força muscular e exames eletromiográficos. Em contraste, uma melhora na evolução nos parâmetros HAQ e EVA, após o tratamento, gera valores negativos no escore de evolução.

Escore de evolução = pontuação após o tratamento - pontuação do tratamento inicial.

Em seguida, o escore de evolução do grupo é obtido pela média dos valores de todos os pacientes do grupo.

3.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade utilizando o protocolo Kolmogorov-Smirnov. A homogeneidade dos dados sobre idade, massa e IMC (Índice de Massa Corpórea) da coorte foi analisada por meio do teste ANOVA One-way. Um teste t não pareado bicaudal paramétrico foi aplicado para comparações intragrupo entre as pontuações de cada parâmetro no início e após o tratamento. Em seguida, uma análise estatística intergrupos comparou os quatro grupos irradiados com LEDs com o grupo US em cada parâmetro, usando um teste ANOVA One-way seguido do teste post-hoc de Tukey, identificando a diferença entre os grupos. Prism 8.0 (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EUA) foi usado para todas as análises de dados estatísticos com um nível de significância de $\alpha = 0,05$. Os dados são expressos como média \pm DP (desvio padrão).

4 RESULTADOS

A coorte do estudo foi composta por 75 pacientes igualmente alocados em cinco grupos: US, IR, IR-US, VR e VR-US. A **Tabela 4** mostra os valores médios e DP (desvio padrão) de idade, massa e IMC para cada grupo. Os valores de p para idade (0,56), peso (0,63) e IMC (0,72) indicam que ao nível de significância de $\alpha = 0,05$ todos os grupos são homogêneos nesses fatores. Nenhum paciente relatou sofrer efeitos adversos ou abandonou o estudo.

Tabela 4 IDADE, MASSA e IMC para os pacientes dos cinco grupos

GRUPOS	IR	IR-US	US	VR	VR-US	p*
IDADE (anos)	51.8	50.3	53.9	55.0	52.9	0.56
Média (DP)	(8.9)	(7.4)	(8.5)	(7.0)	(9.1)	
MASSA (kg)	80.0	88.9	87.7	82.0	79.2	0.63
Média (DP)	(16.7)	(25.4)	(14.6)	(26.0)	(22.3)	
IMC (kg/m ²)	28.5	31.1	31.6	30.7	29.9	0.72
Média (DP)	(4.6)	(6.9)	(5.9)	(7.6)	(6.8)	

DP: desvio padrão. IR: infravermelho, IR-US: infravermelho combinado com ultrassom, US: ultrassom, VR: vermelho visível, VR-US: vermelho visível combinado com ultrassom.

*teste ANOVA One-way paramétrico bicaudal em $\alpha = 0.05$

A média e o DP dos escores de evolução após tratamento dos doze parâmetros e para os cinco grupos de pacientes tratados são exibidos na **Tabela 5**. O teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov mostra que todos os dados passaram no teste; assim, usamos o teste t paramétrico bicaudal e o teste ANOVA para a análise estatística intragrupo e intergrupo dos dados, respectivamente.

A análise intragrupo mostra que após o tratamento uma melhora estatisticamente significativa foi obtida para os cinco grupos ($p < 0,05$), na qualidade de vida, redução da intensidade da dor, amplitude de movimento do ombro, força muscular e resposta do sinal EMG, o que significa que todas as cinco terapias são eficazes para tratamento do manguito rotador, embora em diferentes graus de eficácia

Tabela 5 Escores de evolução após tratamento dos parâmetros avaliados para todos os grupos (Média \pm DP).

PARÂMETROS / GRUPOS		IR	IR-US	US	VR	VR-US
Qualidade de vida (HAQ)	Média	-13,3	-16,6	-11,2	-15,6	-14,7
	DP	(5,5)	(7,1)	(3,4)	(6,5)	(7,2)
Intensidade da dor (EVA)	Média	-5,40	-6,67	-3,93	-4,13	-6,40
	DP	(1,4)	(1,3)	(1,5)	(1,1)	(1,2)
Movimento do ombro (grau)						
Flexão	Média	45,0	66,3	26,0	41,0	54,7
	DP	(11,5)	(16,2)	(11,4)	(15,1)	(13,2)
Extensão	Média	11,7	16,5	8,6	10,9	13,5
	DP	(3,5)	(3,4)	(2,2)	(4,2)	(4,2)
Abdução	Média	45,0	58,0	25,7	43,0	50,7
	DP	(12,2)	(15,6)	(9,6)	(15,9)	(17,4)
Adução	Média	10,2	14,0	6,6	8,9	11,6
	DP	(3,0)	(1,8)	(2,2)	(3,4)	(3,0)
Rotação medial	Média	21,4	31,0	15,7	19,0	22,3
	DP	(9,1)	(8,9)	(5,3)	(8,7)	(8,4)
Rotação lateral	Média	22,3	35,7	13,5	19,7	27,3
	DP	(10,0)	(6,5)	(4,4)	(6,1)	(7,5)
Força muscular (kgf)						
Abdução	Média	1,46	1,98	0,41	1,01	2,04
	DP	(0,5)	(0,6)	(0,4)	(0,6)	(0,8)
Rotação lateral	Média	1,95	2,45	0,56	1,93	2,50
	DP	(0,7)	(0,7)	(0,2)	(0,5)	(0,8)
Eletromiografia (μV)						
Rotação lateral	Média	0,62	1,09	0,27	0,51	0,75
	DP	(0,33)	(0,59)	(0,22)	(0,40)	(0,42)
Abdução	Média	25,2	25,5	12,7	22,2	19,7
	DP	(8,3)	(7,2)	(6,4)	(7,2)	(6,4)

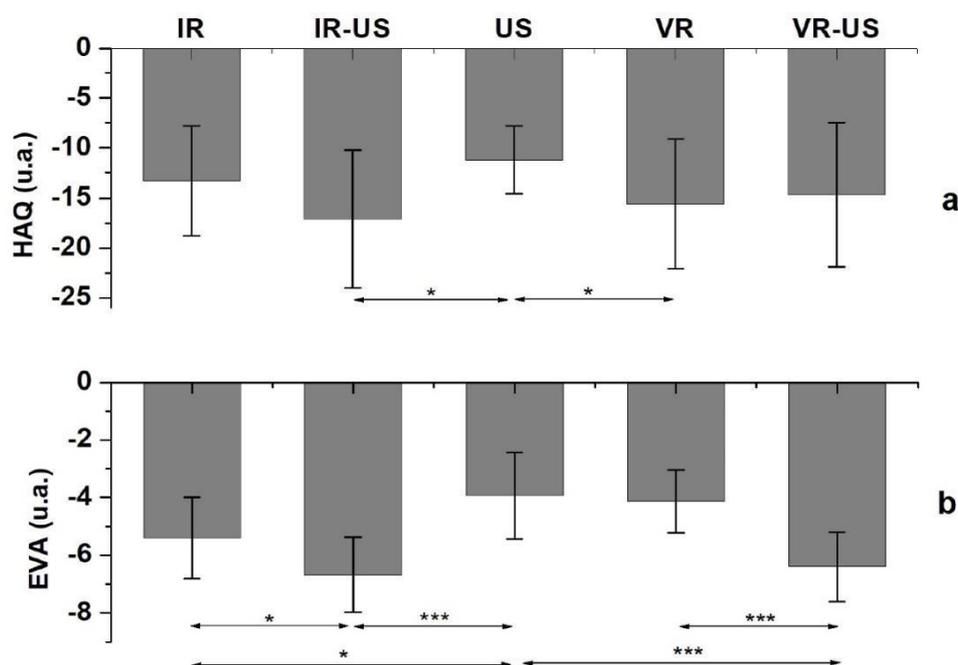
A análise estatística intergrupos foi realizada por meio do teste paramétrico ANOVA One-way bicaudal, seguido do teste post-hoc de Tukey para comparação entre os pares de grupos com nível de significância de $\alpha = 0,05$. Cada uma das terapias com irradiação LED: IR, IR-US, VR e VR-US foi comparada com a terapia

com US, que pode ser considerada o padrão ouro para o tratamento da tendinopatia do manguito rotador. Ressalta-se que, para os quatro grupos irradiados com LED, observa-se maior eficácia em todos os parâmetros quando comparada ao grupo US; no entanto, em alguns casos essa diferença não foi estatisticamente significativa devido à grande dispersão dos dados

As **Figuras 18, 19, e 20** mostram em forma gráfica as médias e os DPs de todos os parâmetros e grupos estudados. A **Figura 18** inclui os parâmetros qualidade de vida e intensidade da dor (EVA), a **Figura 19** todos os parâmetros do movimento do ombro e a **Figura 20** os parâmetros de força muscular e eletromiografia. Nas três figuras também são apresentadas as diferenças significativas (valores estatísticos p) entre os grupos: terapia com LED infravermelho – IR vs US, IR-US vs US, e IR vs IR-US; LED vermelho - VR vs US, VR-US vs US, e VR vs VR-US.

4.1 Avaliação da qualidade de vida e intensidade da dor

Os escores de evolução após tratamento dos parâmetros HAQ e EVA para os cinco grupos são apresentados na **Tabela 5** e na **Figura 18**. A análise estatística intergrupos mostra que os grupos IR associado ao US e VR apresentam diferença significativa quando comparados ao grupo US ($p < 0,05$), entretanto, os grupos IR e VR associados ao US mostram melhora; mas não apresentam diferença significativa no teste HAQ, que é subjetivo. A redução da intensidade da dor induzida pelos tratamentos utilizando irradiação com LED isoladamente e associados ao US é maior que a induzida pelo US. O grupo IR-US apresenta a maior redução da dor.



* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. IR: infravermelho, IR-US: infravermelho combinado com ultrassom, US: ultrassom, VR: vermelho visível, VR-US: vermelho visível combinado com ultrassom. Teste paramétrico ANOVA One-way bicaudal, seguido do teste post-hoc de Tukey

Figura 18 Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros (a) Qualidade de vida (HAQ) e (b) intensidade da dor (EVA).

4.2 Avaliação da amplitude de movimento

Os dados dos escores de evolução de flexão e extensão pós-terapia são apresentados na **Tabela 5** e visualizados nas **Figuras 19a e 19b**. Após a terapia, observou-se aumento estatisticamente significativo do movimento angular do movimento de flexão em relação ao grupo US em todos os grupos irradiados ($p < 0,05$). O aumento máximo do ângulo de movimento foi encontrado no grupo IR-US. Da mesma forma, uma melhora significativa no movimento de extensão foi encontrada para IR, IR-US e VR-US em comparação com o grupo US ($p < 0,05$). Não foi observada diferença significativa entre os grupos VR e US ($p > 0,05$).

