

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO
HUMANO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS E EM
PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

Amanda Lino de Oliveira

Porto Alegre

2024

Amanda Lino de Oliveira

**EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS E EM
PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof^a Dr^a Graciele Sbruzzi

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

de Oliveira, Amanda Lino
EFEITOS DA FOTOBIMODULAÇÃO EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS
E EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA
/ Amanda Lino de Oliveira. -- 2024.
74 f.
Orientadora: Graciele Sbruzzi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Programa
de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. 2.
Fotobiomodulação. 3. Fototerapia. I. Sbruzzi,
Graciele, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Ângela, por sempre ter lutado pela educação dos três filhos e nos incentivado firmemente a correr atrás dos nossos sonhos, difícil mensurar tamanha gratidão.

A minha irmã Camila e meu cunhado Vinícius, por terem me apresentado ao mundo da pesquisa no início da graduação, obrigada pela oportunidade, vocês são peças-chaves e inspiração na minha vida acadêmica. E ainda, mais grata, por terem me presenteado com minha afilhada Helena.

Ao meu noivo Felipe que segurou as barras e sempre me apoiou e lutou comigo pelos meus sonhos. Obrigada, amo você.

As minhas IC's que foram super parceiras e me auxiliaram nas coletas, vocês foram demais gurias, Bianca e Nailê.

A todo nosso grupo de pesquisa, vocês fazem a vida acadêmica mais leve!

Aos professores e colegas do PPGCMH, continuar aprendendo e concluindo mais uma formação na UFRGS é um grande sonho.

Ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre por oportunizar a realização dessa pesquisa.

Ao professor Dr Rodrigo Della Mía Plentz, a Dra Marli Knorst e a fisioterapeuta Ane Glauce Freitas Margarites, pelas suas colaborações.

A cada indivíduo incluído na pesquisa pelo tempo e disposição, meu muito obrigada.

E por fim, meu agradecimento à minha orientadora Prof^{ra} Dr^a Graciele Sbruzzi. Ser tua aluna é um privilégio. Cresci muito contigo, desde a IC, especialização e agora finalizando o mestrado. Obrigada pelo conhecimento transmitido, pelas dicas e por me ensinar mais do que ciência. Você é um grande exemplo para mulheres na docência e pesquisa. Espero aprender ainda muito com você. Muito obrigada!

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

FBM – Fotobiomodulação

CVM – Contração Voluntária Máxima

FPP – Força de Preensão Palmar

TC6 – Teste de Caminhada de 6 minutos

TSL – Teste de Sentar e Levantar

HCPA – Hospital de Clínicas de Porto Alegre

ECR – Ensaio Clínico Randomizado

LED – *Light Emiting Diode*

TNF α – Fator de Necrose Tumoral Alfa

GOLD - Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease

O₂ – Oxigênio

ATP – Adenosina Trifosfato

NO – Óxido Nítrico

RESUMO

Introdução: A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é caracterizada por limitação do fluxo respiratório e apresenta efeitos sistêmicos, como fadiga muscular precoce e dispneia, reduzindo a capacidade física. A terapia com fotobiomodulação (FBM) tem sido usada para minimizar a fadiga muscular em indivíduos saudáveis e atletas; entretanto, pouco tem sido explorado sobre o efeito dessa intervenção em indivíduos com DPOC, principalmente na fase exacerbada da doença. **Objetivo:** Esta dissertação apresenta os seguintes objetivos: 1º) Comparar o efeito agudo de uma sessão de FBM com manta de LED vs manta de LED placebo sobre a força muscular e capacidade funcional em indivíduos saudáveis não treinados. 2º) Investigar o efeito agudo da FBM através de manta de LED sobre a força muscular, dispneia, capacidade funcional, função pulmonar, gravidade da DPOC e tempo de internação em pacientes com DPOC exacerbada. **Metodologia:** O estudo foi dividido em duas etapas. Para a Etapa I, foi realizado um ensaio clínico randomizado (ECR) cruzado, onde foram incluídos indivíduos saudáveis para receber a aplicação da FBM através de uma manta de LED de 15x25 cm (375 cm²) por 10 minutos, (energia total de 1267J) e manta de LED placebo, com intervalo de 48 horas entre as aplicações. Os seguintes desfechos foram mensurados: força muscular (contração voluntária máxima – CVM, força de preensão palmar – FPP e teste de sentar e levantar - TSL) e capacidade funcional (teste de caminhada de seis minutos – TC6). A Etapa II consistiu de um estudo série de casos, realizado a partir de um ensaio clínico randomizado (ECR), incluindo pacientes com DPOC, internados por exacerbção da doença. Foram randomizados para receber FBM através de manta de LED I (10 minutos, 1267 J), manta de LED II (3 minutos, 378 J) e manta de LED placebo. Nessa etapa, foram mensurados os seguintes desfechos: força muscular, capacidade funcional, impacto dos sintomas da DPOC, dispneia, gravidade da DPOC, função pulmonar e tempo de internação. A intervenção foi realizada uma vez em cada paciente, afim de avaliar os efeitos agudos da terapia. **Resultados:** Os resultados desta pesquisa resultaram na elaboração de dois artigos de acordo com cada objetivo traçado. Artigo 1: Foram incluídos 12 indivíduos saudáveis. A média de idade foi 54,1±7,8 anos, sendo 66,7% do sexo feminino. Em relação a força muscular, a sessão LED apresentou aumento na CVM esquerda (5%, p=0,019) e no TSL (3,6%, p=0,046), contudo sem diferença entre a sessão placebo. Além disso, a sessão LED comparado com a sessão placebo apresentou pequeno aumento no TC6 (23 m, p=0,005). Não foi observado diferença para FPP e CVM

direita. *Artigo 2:* Foram incluídos 9 pacientes com DPOC, 3 em cada grupo de intervenção. Em relação a CVM, todos os grupos apresentaram aumento pós as intervenções, sendo o maior aumento no grupo LED II. Para FPP, o grupo LED II teve um aumento em ambos os lados (direito e esquerdo), o grupo LED I teve um aumento somente no lado esquerdo e o LED placebo teve aumento no lado direito. Já para o Borg houve uma redução de sensação de dispneia tanto no grupo LED I quanto no LED II, com tamanho de efeito grande. **Conclusão:** O presente estudo demonstrou que indivíduos saudáveis não treinados quando submetidos a terapia de FBM através de manta de LED comparado com placebo apresentaram aumento na capacidade funcional. E ainda, encontrou que pacientes hospitalizados com DPOC exacerbada quando submetidos a uma única sessão de FBM por 10 minutos e 3 minutos apresentaram redução clinicamente relevante no escore de dispneia. Além disso, os três grupos apresentaram um aumento de CVM. São necessários mais estudos para determinar a importância da inclusão da FBM também no âmbito hospitalar visando manutenção de força e capacidade funcional.

Palavras chaves: Doença pulmonar obstrutiva crônica, fototerapia, ensaio clínico randomizado.

ABSTRACT

Introduction: Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is characterized by airflow limitation and has systemic effects, such as early muscle fatigue and dyspnea, reducing physical capacity. Photobiomodulation therapy (PBMT) has been used to minimize muscle fatigue in healthy individuals and athletes; however, little is known about its effects on individuals with COPD, especially during the exacerbation phase of the disease. **Objective:** This dissertation has the following objectives: 1) To investigate the acute effect of PBMT using an LED blanket on muscle strength and functional capacity in healthy individuals untrained. 2) To investigate the acute effect of PBMT using an LED blanket on muscle strength, dyspnea, functional capacity, pulmonary function, COPD severity, and length of hospital stay in patients with exacerbated COPD. **Methodology:** The study was divided into two stages. In Stage I, a randomized crossover clinical trial (RCT) was conducted, including healthy individuals who received PBMT application using an LED blanket (10 minutes, 1267J) and a placebo LED blanket, with a 48-hour interval between applications. The following outcomes were measured: muscle strength and functional capacity. Stage II consisted of a case series study derived from an RCT, including patients with COPD hospitalized due to disease exacerbation. They were randomized to receive PBMT using LED blanket I (10 minutes, 1267 J), LED blanket II (3 minutes, 378 J), and a placebo LED blanket. In this stage, the following outcomes were measured: muscle strength, functional capacity, impact of COPD symptoms, dyspnea, COPD severity, pulmonary function, and length of hospital stay. The intervention was performed once for each patient to assess the acute effects of the therapy. **Results:** The findings of this research resulted in the development of two articles according to each objective. Article 1: Ten healthy individuals were included. The average age was 54.1 ± 7.8 years, with 66.7% female. In relation to muscle strength, the LED group showed an increase in left MVC (5%, $p=0.019$) and TSL (3.6%, $p=0.046$), however with no difference between the groups. Furthermore, the LED group compared to placebo showed a small increase in the 6MWT (23 m, $p=0.005$ - effect size). No difference was observed for PPF and right MVC Article 2: Nine COPD patients were included, three in each intervention group. Regarding MCV, all groups showed an increase after the interventions, with the greatest increase in the LED II group. For PPT, the LED II group showed an increase on both sides (right and left), the LED I group showed an increase only on the left side, and the placebo LED group showed an increase on the right side,

with large effect size. Regarding the Borg scale, there was a reduction in dyspnea sensation in both the LED I and LED II groups. **Conclusion:** The present study demonstrated that healthy individuals who were not trained when undergoing FBM therapy through LED blanket compared to placebo had an increase in functional capacity. Furthermore, it found that hospitalized patients with exacerbated COPD, when subjected to a single PBMT session of 10 minutes, 3 minutes, or placebo, showed a minimal increase in MCV, and the active intervention groups experienced a two-point reduction in dyspnea scores, considered clinically relevant. More studies are needed to determine the importance of including PBMT in the hospital setting to maintain functional capacity.

Keywords: Chronic obstructive pulmonary disease, phototherapy, randomized clinical trial.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica	15
2.1.1Disfunção da musculatura periférica no paciente com DPOC	16
2.2Fotobiomodulação.....	17
2.1.1Fotobiomodulação na Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica	18
3. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é caracterizada pela restrição progressiva e irreversível do fluxo respiratório, diminuição do calibre das vias aéreas e destruição do tecido pulmonar, além disso, geralmente está associada a inalação de partículas nocivas (MIRANDA et al., 2013). No Brasil, vem ocorrendo um aumento significativo do número de óbitos por DPOC: na década de 1980, a taxa de mortalidade era de 7,88/100.000 habitantes, passando para 19,04/100.000 habitantes na década de 1990 (COELHO et al., 2021). Atualmente, é considerada a terceira causa de morte no mundo (LU et al., 2023).