A abdução e a adução, apresentaram melhora da angulação em cada uma das cinco terapias (**Tabela 5 e Figuras 19c e 19d**). A análise estatística intergrupos mostrou um aumento significativo na angulação para os grupos irradiados com LEDs, quando comparado ao grupo US ($p < 0,05$).

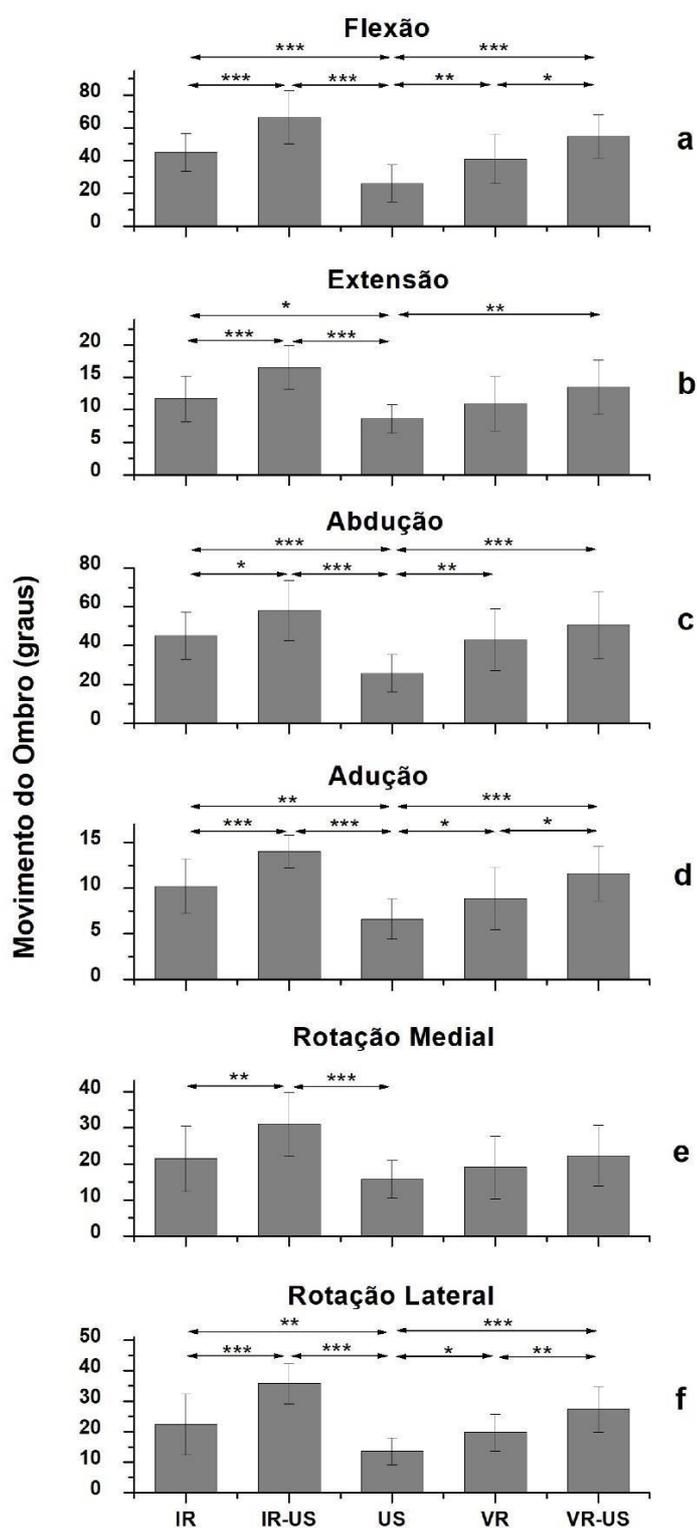
Os escores de evolução da rotação medial e lateral após as terapias é apresentada na **Tabela 5** e visualizados nas **Figuras 19e** e **19f**, em relação à rotação medial, verificou-se que houve um aumento no escore de evolução após a terapia para os grupos: IR, IR-US, VR e VR-US, em comparação com o grupo do US; entretanto, deve-se observar que esse aumento é estatisticamente significativo apenas para o grupo IR-US ($p < 0,05$). A análise intergrupos para rotação lateral indicou que todos os grupos que usam terapia LED apresentam um aumento estatisticamente significativo na angulação após a terapia quando comparados com o grupo de US isolado. A terapia IR-US mostrou-se um tratamento mais eficiente para a rotação do movimento.

4.3 Avaliação da força muscular

A avaliação da força muscular compreendeu dois componentes, abdução e rotação lateral, o que facilitou a execução da avaliação. Os dados da avaliação da força muscular para as posições de abdução e rotação lateral encontram-se na **Tabela 5**, e **Figuras 20a** e **20b**, respectivamente. Observou diferença estatisticamente significativa ao comparar IR vs US, IR-US vs US e VR-US vs US ($p < 0,05$). O tratamento IR-US apresenta um aumento mais intenso na força dos pacientes quando comparada com as demais terapias.

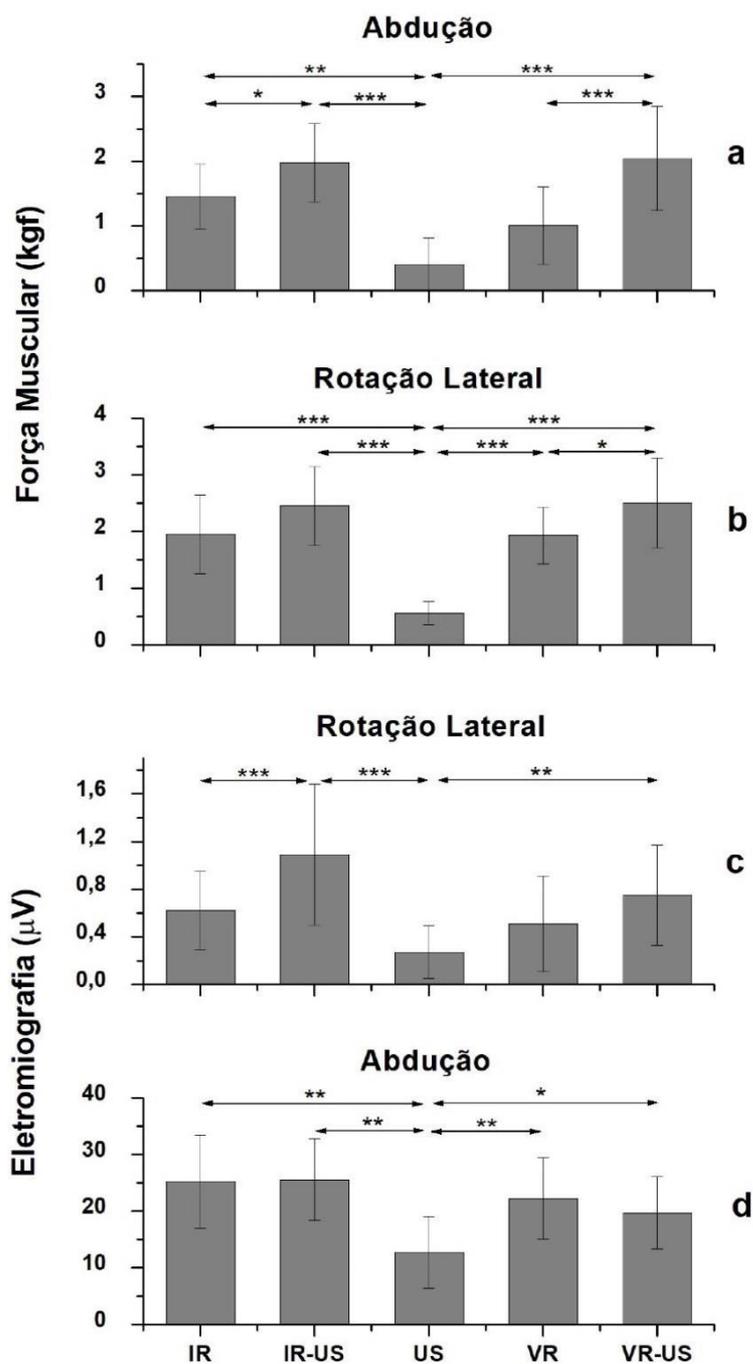
4.4 Eletromiografia

A contração muscular durante os movimentos de rotação lateral e abdução foi avaliada no início e após o tratamento por eletromiografia (**Tabela 5**, e **Figuras 20c** e **20d**, respectivamente). Uma melhora significativa foi observada para a rotação lateral para os tratamentos IR-US e VR quando comparados com o US. Em relação à abdução, obteve-se melhor eficácia do tratamento para os quatro grupos irradiados do que o grupo US isoladamente.



(a) Flexão, (b) Extensão, (c) Abdução, (d) Adução, (e) Rotação medial, e (f) Rotação Lateral. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. IR: infravermelho, IR-US: infravermelho combinado com ultrassom, US: ultrassom, VR: vermelho visível, VR-US: vermelho visível combinado com ultrassom. Teste paramétrico ANOVA One-way bicaudal, seguido do teste post-hoc de Tukey

Figura 19 : Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros de amplitude articular do movimento do ombro



(a) adução e (b) rotação lateral, eletromiografia (c) rotação lateral e (d) adução.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$. IR: infravermelho, IR-US: infravermelho combinado com ultrassom, US: ultrassom, VR: vermelho visível, VR-US: vermelho visível combinado com ultrassom. Teste paramétrico ANOVA One-way bicaudal, seguido do teste post-hoc de Tukey

Figura 20 Comparação entre todos os grupos, em relação à performance dos parâmetros de força muscular e eletromiografia

4.5 Comparação entre os grupos irradiados com LEDs IR e VR

Pode-se observar analisando os dados da **Tabela 5** que os escores de evolução do grupo IR foram superiores aos do grupo VR, exceto para o parâmetro qualidade de vida. Da mesma forma, as pontuações do grupo IR-US superam as do grupo VR-US, exceto para a avaliação da intensidade de abdução da força. No entanto, as diferenças são pequenas e apenas para alguns parâmetros essas diferenças são estatisticamente significativas.