A maioria dos pacientes (94%) apresenta pelo menos uma comorbidade associada à DPOC e quase 50% apresentam três ou mais. Em conjunto com a dispneia, uma das mais graves manifestações extrapulmonares é a disfunção da musculatura periférica, pois a falta de ar leva a inatividade e falta de condicionamento que acentua a dispneia resultando em um ciclo vicioso que aumenta a intolerância ao exercício e compromete a qualidade de vida desses pacientes (GULART et al., 2019; WOUTERS, 2002). No curso natural da doença é recorrente ao paciente passar por um evento agudo chamado exacerbação, em que ocorre alteração da situação clínica e piora dos sintomas respiratórios. Esses eventos são responsáveis por 70% das internações dos pacientes com DPOC e tem um impacto negativo na sobrevida dos mesmos (MARÇÔA et al., 2018).

Devido à severidade da hipotrofia muscular acentuada pela dispneia, pode-se utilizar técnicas alternativas a reabilitação pulmonar convencional para esses pacientes. Uma dessas técnicas é a fotobiomodulação (FBM) que utiliza a radiação óptica não ionizante na faixa do espectro visível próximo do infravermelho, que é absorvida pelos cromóforos endógenos provocando eventos fotofísicos e fotoquímicos em várias escalas biológicas, sem causar danos térmicos (ANDERS et al., 2019). Estudos mostram que a FBM é capaz de promover a vasodilatação do tecido muscular, aumentar o nível de oxigênio no tecido e atenuar a presença de marcadores bioquímicos inflamatórios. Consequentemente esses efeitos podem minimizar a fadiga muscular e aumentar a tolerância ao exercício do paciente com DPOC (MIRANDA et al., 2013; DE SOUZA et al., 2020; COSTA et al., 2019)

Miranda et al. (2014) publicaram um estudo utilizando a FBM em pacientes com DPOC. Foram avaliados os efeitos agudos da aplicação de *Light Emitting Diode* (LED) em um dispositivo com várias saídas de luz conhecido como *cluster*. O estudo

randomizou os pacientes em dois grupos: LED e LED placebo, sendo realizada aplicação em três áreas: vasto medial, reto femoral e vasto lateral. Os autores observaram aumento significativo do tempo de *endurance* no grupo LED quando comparado ao grupo placebo ($53\pm 5s$ vs. $30\pm 4s$; $p\leq 0,05$). Em outro estudo publicado pelo mesmo grupo (MIRANDA et al., 2019), dessa vez utilizando um *cluster* associando LED/LASER, e também com pacientes com DPOC, foi observado que o grupo que realizou LED/LASER antes das avaliações, apresentou uma mediana menor no desfecho dispneia, avaliada pela escala de Borg, quando comparado ao placebo [3.0 ($2.0-8.0$) vs. 4.0 ($2.0-8.0$); $p\leq 0,05$]. Também foi observado que no teste do degrau de 6 minutos, o grupo LED/LASER apresentou maior número de passos comparado ao grupo placebo (129.8 ± 10 vs. 116.1 ± 11.5 ; $p=0,000$).

Além da utilização dos *cluster* convencionais como apresentado nos estudos anteriores e da já conhecida utilização individual do LED e do LASER, têm se estudado um novo dispositivo chamado *flexible pad* (manta de LED), onde é possível tratar um seguimento inteiro com uma grande quantidade de dispositivos luminosos em apenas uma aplicação, sendo considerado um avanço quando comparado ao já bem otimizado *cluster*.

Dornelles et al., (2019) publicaram um estudo sobre os efeitos da FBM utilizando a manta de LED onde 152 dispositivos de LED (880nm), distribuídos em uma área de 252cm^2 ($10,5\text{cm} \times 24\text{cm}$) foi aplicada na parte posterior da coxa em jogadores de futebol. Os autores observaram que a aplicação da FBM antes de uma partida de futebol simulada reduziu as perdas de força excêntrica dos isquiotibiais e a altura do salto em contra movimento, demonstrando ser eficaz na atenuação da fadiga muscular dos isquiotibiais nessa população.

Vanin et al., (2018) publicaram uma revisão sistemática com metanálise sugerindo a melhora do desempenho muscular e fadiga através das técnicas de FBM associada ao exercício, em indivíduos saudáveis. O melhor efeito da terapia foi observado quando Laser, LED ou a combinação destes, foram utilizadas em contato direto com a pele e antes do exercício no comprimento de onda 655 a 950 nm, com uma dose de energia de 60J a 300J em grandes grupos musculares e potência máxima de 200 mW por LED. Mas, concluem que são necessários mais estudos com melhores resultados metodológicos para verificar a eficácia da terapia.

Lu et al., (2023) publicaram uma revisão narrativa incluindo 12 estudos para avaliação de inflamação pulmonar e efeito muscular, tanto respiratório como periférico, na DPOC. Nesta revisão, foram encontradas as evidências de parâmetros dosimétricos

atuais para FBM em humanos: comprimento de onda de 630–905 nm e densidade de energia de 1,5–4,5 J/cm² para melhora de capacidade funcional e tolerância ao exercício desses pacientes. Contudo, concluem que são necessários ensaios clínicos randomizados robustos para avaliação dos resultados e segurança da técnica.

Sendo assim, apesar dos avanços na utilização da terapia por FBM, sabe-se pouco sobre esse novo dispositivo na população com DPOC exacerbada. Nesse contexto, este estudo possui dois objetivos: 1. Investigar o efeito agudo da FBM através de manta de LED sobre a força e capacidade funcional em indivíduos saudáveis; 2. Investigar o efeito agudo da FBM através de manta de LED sobre dispneia, força, capacidade funcional, função pulmonar, gravidade da DPOC e tempo de internação em pacientes com DPOC exacerbada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença complexa e heterogênea, responsável por substancial morbidade, crescente mortalidade e geradora de altos custos para o sistema de saúde em todo o mundo. Caracteriza-se pela obstrução persistente e progressiva do fluxo aéreo, resultante de uma resposta inflamatória crônica das vias aéreas e do pulmão a agentes como gases e partículas nocivas inaladas (WOODRUFF et al., 2015).

A exposição à fumaça do tabaco e a outros poluentes ambientais, além das variações climáticas, tem influenciado o aumento das doenças respiratórias em todo o mundo, entre elas, a DPOC que é responsável por 3 milhões de mortes a cada ano (5% de todas as causas de morte) e com estimativa de aumentos progressivos (VESTBO et al., 2013).

A Iniciativa Global para a DPOC (GOLD) classifica a doença em quatro categorias (Tabela 1): Estádio I: DPOC Leve; Estádio II: DPOC Moderada; Estádio III: DPOC Grave e Estádio IV: DPOC Muito Grave (ROGÉRIO CAMPOS CINTRA VOLPE et al., 2011).

Tabela 1. Critérios espirométricos para gravidade da DPOC conforme GOLD.

I: DPOC Leve	VEF1/CVF < 0,7 VEF1 ≥ 80% do previsto	Nesse estágio, o indivíduo pode não ter consciência que sua função pulmonar está anormal.
II: DPOC Moderada	VEF1/ CVF < 0,70 50% ≤ VEF1 < 80% do previsto	Sintomas progridem nesse estágio, com falta de ar tipicamente aparecendo aos esforços.
III: DPOC Grave	VEF1/ CVF < 0,70 30% ≤ VEF1 < 50% do previsto	Falta de ar tipicamente piora neste estágio e frequentemente limita as atividades diárias do paciente. Nesse estágio começam a aparecer as exacerbações.
IV: DPOC Muito Grave	VEF1/ FVC < 0,70 VEF1 < 30% do previsto) ou VEF1 < 50% do previsto e	Neste estágio, a qualidade de vida está apreciavelmente alterada e as exacerbações podem levar a risco de vida.

	mais a presença de falência respiratória crônica.	
--	---------------------------------------------------	--

Fonte: VOLPE et al., 2011.

A DPOC divide-se em períodos estáveis e instáveis, denominados de DPOC exacerbada. De acordo com o GOLD (MARÇÔA et al., 2018) define-se exacerbção da DPOC como um evento agudo no curso natural da doença, caracterizado por uma mudança na dispneia basal do paciente, tosse e/ou expectoração e mudança na coloração do escarro que está além das variações normais do dia a dia e que pode justificar uma mudança na medicação habitual do paciente. O impacto das exacerbções é significativo e tanto os sintomas quanto a função pulmonar do paciente podem levar várias semanas para retornar aos valores basais, o que afeta a qualidade de vida e o prognóstico dos pacientes com DPOC (PAVORD et al., 2016). Os principais mecanismos precursores da exacerbção são: aumento da obstrução ao fluxo aéreo (causada por inflamação, hipersecreção brônquica e broncoespasmo) acompanhado de redução da retração elástica pulmonar (AHMED; ATHAR, 2015).

As exacerbções requerem internação hospitalar e são responsáveis por até 70% dos custos de saúde relacionados com a DPOC, representando um fator de risco para aumento da mortalidade (CHANG et al., 2014), e mesmo o paciente recebendo a terapia farmacológica, os pacientes apresentam restrição a atividade física normal e redução da qualidade de vida (GARCIA-RIO et al., 2012).

2.1.1 Disfunção da musculatura periférica no paciente com DPOC

A disfunção da musculatura periférica que se observa em pacientes com DPOC contribui, independentemente, da função pulmonar, para um agravamento do estado de saúde e uma maior taxa de mortalidade (GARCIA-RIO et al., 2012).

Dentre os mecanismos envolvidos, são citados: o descondicionamento pelo desuso, a presença de citocinas pró-inflamatórias (TNF- α e interleucinas-6 e 8, por exemplo), hormônios anabólicos reduzidos (testosterona), hipoxemia e/ou hipercapnia, desnutrição e uso prolongado de corticoides (DO NASCIMENTO et al., 2015). Além disso, alterações vasculares e endoteliais reduzem a oferta de oxigênio na microcirculação muscular, diminuindo a oxigenação muscular durante o repouso e durante a contração muscular (WANG et al., 2018)

A partir disso, ocorre uma inflamação sistêmica devido a resposta inflamatória crônica pulmonar, caracterizada pela liberação de mediadores inflamatórios na circulação, liberação de leucócitos e plaquetas pela medula óssea e ativação de leucócitos circulantes e no endotélio vascular (KC et al., 2018).