5 DISCUSSÃO

Há diversos fatores como físicos, econômicos e até sociais que estão relacionados ao desenvolvimento e gravidade da tendinopatia do manguito rotador. Abrisham et al. (2011) relataram que dor no ombro, amplitude de movimento, força e perda da funcionalidade do ombro são os sintomas mais evidenciados. Em virtude disto, há a necessidade de melhora destes pacientes lesionados, em decorrência do valor expressivo de pessoas portadores desta patologia em nossa sociedade, ainda mais, que diversos trabalhos técnicos científicos têm demonstrado que parte significativa da população apresenta tendinopatia de ombro crônica abrangendo a faixa de idade entre 45 e 70 anos (AINA et al., 2001; BANK et al., 1999; DALTON, 1994; GERBER; PFISTER, 1997).

Segundo Rio et al. (2014), a dor causada pela tendinopatia do manguito rotador, pode ser estimulada por dispositivos de vias não nociceptivos, por meio de um sistema de detecção de carga, que por si próprio poderia ser interrompida via local ou disfunção central. Ainda permanece sem resposta, sem que haja um esclarecimento, que a dor provocada pela tendinopatia do manguito rotador, pode ser fisiológica ou fisiopatológica. No entanto, há evidências de ambas as contribuições nociceptivas baseadas no tendão e mecanismos extensivos dentro da periferia e do SNC (Sistema Nervoso Central).

O tratamento da tendinopatia de manguito rotador apresenta vários recursos de eletrofototerapia, disponíveis para melhorar o quadro clínico do paciente. Os mais utilizados são ultrassom terapêutico (BAKER; ROBERTSON, 2001; CARATI et al., 2003) e fotobiomodulação (BARNESLEY; CHOW, 2005; BJORDAL et al., 2003; HAYDEN et al., 2005), com a utilização da técnica de LED.

Segundo LEE e NAM (2014) deve-se primeiramente realizar o tratamento conservador, com a utilização de ultrassom e LED, contribuindo assim, para extinguir a dor, aumentar a amplitude de movimento, fortalecer a musculatura do ombro, estabilizar a articulação, obtendo a melhora da qualidade de vida, sem a necessidade de uma intervenção cirúrgica.

A postergação em iniciar o tratamento da tendinopatia de manguito rotador poderá levar à consequências graves, com o aumento de dores crônicas exacerbadas, perda de funções motoras, além de problemas financeiros, sociais, laborais, e conseqüentemente perda da qualidade de vida. Suzuki et al. (2014)

observaram diferença da eficácia entre o tratamento cirúrgico e não cirúrgico na calcificação do tendão da articulação do ombro, lesão decorrente pela letargia na reabilitação da tendinopatia. Dos Santos et al. (2012), após realizar uma revisão bibliográfica, verificaram os efeitos terapêuticos e biológicos do ultrassom, notando o verdadeiro efeito no tratamento da tendinopatia calcária do ombro. Lanza et al. (2015) realizaram uma revisão de ultrassom guiada da tendinopatia calcificada, avaliando assim, as diferentes técnicas utilizadas. Dieh et al. (2011) analisaram a tendinopatia calcárea, descrevendo a deposição de cristais nos tendões do manguito rotador, sua etiologia, trajetória da dor e conseqüentemente, o tratamento, podendo ser não invasivo e cirúrgico.

Prentice (2014) utilizou o ultrassom em modo pulsado, com bom resultado na elevação da permeabilidade do extrato córneo da epiderme, devido à ação não térmica de cavitação do UST. Já da Costa et al. (2014), utilizaram ultrassom em pacientes portadores de tendinopatia, estimulando a redução do quadro algico. Prentice (2014) também confirmou que ultrassom de forma pulsada com baixa intensidade é mais eficaz quando o objetivo é adquirir melhor efeito anti-inflamatório. Encerrando, Mitragotri et al. (1995), relataram que o ultrassom com frequência de 1 MHz eleva o transporte transdérmico de estradiol em cadáveres humanos *in vitro* em 13 vezes, em contrapartida, a utilização de ultrassom com frequência superior, ou seja, de 3 MHz foi de apenas 1,5 vezes.

Em relação à utilização da técnica da fototerapia, Alonnes; Mayo; Trelles (2006), em seu trabalho, afirmaram que o LED vermelho, utilizado no decorrer de traumas provenientes de cirurgia plástica, reduz o tempo de resolução dos efeitos secundários como eritema, edema e hematomas, passando de metade do tempo para apenas um terço, decorrente da ação anti-inflamatória. Corroborando, Albertini et al. (2007b) relataram que o comprimento de onda também no espectro vermelho, impediu o edema e a migração de células inflamatórias para o tecido muscular. Já Lee et al. (2000) relataram em seu estudo, que a utilização de LED vermelho e LED infravermelho apresentam efeitos anti-inflamatórios em camundongos com nódulos inflamatórios, ou seja, tem o potencial de aliviar a acne inflamatória e reduzir a expressão de biomarcadores inflamatórios. E finalizando, Tantawy et al. (2019) verificaram em seu estudo, com o objetivo de comparar os efeitos da terapia de fotobiomodulação, mais especificamente, com a utilização de laser infravermelho e a terapia de ultrassom em pacientes portadores de dor lombar crônica. Através dos

efeitos analgésicos e anti-inflamatórios, os autores observaram melhora significativa da utilização da fotobiomodulação em relação a terapia de ultrassom, prolongando a redução da dor e melhora da funcionalidade em pacientes acometidos por essa patologia.

No contexto da busca de tratamentos mais eficazes e baratos para tendinopatia do manguito rotador para uso na prática clínica de rotina, o presente estudo compara fototerapia com LEDs nos comprimentos de onda vermelho e infravermelho próximo, isoladamente ou em conjunto com ultrassom, com ultrassom terapêutico sozinho.

Os dados obtidos mostraram que todas as terapias foram eficientes para o tratamento da tendinopatia do manguito rotador, com melhorias significativas na qualidade de vida, redução da intensidade da dor, amplitude de movimento do ombro, força muscular e resposta do sinal EMG. Ressalta-se que foi observado maior eficiência nos quatro grupos com irradiação LED quando comparados ao grupo US, embora essa melhora nem sempre tenha sido estatisticamente significativa.

Comparando a eficiência das quatro terapias com radiação LED na melhoria da qualidade de vida, redução da dor, aumento da força muscular do ombro e sinal eletromiográfico, observou-se que a terapia IR combinada com US apresentou melhora estatisticamente significativa para os doze parâmetros estudados quando comparado ao US sozinho. Além disso, as terapias de IR, VR e VR-US são mais eficazes do que a US em 9, 7 e 10 parâmetros, consecutivamente. Deve-se notar que quando o ultrassom é adicionado às terapias de IR e VR, a eficiência de ambos os tratamentos foi aumentada.

Os parâmetros analisados neste estudo intensidade da dor (Escala Visual Analógica EVA), amplitude articular do movimento do ombro, força muscular, eletromiografia e qualidade de vida (Health Assessment Questionnaire, HAQ), corroboram para a confirmação dos mecanismos de ação provocados pela fotobiomodulação.

Dois artigos de revisão / meta-análise recentes examinaram a ação da terapia a laser de baixa intensidade (LLLT) no tratamento de tendinopatias do ombro, incluindo tendinopatia do manguito rotador (ARAÚJO; LEOTTY; LIMA, 2020; HASLERUD et al., 2015), comparando o efeito da LLLT sozinha ou multimodal com placebo sem laser. Afirmaram que a LLLT foi eficaz para reduzir a dor e aumentar a capacidade funcional do ombro, mas essa afirmação ainda é controversa, pois

depende da confiabilidade do protocolo escolhido, bem como das diferentes dosagens e comprimentos de onda do laser utilizados nos ensaios clínicos relatados pela literatura científica.

Haslerud et al. (2015) analisaram oito ensaios clínicos para tendinopatia do manguito rotador usando lasers que emitem na faixa de comprimento de onda infravermelho 820 nm – 904 nm (ABRISHAM et al., 2011; AL-SHENQITI; OLDHAM, 2003; ENGLAND et al., 1989; ESLAMIAN et al., 2012; GUDMUNDSSEN; VIKNE, 1987; HAZELL; LOGDBERG-ANDERSSON; MUTZELL, 1997; OTADI et al., 2012; VECCHIO et al., 1993), confirmando que em todos os estudos analisados adicionar irradiação a laser melhorou a eficiência do laser placebo na dor (VAS): 7 ensaios (ABRISHAM et al., 2011; AL-SHENQITI; OLDHAM, 2003; ENGLAND et al., 1989; ESLAMIAN et al., 2012; HAZELL; LOGDBERG-ANDERSSON; MUTZELL, 1997; OTADI et al., 2012; VECCHIO et al., 1993), risco relativo de melhora: 4 ensaios (ESLAMIAN et al., 2012; GUDMUNDSSEN; VIKNE, 1987; HAZELL; LOGDBERG-ANDERSSON; MUTZELL, 1997; OTADI et al., 2012), função do ombro: 4 ensaios (AL-SHENQITI; OLDHAM, 2003; ENGLAND et al., 1989; ESLAMIAN et al., 2012; OTADI et al., 2012), e na amplitude de movimento ativa na abdução do ombro: 1 ensaio (ESLAMIAN et al., 2012). Uma comparação direta entre os resultados deste estudo e aqueles relatados por Haslerud et al. (2015) só pode ser feita para dor e extensão angular do movimento de abdução do ombro, devido a diferenças nos parâmetros do ensaio clínico escolhidos para avaliação da terapia.

A redução de EVA após a terapia com radiação laser infravermelha, conforme relatado pelos pesquisadores citados na revisão de Haslerud et al. (2015), foi em média de 1,72 (usando uma pontuação EVA de 0-10). No presente estudo, obteve-se redução média de 2,1 para os grupos IR e IR-US, mostrando concordância com os valores médios encontrados por outros autores para a mesma faixa de comprimento de onda. Em relação ao movimento de abdução, um aumento angular de 8,7 graus foi obtido no ensaio clínico relatado por Eslamian et al. (2012), e obtivemos 25,8 graus para o aumento angular médio dos grupos IR e IR-US, indicando concordância entre este estudo e outros trabalhos publicados.