Essas diferentes alterações morfológicas e fisiológicas no músculo esquelético isoladamente ou combinadas contribuem para o surgimento precoce da fadiga muscular, sendo esta, definida como a incapacidade do músculo de gerar ou manter níveis suficientes de força contrátil para um determinado esforço físico (CI; DEGENS, 2007).

O interesse no estudo da fadiga muscular periférica em pacientes com DPOC é muito atual, pois o foco científico sempre se concentrou na contribuição da fadiga muscular respiratória e em suas implicações na tolerância ao exercício (RONDELLI et al., 2009). Considera-se que Killian et al., (1992) publicaram na década de 90 o estudo precursor de subsequentes pesquisas sobre a fadiga muscular periférica, com uma contribuição quanto à limitação do exercício, pois o cansaço em membros inferiores foi o sintoma predominante ao interromper o exercício máximo em 43% da amostra de pacientes com DPOC do estudo. Para aquela época, os autores relataram que esse foi um resultado inesperado.

A partir de então, outros autores começaram a estudar a disfunção da musculatura periférica juntamente com a fadiga como um agravante diretamente relacionado à qualidade de vida e índice de mortalidade em pacientes com DPOC. Apesar da evolução das pesquisas, existem poucas evidências sobre os efeitos da fotobiomodulação em pacientes com DPOC principalmente na forma deste novo dispositivo. No nosso conhecimento somos o primeiro grupo a estudar os efeitos da manta de LED nos pacientes com DPOC.

2.2Fotobiomodulação

No início do ano de 2019 foi publicado por Anders et al., (2019) a última atualização referente a nomenclatura correta para estudos utilizando LED e/ou LASER. A partir de então padroniza-se o termo Fotobiomodulação (FBM) como entendimento do mecanismo pelo qual, a radiação óptica não ionizante na faixa do espectro visível próximo do infravermelho é absorvida pelos cromóforos endógenos provocando eventos fotofísicos e fotoquímicos em várias escalas biológicas, sem causar danos térmicos.

A diferença fundamental entre a radiação emitida por um LASER e um LED é a coerência do feixe. Apesar disso, estudos recentes apresentam evidências semelhantes

entre LED e LASER devido a ambos possuírem o mesmo mecanismo de absorção dos fótons por cromóforos intracelulares em seus comprimentos de onda específicos (MIRANDA et al., 2013). A partir desses mecanismos, a FBM tem se mostrado essencial no processo de reparo e regeneração tecidual, alívio de dor, diminuição de oxidantes e anti-inflamatório.

Estudos utilizando terapia com FBM antes de exercícios de alta intensidade mostram a possível remoção de lactato sanguíneo e redução das lesões musculares, proporcionando uma rápida recuperação muscular (DELLAGRANA et al., 2018; LEAL-JUNIOR; LOPES-MARTINS; BJORDAL, 2019). A fadiga muscular, como dito anteriormente, resulta na incapacidade metabólica de manter o processo de contração e isto pode ocorrer devido à redução da oferta de energia das mitocôndrias para as fibras musculares (MOHAMMED IHSAN, 2005). Ainda não é totalmente compreendido o mecanismo pelo qual a terapia com FBM age no tecido muscular, mas sabe-se que ela promove vasodilatação arteriolar e melhora a microcirculação periférica, conseqüentemente, ocorre um aumento da oferta de O₂ ao tecido o que vai ao encontro dos déficits encontrados no paciente com DPOC (TULLBERG; ALSTERGREN; ERNBERG, 2003).

2.1.1 Fotobiomodulação na Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

Os efeitos terapêuticos da FBM como a vasodilatação, melhora da circulação colateral, aumento do nível de O₂ nos tecidos e aumento do nível mitocondrial de ATP poderiam minimizar a fadiga muscular nos pacientes com DPOC, aumentando a tolerância ao exercício (ORON et al., 2007). Além disso, a FBM pode ser considerada como um tratamento alternativo, eficaz, não farmacológico, não invasivo e de baixo custo na modulação da fadiga muscular precoce e na disfunção muscular periférica, uma vez que 2/3 dos pacientes com DPOC interrompem o exercício por fadiga muscular como sintoma limitante associado à dispneia (KILLIAN et al., 1992).

Em 2013, Miranda et al., publicaram o primeiro estudo piloto que propôs avaliar os efeitos agudos da FBM em pacientes com DPOC e no ano seguinte foram publicados os resultados preliminares, já citados anteriormente, onde foram avaliados os efeitos agudos da aplicação de *Light Emitting Diode* (LED) em um dispositivo *cluster*. O estudo randomizou os pacientes em dois grupos: LED e LED placebo, sendo realizada aplicação em três áreas: vasto medial, reto femoral e vasto lateral. Os autores observaram aumento

significativo do tempo de *endurance* no grupo LED quando comparado ao grupo placebo ($53\pm 5s$ vs. $30\pm 4s$; $p\leq 0,05$) (MIRANDA et al., 2014).