A irradiação com LED infravermelho no presente estudo teve resultados de tratamento melhores para tendinopatia do manguito rotador quando comparada com o LED vermelho, o que pode ser explicado por diversos efeitos. Primeiro, o espalhamento de luz da radiação infravermelha próxima em um meio biológico, em

comparação a luz vermelha, apresenta um perfil de maior profundidade. Além disso, a radiação infravermelha de laser e LED induzem uma diminuição nos níveis de biomarcadores inflamatórios (mRNA COX-2 e mRNA de citocinas pró-inflamatórias) e no número de neutrófilos e histiócitos na área tratada, resultando em diminuição da dor (ALBERTINI et al., 2007b; ALBERTINI et al., 2008). Os vários mecanismos pelos quais a fotobiomodulação induzida pela radiação infravermelha pode reduzir a dor incluem: acelerar a diminuição dos neuropeptídeos opioides endógenos; alterando a condutividade dos nervos periféricos, diminuindo a velocidade de condução nervosa ao restringir o fluxo axonal e os potenciais da membrana mitocondrial, levando a uma diminuição da flexibilidade do ATP e falha da neurotransmissão da nocicepção; indução de bloqueio neural periférico; suprimindo a atividade sináptica central; modulação de neurotransmissores; aumentar circulação sanguínea local; e reduzindo o espasmo musculoesquelético (LEE et al., 2016; TANTAWY et al., 2019).

A dor ou quadro álgico, normalmente, é um dos sintomas presentes na tendinopatia do manguito rotador que é quantificada pela escala visual analógica EVA. Em seu estudo, Ozunlu Pekyavas et al. (2014) relataram que a dor no ombro influencia na amplitude de movimento, restringindo movimentos que acometem a articulação do pescoço e utilizaram goniometria para a aferição da amplitude de movimento articular.

Como já relatado, o envelhecimento é um fator de risco relacionado à tendinopatia do manguito rotador, em seu estudo, Rodriguez-Santiago et al. (2019) corroboram com tal afirmação, relatando que lesões do manguito rotador em atletas em idade avançada são frequentes e previstas a elevar à medida que a população envelhece. A fraqueza muscular do manguito rotador é um fator de risco modificável, dentre vários, que pode ser tratada na reabilitação. Em relação à reabilitação, pode ser dividida em várias fases, como aguda e recuperação. A fase aguda dedica-se ao controle da dor, inflamação e a amplitude de movimento articular, já a fase de recuperação foca na flexibilidade e força muscular.

Segundo de Oliveira et al. (2017), há relatos que a atividade muscular dos músculos do manguito rotador é diminuída durante movimentos acelerados e também durante os movimentos de braçadas de natação, em pacientes com tendinopatia do manguito rotador, essa alteração da atividade muscular, comprovada através da eletromiografia, pode implicar, reduzindo a estabilidade da

articulação, acarretando uma ampliação da disfunção do ombro.

Diante dos acometimentos provindos da lesão de tendinopatia do manguito rotador, Wong et al. (2020) relataram em seu estudo que dor e qualidade de vida estão relacionados à fatores psicológicos, em pacientes portadores de tendinopatia do manguito rotador, corroborando com seu estudo que a dor, a redução da amplitude de movimento e perda da força muscular interferem na qualidade de vida de pacientes com tendinopatia do manguito rotador.

Com base nos dados obtidos no presente estudo, a fotobiomodulação utilizando LED infravermelho associada ao ultrassom terapêutico demonstrou ser a terapia mais promissora para a Tendinopatia do Manguito Rotador, pois apresentou maior eficiência em mais parâmetros do que os demais tratamentos. O ponto forte deste estudo foram os vários parâmetros avaliados, num total de 12, que permitiram uma melhor avaliação da eficácia do tratamento.

Os dados apresentados neste estudo são promissores, entretanto, futuras pesquisas são necessárias para superar as limitações do presente estudo, como aumentar o tamanho da coorte, buscar por diferentes doses de energia e acompanhar a recuperação dos pacientes após a terapia. Novos estudos são necessários com o objetivo de estabelecer protocolo de tratamento e incluir esta terapia na prática fisioterapêutica.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se a eficácia terapêutica utilizando LEDs de baixa potência, nas faixas de luz visível (vermelho) e invisível (infravermelho próximo) para o tratamento de tendinopatia crônica do manguito rotador, em comparação ao método de terapia utilizando Ultrassom Terapêutico. A qualidade de vida, a redução da intensidade da dor, a amplitude de movimento do ombro e o aumento da força muscular são aprimorados, adicionando a terapia de ultrassom à irradiação de LEDs infravermelhos e vermelhos para pacientes que sofrem de tendinopatia do manguito rotador.

A técnica utilizando a combinação de LED na faixa de luz invisível (infravermelho) juntamente com Ultrassom Terapêutico se apresentou com melhor desempenho na terapia de tendinopatia crônica do manguito rotador. Desta maneira, os dados apresentados neste estudo são promissores e indicam que novos estudos com um número maior de pacientes devem ser realizados no sentido de estabelecer protocolos de tratamento específico para a tendinopatia crônica do manguito rotador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABATE, M; SALINI, V; SCHIAVONE, C; ANDIA, I. **Clinical benefits and drawbacks of local corticosteroids injections in tendinopathies**. *Expert Opin Saf*, v.1, n.16, p.341-349, 2017. doi:10.1080/14740338.2017.1276561.
- ABREU, J.S.S; dos SANTOS, G.V; FONSATI, L; et al. **Time– Response of Photobiomodulation Therapy by Light-Emitting Diodes on Muscle Torque and Fatigue Resistance in Young Men: Randomized, Double-Blind, Crossover and Placebo-Controlled Study**. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*, v.1, n.38, p.750-757, 2020. doi:10.1089/photob.2020.4813.
- AINA, R; CARDINAL, E; BUREAU, N. J; et al. **Calcific shoulder tendinites: Treatment with modified us-guided fine-needle technique**. *Radiology*, v.1, n.221, p.455-461, 2001.
- ALBERTINI, R; AIMBIRE, F; VILLAVERDE, A. B; et al. **COX-2 mRNA expression decreases in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low level laser therapy**. *Inflamm Res*, v.1, n.56, p.228-229, 2007a. doi:10.1007/s00011-007-6211-6.
- ALBERTINI, R; VILLAVERDE, A. B; AIMBIRE, F; et al. **Anti-inflammatory effects of low-level laser therapy (LLLT) with two different red wavelengths (660 nm and 684 nm) in carrageenan-induced rat paw edema**. *J Photochem Photobiol B*, v.1, n.89, p.50-55, 2007b. doi:10.1016/j.jphotobiol.2007.08.005.
- ALBERTINI, R; VILLAVERDE, A. B; AIMBIRE, F; et al. **Cytokine mRNA expression is decreased in the subplantar muscle of rat paw subjected to carrageenan-induced inflammation after low-level laser therapy**. *Photomed Laser Surg*, v.1, n.26, p.19-24, 2008. doi:10.1089/pho.2007.2119.
- AL-SHENQITI, A; OLDHAM, J. **The use of low-level laser therapy (LLLT) in the treatment of trigger points that are associated with rotator cuff tendonitis**. *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, 2003, p.91–101. doi: 10.1117/12.544884
- ANDREWS, J.R; HARRELSON, G.L; WILK, K.E. **Reabilitação física das lesões desportivas**, v.1, n.2, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
- ARRUDA, E.R.B; RODRIGUES, N.C; TACIRO, C; PARIZOTTO, N.A. **Influências de diferentes comprimentos de onda da terapia a laser de baixa potência na regeneração de tendões de ratos após tenotomia**. *Diário brasileiro de Fisica Terapia*, v.11, n.4, p.247-252, 2007.
- ASZMANN, O.C; DELLON, A.L; BIRELY, B.T. et al. **Innervation of the human shoulder joint and its implications for surgery**. *Clin Orthop Relat Res*, v. 330, n. 1, p.202-207, 1996. doi: 10.1097/00003086-199609000-00027.
- AWOTIDEBE, W.A; INGLIS-JASSIEM, G.; YOUNG, T. **Does Low-level Laser**

Therapy Provide Additional Benefits to Exercise in Patients with Shoulder Musculoskeletal Disorders? A Meta-analysis of Randomised Controlled Trials. *Ortop Traumatol Rehabil*, v.6, n.21, p.407–416, 2019. doi: 10.5604/01.3001.0013.7398

BANK, R.A; TEKOPPELE, J.M; OOSTINGH, G; et al. **Lysylhydroxylation and non-reducible crosslinking of human supraspinatus tendon collagen: changes with age and in chronic rotator cuff tendinitis.** *Ann Rheum Dis*, v.1, n.58, p.35-41, 1999.

BASTOS, J.L.N; LIZARELLI, R.F.Z; PARIZOTTO, N.A. **Comparative study of laser and LED systems of low intensity applied to tendon healing.** *Laser Phys*, v.1, n.19, p.1925– 1931, 2009. doi:10.1134/ S1054660X09170022.

BINGOL, U; ALTAN, L; YURTKURAN, M. **Low-power laser treatment for shoulder pain.** *Photomed Laser Surg*, v.1, n.23, p.459-464, 2005. doi:10.1089/pho.2005.23.459

BJORDAL, J.M; COUPPÉ, C; CHOW, R.T. et al. **A systematic review of low level laser therapy with location-specific doses for pain from chronic joint disorders.** *Aust J Physiother*, v.49, n.2, p.107-116, 2003. doi: 10.1016/s0004-9514(14)60127-6

BJORDAL, J.M; COUPPÉ, C; LJUNGGREN, A.E. **Terapia a laser de baixa intensidade para tendinopatia. Evidência de um padrão de resposta à dose.** *Phys Therapy Ver*, v.6, n.2, p.91–99, 2014.

BODIN, J. et al. **Risk factors for incidence of rotator cuff syndrome in a large working population.** *Scand J Work Environ Health*, São Paulo, v.38, n.5, p.436-466, 2012.

BOON, J; de BEER, M; BOTHA, D. et al. **The anatomy of the subscapularis tendon insertion as applied to rotator cuff repair.** *J Shoulder Elbow Surg*, v.13, n.1, p.165-169, 2004. doi: 10.1016/j.jse.2003.11.006.

BOSCHI, E.S; LEITE, C.E; SACIURA, V.C; et al. **Anti-Inflammatory effects of low-level laser therapy (660 nm) in the early phase in carrageenan-induced pleurisy in rat.** *Lasers Surg Med*, v.1, n.40, p.500-508, 2008. doi: 10.1002/lsm.20658

BRISHAM, S.M; KERMANI-ALGHORAISHI, M; GHAHRAMANI, R; et al. **Additive effects of low-level laser therapy with exercise on subacromial syndrome: a randomized, double blind, controlled trial.** *Clin Rheumatol*, v.1, n.30, p.1341–1346, 2011.

BYL, N.N. **The Use of Ultrasound as an Enhancer for Transcutaneous Drug Delivery: Phonophoresis.** *Phys Ther*, v.75, n.6, p.539-553, 1995.

CALAIS-GERMAIN; B. **Anatomia para o movimento:** introdução à análise das técnicas corporais. 4.ed. São Paulo: Manole, 2010.

CARATI, C.J; ANDERSON, S.N; GANNON, B.J. et al. **Treatment of postmastectomy lymphedema with low-level laser therapy: a double blind, placebo-controlled trial.** Cancer v.98, v.1, n.6, p.1114-1122, 2003. doi: 10.1002/cncr.11641

CASALECHI, H.L; LEAL-JUNIOR, E.C; XAVIER, M; et al. **Low-level laser therapy in experimental model of collagenase-induced tendinitis in rats: effects in acute and chronic inflammatory phases.** Lasers Med Sci, v.1, n.28, p.989-995, 2013. doi:10.1007/s10103-012-1189-x.

CASALECHI, H.L; NICOLAU, R.A; CASALECHI, V.L; et al. **The effects of low level light emitting diode on the repair process of Achilles tendon therapy in rats.** Lasers Med Sci, v.1, n.24, p.659–665, 2009. doi:10.1007/s10103-008-0607-6.

CASSOU, B; DERRIENNIC, F; MONFORT, C; et al. **Chronic neck and shoulder pain, age, and working conditions: longitudinal results from a large random sample in France.** Occup Environ Med, Paris, v.59, n.8, p.537-544, 2002.

CHILDRESS, M.A; BEUTLER, A. **Management of chronic tendon injuries.** Am Fam Physician. 2013 Apr 1;87(7):486-90. PMID: 23547590.

CHOW, R.T; BARNSELY, L. **Systematic review of the literature of low-level laser therapy (LLLT) in the management of neck pain.** Lasers Surg Med, v.37, n.1, p.46–52, 2005. doi: 10.1002/lsm.20193

CIPOLLARO, L; SAHEMEY, R; OLIVA, F; MAFFULLI, N. **Immunohistochemical features of rotator cuff tendinopathy.** British Medical Bulletin, Londres, v.130, n.1, p.105-123, 2019. doi: 10.1093/bmb/ldz016. PMID: 31093655.

CLARK, J.M; HARRYMAN, D.T. **Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy.** J Bone Joint Surg, v.74, n 5, p.713-725, 1992.

COTLER, H.B; CHOW, R.T; HAMBLIN, M.R; CARROLL, J. **The Use of Low Level Laser Therapy (LLLT) For Musculoskeletal Pain.** MOJ Orthop Rheumatol, v.2, n.5, 2015. doi: 10.15406 / mojr.2015.02.00068

CURTIS, A.S; BURBANK, K.M; TIERNEY, J.J. et al. **A pegada de inserção do manguito rotador: um estudo anatômico.** Arthrosc J Arthrosc Relat Surg, v.22, n.1, p.603-609, 2006.

da COSTA, J.G; PEIXOTO, L.R.T; MIASSO, C.J; et al. **Protocols for Physiotherapeutic Treatment of Pain Due to Shoulder Tendinopathies.** In: PAHCE 2014 - Conferência Pan American Health Care Exchanges, v.1, n.1, 2014 07-12 apr; Brasília, DF: p.1-5.

DALTON, S.E. **The conservative management of rotator cuff disorders.** Br J Rheumatol, v.33, n.7, p.663-667, 1994.

DARK, A; GINN, K.A; HALAKI, M. **Shoulder muscle recruitment patterns**

during commonly used rotator cuff exercises: an electromyographic study. Phys Ther, v.87, n.1, p.1039-1046, 2007. doi: 10.2522/ptj.20060068

da SILVA, G; DUARTE, L.P; NERY, S.B; et al. **Atuação da fisioterapia na tendinopatia de manguito rotador: relato de caso.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v.11, n.2, 2020.

de ALMEIDA, P; LOPES-MARTINS, R.A; de MARCHI, T; et al. **Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better?** Lasers Med Sci, v.1, n.27, p.453-458, 2012. doi:10.1007/s10103-011-0957-3.

de ANDRADE, A.D; SILVA, T.N; VASCONCELOS, H; et al. **Inspiratory muscular activation during threshold therapy in elderly healthy and patients with COPD.** J Electromyogr Kinesiol, v.15, n. 6, p. 631- 639, 2005. doi: 10.1016/j.jelekin.2005.06.002. PMID: 16051499.

de CARVALHO, M.E; de CARVALHO, R.M.Jr; MARQUES, A.P; et al. **Low intensity laser and LED therapies associated with lateral decubitus position and flexion exercises of the lower limbs in patients with lumbar disk herniation: clinical randomized trial.** Lasers Med Sci, v.31, n.1, p.1455-1463, 2016. doi:10.1007/s10103-016-2009-5.

de CARVALHO, P.T; LEAL-JUNIOR, E.C; ALVES, A.C; et al. **Effect of low-level laser therapy on pain, quality of life and sleep in patients with fibromyalgia: study protocol for a double-blinded randomized controlled trial.** Trials, n.13, v.1, p.221. 2012. doi:10.1186/1745- 6215-13-221.

de FREITAS, L.F; HAMBLIN, M.R. **Proposed Mechanisms of Photobiomodulation or Low-Level Light Therapy.** IEEE J Sel Top Quantum Electron, v.22, n.3, 7000417. 2016. doi: 10.1109 / JSTQE.2016.2561201

DEMIR, H; MENKU, P; KIRNAP, M; et al. **Comparison of the effects of laser, ultrasound, and combined laser + ultrasound treatments in experimental tendon healing.** Lasers Surg Med, v.1, n.35, p.84–89, 2004. doi:10.1002/lsm.20046.

de OLIVEIRA, A.R; VANIN, A.A; TOMAZONI, S.S; et al. **Pre- Exercise Infrared Photobiomodulation Therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans: what is the optimal power output?** Photomed Laser Surg, v.1, n.35, p.595-603, 2017. doi:10.1089/pho.2017.4343.

de OLIVEIRA, F.C.L; BOUYER, L.J; AGER, A.L; ROY, J.S. **Electromyographic analysis of rotator cuff muscles in patients with rotator cuff tendinopathy: A systematic review.** J Electromyogr Kinesiol, v. 35, n.1, p.100-114, Aug 2017.

de PAULA, A.A.G. **Efetividade dos exercícios excêntricos na tendinopatia do manguito rotador.** 2005. Monografia - Curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2019.

DIEHL, P; GERDESMEYER, L; GOLLWITZER, H; et al. **Calcific tendinitis of the shoulder**. *Orthopade*, v.1,n.40, p.733–746, 2011. doi:10.1007/s00132-011-1817-3

DJAVID, G.E; MEHRDAD, R; GHASEMI, M; et al. **In chronic low back pain, low level laser therapy combined with exercise is more beneficial than exercise alone in the long term: a randomised trial**. *Aust J Physiother*, v.1,n.53, p.155-160, 2007. doi:10.1016/s0004-9514(07)70022-3.

dos SANTOS, J.S; MARINHO, R.B.D.M; ARAÚJO, A.R; et al. **O ultrassom é efetivo no tratamento da tendinite calcárea do ombro?** *Fisioter Mov*, v.25, n.1, p.207-217, 2012.

DUTTON, M. **Fisioterapia ortopédica: exame, avaliação e intervenção**. 2.ed. São Paulo: Artmed, 2010.

ENGLAND, S; FARRELL, A; COPPOCK, J; et al. **Low power laser therapy of shoulder tendonitis**. *Scand J Rheumatol*, v.1,n.18, p.427–431, 1989. doi:10.3109/03009748909102106.

ENWEMEKA, C.S. **The effects of therapeutic ultrasound on tendon healing: a biomechanical study**. *Am J Phys Med Rehabil*, v.1, n.68, p.283-287, 1989. doi:10.1097/00002060-198912000-00005.

ENWEMEKA, C; PARKER, J; DOWDY, D; et al. **The efficacy of low-power lasers in tissue repair and pain control: a meta-analysis study**. *Photomed Laser Surg*, v.1,n.22, p.323–329, 2004. doi: 10.1089/pho.2004.22.323

ESLAMIAN, F; SHAKOURI, S.K; GHOJAZADEH, M; et al. **Effects of low-level laser therapy in combination with physiotherapy in the management of rotator cuff tendinitis**. *Lasers Med Sci*, v.1,n.27, p.951–958, 2012. doi:10.1007/s10103-011-1001-3.

FARIA, A.L.B.S; CONRADO, L.A.L; VANZELA, L.S; et al. **Application of phototherapy for the healing of the navels of neonatal dairy calves**. *Lasers Med Sci*, v.1,n.32, p.1579-1586, 2017. doi:10.1007/s10103-017-2283-x.

FERRARESI, C; HAMBLIN, M.R; PARIZOTTO, N.A. **Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light**. *Photonics Lasers Med*, v.1, n.4, p.267-286, 2012 doi: 10.1515/plm-2012-0032. PMID: 23626925; PMCID: PMC3635110.

FRASSON, N.F.V; TACIRO, C; PARIZOTTO, N.A. **Análise nanoestrutural da ação do ultrassom terapêutico sobre o processo de regeneração do tendão de ratos**. *Fisioter Pesq*, v.16, n.3, p.198-204, 2009.

FYFE, M.C; CHAHL, L.A. **Mast cell degranulation: a possible mechanism of action of therapeutic ultrasound**. *Ultrasound Med Biol*, v.8, n.1, p.62, 1982. PMID: 649808.

GARZEDIN, D. D. S.; GOMES NETO, M.; ARAÚJO, P. R. C. **Dor no ombro em**

mulheres com síndrome do manguito rotador. Revista de Ciências Médicas e Biológicas, v.16, n.3, p.296-299, 2017.

GUDMUNDSEN, J; VIKNE, J. **Effekt av laserbehandling ved epicondylittis lateralis humeri og rotatorcuffsyndrom.** Fysioterapeuten, v.1,n.1,p.6–10, 1987.

HASLERUD, S; MAGNUSSEN, L.H; JOENSEN, J; et al. **The efficiency of low-level laser therapy for shoulder tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.** Physiother Res Int, v.20, n.2, p.108–125, 2015.

HAYDEN, J.A; VAN TULDER, M.W; MALMIVAARA, A.V; et al. **Meta-analysis: exercise therapy for nonspecific low back pain.** Ann Intern Med, v.142, n.9. p.765 – 775, 2005. doi: 10.7326/0003-4819-142-9-200505030-00013

HINSLEY, H; NICHOLLS, A; DAINESS, M; et al. **Classification of rotator cuff tendinopathy using high definition ultrasound.** Muscles, Ligaments and Tendons Journal, v.4, n.3, p.391-397, 2014.