O mesmo grupo de pesquisa (MIRANDA et al., 2015) publicou em 2015 um artigo sobre a avaliação de 13 pacientes com DPOC que foram randomizados em grupo LED/LASER (foi utilizado um *cluster* associando diodos de LED e LASER) e grupo placebo. A aplicação foi realizada no reto femoral em pontos aleatórios e após, foi avaliado o pico de torque que foi significativamente maior no grupo LED/LASER (174.7 ± 35.7 N.m) em relação ao grupo placebo (155.8 ± 23.3 N.m). Além disso, o índice de dispneia avaliado pela escala Borg e este foi menor no grupo LED/LASER comparado ao grupo placebo [1 (0-4) vs. 3 (0-6); $p=0,003$].

E no último artigo publicado pelo grupo (MIRANDA et al., 2019), foi utilizado novamente a associação LED/LASER em um dispositivo cluster, nos pacientes com DPOC. Foi observado que o grupo que realizou LED/LASER antes das avaliações, apresentou novamente uma mediana menor no desfecho dispneia, avaliada pela escala de Borg, quando comparado ao placebo [3.0 (2.0-8.0) vs. 4.0 (2.0-8.0); $p\leq 0,05$]. Também foi observado que no teste do degrau de 6 minutos, o grupo LED/LASER apresentou maior número de passos comparado ao grupo placebo (129.8 ± 10 vs. 116.1 ± 11.5 ; $p=0,000$).

Vanin et al., (2018) publicaram uma revisão sistemática com metanálise sugerindo a melhora do desempenho muscular e fadiga através das técnicas de FBM associada ao exercício, em pessoas saudáveis. O melhor efeito da terapia foi observado quando LASER, LED ou a combinação destes, foram utilizadas em contato direto com a pele e antes do exercício no comprimento de onda 655 a 950 nm, com uma dose de energia de 60J a 300J em grandes grupos musculares e potência máxima de 200 mW por LED. Mas, concluem, que são necessários mais estudos com melhores resultados metodológicos para verificar a eficácia da terapia.

Lu et al., (2023) publicaram uma revisão narrativa incluindo 12 estudos para avaliação de inflamação pulmonar e efeito muscular, tanto respiratório como periférico, na DPOC. Nesta revisão, foram encontradas as evidências de parâmetros dosimétricos atuais para FBM em humanos: comprimento de onda de 630–905 nm e densidade de energia de 1,5–4,5 J/cm² para melhora de capacidade funcional e tolerância ao exercício desses pacientes. Nesse estudo, os autores sugerem que os mecanismos de ação da FBM estão relacionados tanto a terapia LASER quanto a LED exercerem efeitos semelhantes por meio da absorção de fótons por cromóforos em comprimentos de onda específicos do

tecido. A terapia não invasiva LASER e LED irradiam os tecidos para ativar fotorreceptores celulares. O LASER é absorvido por fotorreceptores internos, como citocromo c oxidase, porfirinas e canais iônicos sensíveis à luz, enquanto os fótons são absorvidos por canais iônicos sensíveis à luz, aumentando a concentração de íons de cálcio intracelular (Ca^{2+}). A citocromo c oxidase pertence ao complexo IV da cadeia respiratória mitocondrial, absorvendo os comprimentos de onda do vermelho e do infravermelho próximo. Isso leva a aumentos no transporte de elétrons, potencial de membrana mitocondrial e produção de trifosfato de adenosina (ATP). Esses processos ativam várias vias de sinalização por meio de monofosfato de adenosina cíclico, óxido nítrico (NO), Ca^{2+} e espécies reativas de oxigênio, que são seguidas pela ativação de fatores de transcrição, como fator 1-alfa induzível por hipóxia (HIF-1 α), fator nuclear eritroide 2 relacionado ao fator 2 (NRF2) e fator nuclear- κ B (NF- κ B), resultando em uma resposta genética massiva direcionada à inflamação, proliferação e reparo. Com base nesses mecanismos, a FBM foi confirmada como um tratamento eficaz por desempenhar um papel vital no reparo e regeneração de tecidos, alívio da dor, cicatrização de feridas, redução de oxidantes e anti-inflamatório.

Considerando os efeitos anti-inflamatórios da FBM, pode ser uma abordagem razoável a ser aplicada na melhora da inflamação de doenças pulmonares. Neste contexto, houve uma extensa pesquisa demonstrando a eficácia e segurança desta técnica em diferentes doenças pulmonares, como DPOC, asma e fibrose pulmonar. No entanto, devido à falta de ensaios clínicos em larga escala como evidência, a FBM ainda não é uma opção de tratamento na prática de rotina de acordo com as últimas diretrizes de DPOC.

Com base nos estudos previamente apresentados, fica evidenciado a importância em estudar e avaliar com alto rigor metodológico os benefícios da utilização da FBM em pacientes com DPOC. Dessa forma, neste estudo será analisado a eficácia da manta de LED, um dispositivo capaz de associar uma grande quantidade de energia em uma única aplicação otimizando o tempo de atendimento ao paciente. No nosso conhecimento, apenas o estudo de Dornelles et al., (2019) utilizou esse dispositivo, tendo avaliado em seu trabalho jogadores de futebol como descrito anteriormente. Sendo assim, a intenção do nosso grupo é avaliar os efeitos da FBM através da manta de LED em indivíduos saudáveis, não atletas, e também como uma opção para tratamento da disfunção da musculatura periférica em pacientes com DPOC exacerbada.

3. REFERÊNCIAS

AHMED, S. M.; ATHAR, M. **Mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma. Indian Journal of Anaesthesia** Indian Society of Anaesthetists, , 1 set. 2015.

ANDERS, J. J. et al. **Light-emitting diode therapy and low-level light therapy are photobiomodulation therapy. Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery** Mary Ann Liebert Inc., , 1 fev. 2019.

ANTONIALI, F. C. et al. Phototherapy in skeletal muscle performance and recovery after exercise: effect of combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes. **Lasers in Medical Science**, v. 29, n. 6, p. 1967–1976, 31 out. 2014.

BORG, G. **Psychophysical bases of perceived exertion - PubMed**. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7154893/>>. Acesso em: 25 set. 2024.

CASABURI, R. et al. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. A statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 159, n. 4 Pt 2, 1999.

CHANG, C. et al. Utility of the combination of serum highly-sensitive c-reactive protein level at discharge and a risk index in predicting readmission for acute exacerbation of copd. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 40, n. 5, p. 495–503, 1 set. 2014.

CI, R.; DEGENS, W. H. **Factors contributing to muscle wasting and dysfunction in COPD patients** **International Journal of COPD**. [s.l: s.n.].

COELHO, A. E. C. et al. Abordagem geral da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC): uma revisão narrativa. **Revista Eletrônica Acervo Médico**, v. 1, n. 1, p. e8657, 1 set. 2021.

DE MARCHI, T. et al. Photobiomodulation therapy before futsal matches improves the staying time of athletes in the court and accelerates post-exercise recovery. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 1, p. 139–148, 6 fev. 2019.

DE SOUZA, G. H. M. et al. Acute effects of photobiomodulation therapy applied to respiratory muscles of chronic obstructive pulmonary disease patients: a double-blind, randomized, placebo-controlled crossover trial. **Lasers in Medical Science**, v. 35, n. 5, p. 1055–1063, 1 jul. 2020.

DELLAGRANA, R. A. et al. Photobiomodulation therapy on physiological and performance parameters during running tests: Dose-response effects. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 10, p. 2807–2815, 2018.

DO, A. P. et al. **A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials on the Effects of Photobiomodulation Therapy on Running Performance** **International Journal of Exercise Science**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.intjexersci.com>>.

DO NASCIMENTO, E. S. P. et al. Home-based pulmonary rehabilitation improves clinical features and systemic inflammation in chronic obstructive pulmonary disease patients. **International Journal of COPD**, v. 10, p. 645–653, 23 maio 2015.

DORNELLES, M. P. et al. Photobiomodulation therapy as a tool to prevent hamstring strain injuries by reducing soccer-induced fatigue on hamstring muscles. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 6, p. 1177–1184, 1 ago. 2019.

ENRIGHT, P. L.; SHERRILL, D. L. **Reference Equations for the Six-Minute Walk in Healthy Adults** **Am J Respir Crit Care Med**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.atsjournals.org>.

FRITSCH, C. G. et al. Effects of photobiomodulation therapy associated with resistance training in elderly men: a randomized double-blinded placebo-controlled trial. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 1, p. 279–289, 30 jan. 2019.

GARCIA-RIO, F. et al. Prognostic value of the objective measurement of daily physical activity in patients with COPD. **Chest**, v. 142, n. 2, p. 338–346, 2012.

GULART, A. A. et al. Baseline characteristics associated to improvement of patients with COPD in physical activity in daily life level after pulmonary rehabilitation. **Respiratory Medicine**, v. 151, p. 142–147, 1 maio 2019.

HILLAS, G. et al. **Managing comorbidities in COPD**. **International Journal of COPD** Dove Medical Press Ltd., , 7 jan. 2015.

HOLLAND, A. E. et al. **Defining modern pulmonary rehabilitation: An official American thoracic society workshop report**. **Annals of the American Thoracic Society** American Thoracic Society, , 1 maio 2021.

IWAMA, A. M. et al. **The six-minute walk test and body weight-walk distance product in healthy Brazilian subjects** **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.bjournal.com.br>.

KAHNERT, K. et al. The Diagnosis and Treatment of COPD and Its Comorbidities. **Deutsches Arzteblatt international**, v. 120, n. 25, p. 434–444, 23 jun. 2023.

KC, R. et al. The role of environmental exposure to non-cigarette smoke in lung disease. **Clinical and Translational Medicine**, v. 7, n. 1, dez. 2018.

KILLIAN, K. J. et al. **Exercise Capacity and Ventilatory, Circulatory, and Symptom Limitation in Patients with Chronic Airflow Limitation 1-3**. [s.l: s.n.].

LEAL-JUNIOR, E. C. P. et al. Effect of phototherapy (low-level laser therapy and light-emitting diode therapy) on exercise performance and markers of exercise recovery: a systematic review with meta-analysis. **Lasers in Medical Science**, v. 30, n. 2, p. 925–939, 1 fev. 2015.