JACOBSON, J.A. **Shoulder US: Anatomy, Technique, and Scanning Pitfalls** Radiology, v.260, n.1, p.6-16, 2011. doi:10.1148/radiol.11101082

JARVIS, D; MACIVER, M.B; TANELIAN, D.L. **Electrophysiologic recording and thermodynamic modeling demonstrate that helium-neon laser irradiation does not affect peripheral A δ - or C-fiber nociceptors.** Pain, v.1, n.43, p.235–242, 1990. doi: 10.1016/0304-3959(90)91077-V

JIANG, X; SAVCHENKO, O; LI, Y; et al. **A Review of Low-Intensity Pulsed Ultrasound for Therapeutic Applications.** IEEE Trans Biomed Eng. 2019 Oct, v.66, n.10, p.2704-2718. doi: 10.1109/TBME.2018.2889669. Epub 2018 Dec 25. PMID: 30596564.

KAPANDJI; I. A. **Fisiologia Articular: Ombro, cotovelo, prono-supinação, punho, mão.** 6.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2007.

KARU, T.I; AFANASYEVA, N.I. **Citocromo C oxidase como fotoacceptor primário para células em cultura em regiões visíveis e próximas de IR.** Doklady Akad Nauk, v.1, n.342, p.693-695, 1995.

KAVIANI, A; FATEH, M; YOUSEFI NOORAIE, R; et al. **Low-level laser therapy in management of postmastectomy lymphedema.** Lasers Med Sci, v.1,n.21, p.90–94, 2006. doi:10.1007/s10103-006-0380-3.

KELLY, B.T; KADRMAS, W.R; SPEER, K.P. **The manual muscle xamination for rotator cuff strength. An electromyographic investigation.** Am J Sports Med, v.24, n.1, p.581-588, 1996. doi: 10.1177/036354659602400504.

KONIN; J. G. **Cinesiologia Prática para Fisioterapeutas.** 1.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

LANGELLA, L.G; CASALECHI, H.L; TOMAZONI, S.S. **Photobiomodulation therapy (PBMT) on acute pain and inflammation in patients who underwent total hip arthroplasty-a randomized, triple-blind, placebo-controlled clinical trial.** *Lasers Med Sci*, v.1, n.33, p.1933-1940, 2018. doi: 10.1007/s10103-018-2558-x)

LANZA, E; BANFI, G; SERAFINI, G; et al. **Ultrasound-guided percutaneous irrigation in rotator cuff calcific tendinopathy: what is the evidence? A systematic review with proposals for future reporting.** *Eur Radiol*, v.1, n.25, p.2176–2183, 2015.

LEE, S.B; KIM, KJ; O'DRISCOLL, S.W; et al. **Dynamic glenohumeral stability provided by the rotator cuff muscles in the mid-range and end-range of motion. A study in cadavera.** *J Bone Joint Surg Am*, v.1, n.82, p.849-857, 2000. doi: 10.2106/00004623- 200006000-00012.

LEE, W. J; LEE, K.C; KIM, M.J; et al. **Efficiency of Red or Infrared Light-Emitting Diodes in a Mouse Model of Propionibacterium Acnes-Induced Inflammation.** *Ann Dermatol*, v.1, n. 28, p.186–191, 2016. doi: 10.5021 / ad.2016.28.2.186.

LEONG, H. T; FU, S.C; HE, X; et al. **Risk factors for rotator cuff tendinopathy: a systematic review and meta-analysis.** *Journal of rehabilitation medicine*, v.51, n.9, p.627-637, 2019.

LEOTTY, C. L. R; LIMA, M. M. C; ARAUJO, F. X. **Effect of low-level laser therapy on pain and function of patients with shoulder tendinopathy: A systematic review.** *Fisioterapia e Pesquisa*, v.27, n.2, p.210-217, 2020.

LEWIS, J; MCCREESH, K; ROY, J.S; GINN, k. **Rotator cuff tendinopathy: navigating the diagnosis-management conundrum.** *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, v.45, n.11, p.923-937, 2015.

LILJA, M; MANDIC, M; APRÓ, W; et al. **High-doses of anti-inflammatory drugs compromise muscle strength and hypertrophic adaptations to resistance training in young adults.** *Acta Physiologica*, v.1, n.222, 2018. doi:10.1111/apha.12948.

LOGDBERG-ANDERSSON, M; MUTZELL, S; HAZELL, Å. **Low level laser therapy (LLT) of tendinitis and myofasial pains — a randomized, double-blind, controlled study.** *Laser Ther*, v.1, n.9, p.79–86, 1997. doi:10.5978/islsm.14.0_79.

LOPES-MARTINS, R; PENNA, S.C; JOENSEN, J; et al. **Terapia a laser de baixo nível (LLLT) em doenças inflamatórias e reumáticas: uma revisão dos mecanismos terapêuticos.** *Atual Reumatologia*, v.3, n.2, p.147-154, 2007.

MACÊDO, P.R.S; COSTA, R.C.S; de SOUZA, C.G; et al. **Intervenções Fisioterapêuticas na Tendinopatia do Ombro: uma revisão de literatura**, v.2, n.1, 2015. *Anais do Congresso Internacional de Envelhecimento Humano*.

MARTIGNAGO, C.C.S; TIM, C.R; ASSIS, et al. **Effects of red and near-infrared LED light therapy on full-thickness skin graft in rats.** *Lasers Med Sci*, v.1, n.35, p.157-164, 2020. doi:10.1007/s10103-019-02812-6.

MARTINOLI, C; BIANCHI, S; PRATO, N. et al. **US of the Shoulder: Non-Rotator Cuff Disorders.** *Radiographics*, v.23, n.2, p.381-401, 2003.

MELISCKI, G.A; MUNHOZ, P de J; CARNESECA, E.C; et al. **Diferentes modalidades terapêuticas no tratamento da tendinopatia do supraespinhoso.** *Revista Brasileira em Promoção da Saúde*, v.26, n.2, p.201-207, 2014.

MITRAGOTRI, S; EDWARDS, DA; BLANKSCHTEIN, D; LANGER, R. **A mechanistic study of ultrasonically- enhanced transdermal drug delivery.** *J Pharm Sci*, v.84, n.6, p.697-706, 1995.

MOBASHERI, A; SHAKIBAEJ, M. **Is tendinitis an inflammatory disease initiated and driven by proinflammatory cytokines such as interleukin 1 β ?** *Histol Histopathol*, v.28, n.8, p.955-964, 2013.

MONTEIRO, D.F.; MEJIA, D.P.M. **Reabilitação fisioterapêutica na síndrome do impacto do ombro: uma revisão de literatura.** Faculdade Ávila, 2012.

NAM, H.S; LEE, S.U. **Conservative management of shoulder pain with common causes.** *J Korean Med Assoc*, v.1, n.57, p.661-666, 2014. doi:10.5124/jkma.2014.57.8.661.

NEER II, C.S. **Cirurgia do ombro.** Rio de Janeiro: São Paulo: Revinter; Cap. 2, p.37-134: Lacerações do manguito, lesões do bíceps e impingimentos. 1995.

OTADI, K; HADIAN, M.R; OLYAEI, G; JALAIE, S. **The beneficial effects of adding low level laser to ultrasound and exercise in Iranian women with shoulder tendonitis: a randomized clinical trial.** *J Back Musculoskelet Rehabil*, v.25, n.1, p.3-9, 2012. doi: 10.3233/BMR-2012-0305. PMID: 22398262.

OKU, L.C; ANDRADE, A.P; STADINIKY, S.P; et al. **Translation and Cultural Adaptation of the Modified-University of California at Los Angeles Shoulder Rating Scale to Portuguese Language.** *Rev Bras Reumatol*, v.46, n.4, p.246–252, 2006. doi: 10.1590/S0482-50042006000400003

OZUNLU PEKYAVAS, N; KUNDURACILAR, Z; ERSIN, A; et al. **Boyun ve omuz ağrılı olgularda skapular diskinezi, ağrı, eklem hareket açıklığı ve esneklik arasındaki ilişki [The relationship between scapular dyskinesia, pain, range of motion, and flexibility in patients with neck and shoulder problems].** *Agri*, v.26, n.3, p.119-25, Turkish, 2014. doi: 10.5505/agri.2014.55486. PMID: 25205410.

PEREIRA, D.D. **A relação das tendinopatias do manguito rotador com as atividades cotidianas: uma contribuição para o design ergonômico.** 2015.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, 2015.

PFISTER, J; GERBER, H. **Chronic calcifying tendinitis of the shoulder-therapy by percutaneous needle aspiration and lavage: A prospective open study of 62 shoulders.** Clin Rheumatol, v.16, n.3, p.269-274, 1997.

PIETERS, L; LEWIS, J; KUPPENS, K; et al. **An update of systematic reviews examining the effectiveness of conservative physical therapy interventions for subacromial shoulder pain.** Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, v.50, n.3, p.131-141, 2020.

PIRES, D; XAVIER, M; ARAUJO, T; et al. **Low- level laser therapy (LLLT; 780 nm) acts differently on mRNA expression of anti- and pro-inflammatory mediators in an experimental model of collagenase-induced tendinitis in rat.** Lasers Med Sci, v.1, n.26, p.85-94, 2011. doi:10.1007/s10103-010-0811-z.

PRENTICE, W.E. **Modalidades Terapêuticas para fisioterapeutas.** 4ª ed. Porto Alegre: AMGH, p. 624, 2014.

PRIBICEVIC, M; POLLARD, H. **A multi-modal treatment approach for the shoulder: A 4 patient case series.** Chiropractic & Osteopathy, v.13, n.20, n.1-9, 2005.

RAMIREZ, A; SCHWANE, J.A; MCFARLAND, C; STARCHER, B. **The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblast proliferation in vitro.** Med Sci Sports Exerc, v.1, n.29, p.326-332, 1997. doi:10.1097/00005768-199703000-00007.

REDDY, G; STEHNO-BITTEL, L; ENWEMEKA, C. **Laser photostimulation of collagen production in healing rabbit Achilles tendons.** Lasers Surg Med, v.22, n.22, p.281-287, 1998. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1998)22:5<281::aid-lsm4>3.0.co;2-l

RIO, E; MOSELEY, L; PURDAM, C; et al. **The pain of tendinopathy: physiological or pathophysiological?** Sports Med, v.44, n.1, p.9-23, jan. 2014.