LEAL-JUNIOR, E. C. P.; LOPES-MARTINS, R. Á. B.; BJORDAL, J. M. **Clinical and scientific recommendations for the use of photobiomodulation therapy in exercise performance enhancement and post-exercise recovery: current evidence and future directions.** *Brazilian Journal of Physical Therapy* Revista Brasileira de Fisioterapia, , 1 jan. 2019.

LU, Y. SEN et al. **Effects of photobiomodulation as an adjunctive treatment in chronic obstructive pulmonary disease: a narrative review.** *Lasers in Medical Science* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, , 1 dez. 2023.

MACHADO, J. A. D. et al. Prevalence of current smoking and associated factors in older adults in Brazil. *Revista da Associação Médica Brasileira (1992)*, v. 70, n. 9, 2024.

MARÇÔA, R. et al. Classification of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) according to the new Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 2017: Comparison with GOLD 2011. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 15, n. 1, p. 21–26, 2 jan. 2018.

MIRANDA, E. F. et al. **Effects of light-emitting diodes on muscle fatigue and exercise tolerance in patients with COPD: study protocol for a randomized controlled trial.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://www.trialsjournal.com/content/14/1/134>>.

MIRANDA, E. F. et al. Acute effects of light emitting diodes therapy (LEDT) in muscle function during isometric exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease: Preliminary results of a randomized controlled trial. *Lasers in Medical Science*, v. 29, n. 1, p. 359–365, jan. 2014.

MIRANDA, E. F. et al. Phototherapy with combination of super-pulsed laser and light-emitting diodes is beneficial in improvement of muscular performance (strength and muscular endurance), dyspnea, and fatigue sensation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Lasers in Medical Science*, v. 30, n. 1, p. 437–443, 1 jan. 2015.

MIRANDA, E. F. et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 2, p. 129–135, 1 fev. 2016a.

MIRANDA, E. F. et al. Using pre-exercise photobiomodulation therapy combining super-pulsed lasers and light-emitting diodes to improve performance in progressive cardiopulmonary exercise tests. **Journal of Athletic Training**, v. 51, n. 2, p. 129–135, 1 fev. 2016b.

MIRANDA, E. F. et al. Acute effects of photobiomodulation therapy (PBMT) combining laser diodes, light-emitting diodes, and magnetic field in exercise capacity assessed by 6MST in patients with COPD: a crossover, randomized, and triple-blinded clinical trial. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 4, p. 711–719, 1 jun. 2019.

MOHAMMED IHSAN, F. R. **Low-Level Laser Therapy Accelerates Collateral Circulation and Enhances Microcirculation** *Photomedicine and Laser Surgery*. [s.l: s.n.].

ORON, U. et al. Ga-As (808 nm) laser irradiation enhances ATP production in human neuronal cells in culture. **Photomedicine and Laser Surgery**, v. 25, n. 3, p. 180–182, jun. 2007.

PAVORD, I. D. et al. **Exacerbations of COPD. International journal of chronic obstructive pulmonary disease**, 2016.

ROGÉRIO CAMPOS CINTRA VOLPE, A. et al. **Paper submitted to the BJORL-SGP (Publishing Management System-Brazilian Journal of Otorhinolaryngology) on March 18 Brazilian Journal of otorhinolaryngology**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.bjorl.org/http://www.bjorl.org/>>.

RONDELLI, R. R. et al. **Métodos de avaliação da fadigabilidade muscular periférica e seus determinantes energético-metabólicos na DPOC*** **Methods for the assessment of peripheral muscle fatigue and its energy and metabolic determinants in COPDJ** **Bras Pneumol.** [s.l: s.n.].

TULLBERG, M.; ALSTERGREN, P. J.; ERNBERG, M. M. Effects of low-power laser exposure on masseter muscle pain and microcirculation. **Pain**, v. 105, n. 1–2, p. 89–96, 2003.

VAIDYA, T. et al. Is the 1-minute sit-to-stand test a good tool for the evaluation of the impact of pulmonary rehabilitation? Determination of the minimal important difference in COPD. **International Journal of COPD**, v. 11, n. 1, p. 2609–2616, 19 out. 2016.

VANIN, A. A. et al. **Photobiomodulation therapy for the improvement of muscular performance and reduction of muscular fatigue associated with exercise in healthy people: a systematic review and meta-analysis.** **Lasers in Medical Science** Springer London, , 1 jan. 2018.

VESTBO, J. et al. **Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease GOLD executive summary.** **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, 15 fev. 2013.

WANG, C. et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health [CPH] study): a national cross-sectional study. **The Lancet**, v. 391, n. 10131, p. 1706–1717, 28 abr. 2018.

WOODRUFF, P. G. et al. Current concepts in targeting chronic obstructive pulmonary disease pharmacotherapy: Making progress towards personalised management. **The Lancet**, v. 385, n. 9979, p. 1789–1798, 2 maio 2015.

WOUTERS, E. **Chronic obstructive pulmonary disease c 5: Systemic effects of COPD** **E F M Wouters.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.thoraxjnl.com>.

ZANINI, A. et al. Minimum Clinically Important Difference in 30-s Sit-to-Stand Test After Pulmonary Rehabilitation in Subjects With COPD. **Respiratory care**, v. 64, n. 10, p. 1261–1269, 1 out. 2019.