RODRIGUES, N.C; BRUNELLI, R; ABREU, D.C.C; et al. **Morphological Aspects And Cox-2 Expression After Exposure To 780-nm Laser Therapy In Injured Skeletal Muscle: An In Vivo Study.** Braz J Phys Ther, v.18, n.5, p.395-401, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0057>.

ROBERTSON, V.J; BAKER, K.G. **A review of therapeutic ultrasound: effectiveness studies.** Phys Ther, v.1, n.81, p.1339-1350, 2001. PMID:11444997.

RODRIGUEZ-SANTIAGO, B; CASTILLO, B; BAERGA-VARELA, L; MICHEO, W.F. **Rehabilitation Management of Rotator Cuff Injuries in the Master Athlete.** Curr Sports Med Rep, v.18, n.9, p.330-337, 2019.

SACCO, I.C; GOMES, A.A; OTUZI, M.E; et al. **A method for better positioning**

bipolar electrodes for lower limb EMG recordings during dynamic contractions.

J Neurosci Methods, v.1, n.180, p.133–137, 2009.

doi:10.1016/j.jneumeth.2009.02.017.

SAUNDERS, L. **A eficácia do laser de baixo nível terapia na tendinite do supraespinal.** Clínico Reabilitação, v.1, n.9, p.126-134, 1995.

SCHLICHER, R.K; RADHAKRISHNA, H; TOLENTINO, T; et al. **Mechanism of intracelular delivery by acoustic cavitation.** Ultrasound in Med Biol, v.32, n.6, p.915–924, 2006.

SORBELLINI, E; RUCCO, M; RINALDI, F. **Photodynamic and photobiological effects of light-emitting diode (LED) therapy in dermatological disease: an update.** Lasers Med Sci, v.1, n.33, p.431-1439, 2018. doi:10.1007/s10103-018-2584-8.

SOUZA, M. **Reabilitação do Complexo do Ombro.** 1ª ed. São Paulo: Editora Manole, 2001.

SPARGOLI, G. **Supraspinatus tendon pathomechanics: a current concepts review.** International Journal of Sports Physical Therapy, v.13, n.6, p.1083, 2018.

STARLEY, C. **Recursos Terapêuticos em Fisioterapia - Termoterapia, Eletroterapia, Ultrasom, Terapias Manuais.** 2ª ed. São Paulo: Manole; p.404, 2001.

SUNDARAM, J; MELLEIN, B.R; MITRAGOTRI, S. **An experimental and theoretical analysis of ultrasound-induced permeabilization of cell membranes.** Biophys J, v.1, n.84, p.3087-3101, 2003.

SUZUKI, k; POTTS, A; ANAKWENZE, O; SINGH, A. **Calcific Tendinitis of the Rotator Cuff: Management Options.** Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, v.22, n.11, p.707-717, 2014.

TANTAWY, S.A; ABDELBASSET, W.K; KAMEL, D.M; et al. **Laser photobiomodulation is more effective than ultrasound therapy in patients with chronic nonspecific low back pain: a comparative study.** Lasers Med Sci, v.1, n.34, p.793– 800, 2019. doi:10.1007/s10103-018-2665-8.

TEEFY, S.A; HASAN, S.A; MIDDLETON, W.D; et al. **Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases.** J Bone Joint Surg Am, v.82, n.4, p.498-504, 2000.

ter HAAR, G.T. **Therapeutic ultrasound, Review.** European Journal of Ultrasound, v.9, n.1, p.3-9, 1999.

THORNTON, A.L.; MCCARTY, C.W.; BURGESS, M.J. **Effectiveness of low-level laser therapy combined with an exercise program to reduce pain and**

increase function in adults with shoulder pain: a critically appraised topic. Journal of sport rehabilitation, v.22, n.1, p.72-78, 2013.

TRELLES, M; ALONNES, I; MAYO, E.Er. **YAG laser ablation of plantar verrucae with red Led therapy-assisted healing.** Photomed Laser Surg, v.1, n.24, p.494–498, 2006.

UMER, M; QADIR, I; AZAM, M. **Subacromial impingement syndrome.** Orthopedic Reviews, v.4, n.18, p.0, 2012.

VANBAAK, K; AERNI, G. **Shoulder Conditions: Rotator Cuff Injuries and Bursitis.** FP essentials, v.491, n.0, p.11, 2020.

VECCHIO, P; CAVE, M; KING, V; et al. **A double- blind study of the effectiveness of low level laser treatment of rotator cuff tendinitis.** Br J Rheumatol, v.1, n.32, p.740–742, 1993. doi:10.1093/rheumatology/32.8.740.

VILAS-BOAS, F. **Ombro: importância dos testes clínicos no diagnóstico das tendinopatias e especificidade da prescrição de tratamento conservador.** 2018. Dissertação (Mestrado) - Instituto de ciências biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, Portugal, 2018.

VLADIMIROV, Y.A; OSIPOV, A.N; KLEBANOV, G.I. **Photobiological Principles of Therapeutic Applications of Laser Radiation.** Biochemistry (Moscow), v.1, n.69, p.81–90, 2004. doi:10.1023/b:biry.0000016356.93968.7e

WANG, X; TIAN, F; SONI, S.S; et al. **Interplay between up- regulation of cytochrome-c-oxidase and hemoglobin oxygenation induced by near- infrared laser.** Sci Rep, v.6, n.30540, 2016. doi: 10.1038/srep30540

WATARI, R; SARTOR, C.D; PICON, A.P; et al. **Effect of diabetic neuropathy severity classified by a fuzzy model in muscle dynamics during gait.** J Neuroeng Rehabil, v.1, n.11, p.11, 2014. doi:10.1186/1743-0003-11-11

WONG, W.K; LI, M.Y; YUNG, P.S; LEONG, H.T. **The effect of psychological factors on pain, function and quality of life in patients with rotator cuff tendinopathy: A systematic review.** Musculoskelet Sci Pract, v.47, n.1, p.102-173, 2020.

YAVUZ, F; DUMAN, I; TASKAYNATAN, M.A; TAN, A.K. **Low-level laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of subacromial impingement syndrome: a randomized clinical trial.** J Back Musculoskelet Rehabil, v.27, n.3, p.315–320, 2014.

YOUNG, S.R; DYSON, M. **The effect of therapeutic ultrasound on angiogenesis.** Ultrasound Med Biol, v.1, n.16, p.262-269, 1990. doi:10.1016/0301-5629(90)90005-w

APÊNDICE A

Avaliações inicial, intermédia, e final do tratamento

Os parâmetros foram avaliados em três momentos do tratamento, no início, na metade do tempo as duas semanas (intermédia), e as 4 semanas (pós-terapia).

A avaliação as 2 semanas teve o intuito de verificar a correta evolução do tratamento; no entanto, para determinar a eficácia total do tratamento foram escolhidas somente as avaliações inicial e pós-terapia.

A **Tabela 6** apresenta os escores de evolução avaliados as 2 semanas (intermédio) e as 4 semanas (pós-terapia) e a razão $R_{4/2} = \text{escore pós-terapia} / \text{escore intermédio}$. O valor de $R_{4/2}$ dá uma medida da evolução da terapia ao longo do tempo de tratamento. A média de $R_{4/2}$, considerando todos os parâmetros e grupos, é de $2,1 \pm 0,1$, ou seja, o efeito da terapia tende a duplicar quando o tempo de tratamento duplica. Pode-se observar em todos os parâmetros e grupos uma tendência de melhora contínua dos escores do início da terapia até o final da mesma

A **Figura 21** é um exemplo gráfico da variação dos ângulos de flexão na avaliação da amplitude de movimento, de cada um dos grupos, aos tempos de tratamento inicial, 2 e 4 semanas, mostrando um aumento linear. Gráficos similares podem ser gerados para todos os parâmetros avaliados.

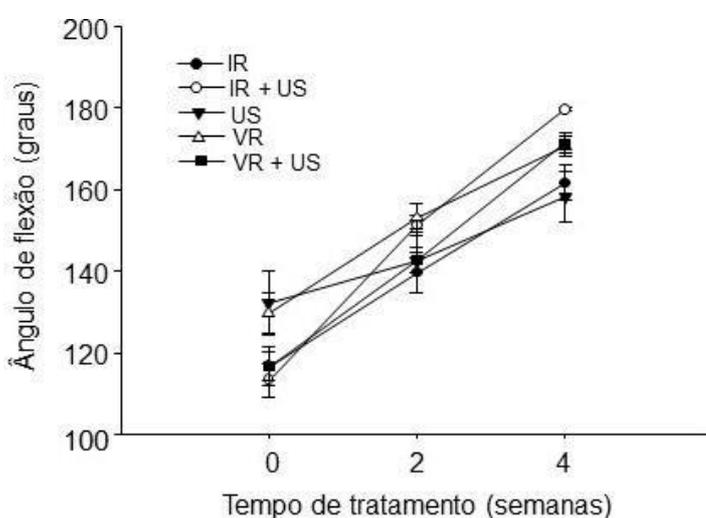


Figura 21 Variação dos ângulos de flexão na avaliação da amplitude de movimento, em função do tempo de terapia para todos os grupos

Tabela 6 Scores evolução intermédio (2 semanas) e pós-terapia (4 semanas) dos 12 parâmetros avaliados, e os 5 grupos estudados

Parâmetros		Grupo IR			Grupo IR-US			Grupo US			Grupo VR			Grupo VR-US		
		2a sem	4a sem	R _{4/2}	2a sem	4a sem	R _{4/2}	2a sem	4a sem	R _{4/2}	2a sem	4a sem	R _{4/2}	2a sem	4a sem	R _{4/2}
Qualidade de vida (HAQ)	média	-8,5	-13,3	1,57	-11,67	-17,10	1,47	-7,80	-11,20	1,44	-7,73	-15,60	2,02	-7,67	-14,73	1,92
	DP	-2,9	5,5		5,11	6,90		3,28	3,41		3,69	6,50		4,72	7,18	
Dor (EVA)	média	-2,53	-5,40	2,13	-3,20	-6,67	2,08	-2,00	-3,93	1,97	-2,07	-4,13	2,00	-2,87	-6,40	2,23
	DP	0,92	1,40		0,77	1,29		1,25	1,53		0,80	1,13		0,83	1,18	
Flexão	média	23,0	45,0	1,96	38,0	66,3	1,75	10,3	26,0	2,52	23,4	41,0	1,75	26,0	54,7	2,10
	DP	8,4	11,5		13,9	16,2		4,4	11,4		8,8	15,1		9,7	13,2	
Extensão	média	4,73	11,67	2,46	8,33	16,53	1,98	4,20	8,60	2,05	6,40	10,93	1,71	6,13	13,53	2,21
	DP	1,79	3,48		4,79	3,38		1,57	2,23		3,81	4,23		3,07	4,21	
Abdução	média	20,33	45,00	2,21	30,00	58,00	1,93	11,33	25,67	2,26	19,33	43,00	2,22	28,00	50,67	1,81
	DP	9,72	12,25		11,65	15,56		5,50	9,61		7,76	15,90		12,07	17,41	
Adução	média	6,2	10,2	1,65	7,4	14,0	1,89	3,1	6,6	2,11	4,3	8,9	2,08	6,1	11,6	1,91
	DP	2,4	3,0		2,1	1,8		1,3	2,2		1,9	3,4			3,0	
Rotação lateral	média	13,67	22,33	1,63	21,33	35,67	1,67	6,00	13,53	2,26	11,00	19,67	1,79	13,67	27,33	2,00
	DP	6,40	9,98		8,76	6,51		2,65	4,41		4,31	6,11		6,67	7,53	
Rotação medial	média	10,7	21,4	2,01	18,3	31,0	1,69	8,3	15,7	1,88	10,1	19,0	1,88	13,5	22,3	1,66
	DP	5,3	9,1		5,9	8,9		4,1	5,3		5,1	8,7		6,5	8,4	

Tabela 6 (continua)

Força Abdução	média	0,55	1,46	2,67	0,80	1,98	2,48	0,41	0,85	2,05	0,43	1,01	2,35	0,77	2,04	2,66
	DP	0,18	0,51		0,48	0,65		0,21	0,36		0,31	0,58		0,56	0,81	
Força Rotação lateral	média	0,88	1,95	2,22	0,99	2,45	2,47	0,27	0,56	2,10	0,71	1,93	2,73	0,89	2,50	2,81
	DP	0,48	0,71		0,53	0,66		0,14	0,24		0,25	0,49		0,72	0,82	
EMG Rotação lateral	média	0,29	0,62	2,12	0,41	1,09	2,67	0,12	0,27	2,36	0,24	0,51	2,18	0,42	0,75	1,77
	DP	0,22	0,33		0,27	0,59		0,20	0,22		0,18	0,40		0,39	0,42	
EMG Abdução	média	12,9	25,2	1,96	9,0	25,5	2,81	7,1	12,7	1,80	11,5	22,2	1,92	8,7	19,8	2,27
	DP	6,8	12,4		7,0	8,7		5,5	8,3		4,2	7,2		3,6	6,4	
12 parâmetros	média			1,96			2,81			1,80			1,92			2,27
	DP			0,33			0,43			0,28			0,29			0,35
12 parâmetros e 5 grupos	média			2,1												
	DP			0,4												

DP: desvio padrão. IR: infravermelho, IR-US: infravermelho combinado com ultrassom, US: ultrassom, VR: vermelho visível, VR-US: vermelho visível combinado com ultrassom

2a sem: Escore de evolução intermédio = pontuação as 2 semanas de tratamento - pontuação do tratamento inicial; 4a sem: Escore de evolução pós-terapia = pontuação as 4 semanas de tratamento - pontuação do tratamento inicial; $R_{4/2}$ = Escore de evolução pós-terapia/ Escore de evolução intermédio

ANEXO 1



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: COMPARAÇÃO DO LED VERMELHO E INFRAVERMELHO EM RELAÇÃO AO ULTRASSOM TERAPÊUTICO NO TRATAMENTO DA TENDINOPATIA CRÔNICA DE OMBRO.

Pesquisador: João Pedro Scaldaferrri Martins

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 91320518.9.0000.5492

Instituição Proponente: Universidade Anhembi Morumbi/ Instituto Superior de Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.758.940

Apresentação do Projeto:

A tendinopatia de ombro é uma inflamação do tendão no manguito rotador. O ultrassom é uma técnica fisioterapêutica de propagação de ondas acústicas, que junto com o gel acoplador emite energia mecânica através de um cristal piezoelétrico, promovendo a melhora da funcionalidade do ombro do paciente. Outra técnica evidenciada na literatura científica, que promove em geral a regressão mais acentuada de uma lesão, é a Fotobioestimulação, neste sentido utiliza o LED como emissor de luz monocromática não coerente proveniente de um transdutor conversor de energia elétrica para fotônica, esse componente atua numa condição de baixa tensão e corrente elétrica de utilização. As faixas de comprimento de onda que essa radiação atua para promover de forma mais rápida o processo de recuperação da lesão são o vermelho e o infravermelho próximo. Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo avaliando a eficácia do tratamento da tendinopatia de ombro utilizando a técnica de FotoBioestimulação, usando Leds atuando nas faixas do vermelho e infravermelho próximo. Neste sentido será realizada a comparação da eficácia de tratamento com a técnica do Ultrassom terapêutico (UST). Serão selecionados voluntários



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO



Continuação do Parecer: 2.758.940

colaboradores com idade entre 45-70 anos, portadores de tendinopatia crônica de ombro. Distribuídos em 5 grupos de terapia: o primeiro grupo será constituído por pacientes que receberão o tratamento de foto- bioestimulação utilizando LED emitindo luz na faixa do infravermelho próximo, o segundo com pacientes recebendo tratamento com LED emitindo na região do vermelho, o terceiro, a foto-biosimilar ao anterior exceto pela diferença de que o emissor de luz atuará no vermelho, o quinto um grupo de pacientes recebendo apenas o UST (controle). O critério de avaliação da lesão analisará seis parâmetros de medida, preenchimento de questionário de qualidade de vida (HAQ). Escala analógica visual de dor (EVA). Protocolo para mensuração de força muscular, amplitude de movimento articular do ombro. Aparelho de eletromiografia a fim de analisar o impulso elétrico emitido pela musculatura, e uma câmera termográfica para mapear a distribuição de temperaturas ao longo da área lesada. Para minimizar a recorrência da tendinopatia, após as terapias todos os pacientes serão submetidos a um protocolo de exercícios específicos.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Analisar a eficácia terapêutica das técnicas utilizando LEDs de baixa potência, nas faixas de luz visível e invisível (infravermelho próximo) para o tratamento de tendinopatia crônica de ombro, em comparação ao método de terapia utilizando UST.

Objetivo Secundário:

- Verificar o desempenho das técnicas de foto-bioestimulação com luz de baixa potência, utilizando LED na faixa de luz visível (vermelho) e LED na faixa de luz invisível (infravermelho), em comparação com o método tradicional de Ultrassom terapêutico.
- Analisar qual destas técnicas apresentará melhor desempenho na terapia de tendinopatia crônica de ombro.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos associados à aplicação dos LEDs são mínimos, o principal seria a Fotossensibilidade, porém pacientes com histórico de fotossensibilidade serão excluídos.- Os riscos associados ao UST são mínimos, pode induzir um leve aquecimento no local, porém, o UST será aplicado na forma pulsada e com movimento uniformes que reduzem o risco de aquecimento.



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO



Continuação do Parecer: 2.758.940

Benefícios:

- A foto-bioestimulação induz um aumento da produção de ATP;- Estímulo de microcirculação;- Formação de novos vasos preexistentes- Reduz a quantidade de fibroblastos na fase inicial; - Provoca melhora na qualidade tecidual na regeneração de tendões; - Acelera a cicatrização;- Aumento da síntese de colágeno e proliferação de fibroblastos; - Liberação de fatores crescimento estimulada pela degranulação de astócitos, plaquetas e macrófagos, antecipando a fase proliferativa e de remodelamento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando exequibilidade na proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão adequados e contemplam as exigências da resolução 466/12.

Recomendações:

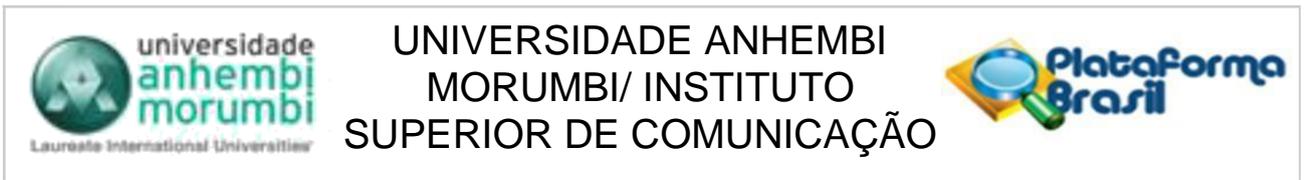
Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa



Continuação do Parecer: 2.758.940

7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1095041.pdf	05/06/2018 18:04:58		Aceito
Folha de Rosto	FOLHADEROSTO.pdf	05/06/2018 18:02:05	João Pedro Scaldaferrri Martins	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	28/04/2018 15:48:08	João Pedro Scaldaferrri Martins	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoDoutorado.pdf	28/04/2018 15:46:04	João Pedro Scaldaferrri Martins	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 06 de Julho de 2018

Assinado por:

**CARLOS ROCHA OLIVEIRA
(Coordenador)**

ANEXO 2

**RBR-8hnm7 Comparison of Phototherapy versus Therapeutic Ultrasound in the Treatment of Shoulder Injury**

Data de registro: 11/02/2019 (dd/mm/yyyy)

Última data de aprovação: 11/02/2019 (dd/mm/yyyy)

Tipo de estudo:

Intervenções

Título científico:**en**

Comparison of the red and infrared LEDs in relation to therapeutic Ultrasound treatment on chronic Tendinopathy of shoulder

pt-br

Comparação do LED vermelho e infravermelho em relação ao Ultrassom terapêutico no tratamento na Tendinopatia crônica de ombro

Identificação do ensaio

- Número do UTN: U1111-1219-3594

● registrorebec@gmail.com

Para: dr.joaopedromartins@yahoo.com, rebec@icict.fiocruz.br, dtostes@gmail.com

Url do registro(trial url): <http://www.ensaiosclinicos.gov.br/rg/RBR-8hnm7/>

Numero de Registro (Register Number): RBR-8hnm7

Prezado Registrante,

Temos o prazer de informar que seu estudo foi publicado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC).

Agradecemos por seu registro e colaboração e, desde já, nos colocamos à disposição para esclarecer quaisquer dúvidas que possam surgir, seja em caso de atualização do registro ou, até mesmo, uma nova submissão.

Por favor, não hesite em contactar-nos.

Cordialmente,

ReBEC Staff - ReBEC/ICICT/LIS
Av. Brasil 4036 - Maré - sala 807
Rio de Janeiro RJ CEP: 21040-360
Tel: +55(21)3882-9227
www.ensaiosclinicos.gov.br