

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE MEDICINA
Mestrado Acadêmico em Ciências Fonoaudiológicas

EFEITOS IMEDIATOS DA FOTOBIMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA
INTENSIDADE SOBRE O MÚSCULO ORBICULAR DA BOCA

Vanessa Mouffron Novaes Alves

Belo Horizonte
2019

Vanessa Mouffron Novaes Alves

EFEITOS IMEDIATOS DA FOTOBIMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA
INTENSIDADE SOBRE O MÚSCULO ORBICULAR DA BOCA

Trabalho apresentado à banca examinadora do curso de Mestrado Acadêmico em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Rodrigues Motta
Co-orientadora: Profa. Dra. Renata Maria Moreira
Moraes Furlan

Belo Horizonte
2019

AL474 Alves, Vanessa Mouffron Novaes.
Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o músculo orbicular da boca [manuscrito]. / Vanessa Mouffron Novaes Alves. - - Belo Horizonte: 2019.
76f.: il.
Orientador (a): Andréa Rodrigues Motta.
Coorientador (a): Renata Maria Moreira Moraes Furlan.
Área de concentração: Ciências Fonoaudiológicas.
Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Fototerapia. 2. Lábio. 3. Terapia com Luz de Baixa Intensidade. 4. Boca. 5. Dissertações Acadêmicas. I. Motta, Andréa Rodrigues. II. Furlan, Renata Maria Moreira Moraes. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: WB 480

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitora: Prof^a. Sandra Regina Goulart Almeida

Vice-Reitora: Prof. Alessandro Fernandes Moreira

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Fabio Alves

Pró-Reitor de Pesquisa: Prof. Mario Fernando Montenegro Campos

FACULDADE DE MEDICINA

Diretor da Faculdade de Medicina: Prof. Humberto José Alves

Vice-Diretor da Faculdade de Medicina: Prof^a. Alamanda Kfoury Pereira

Coordenador do Centro de Pós-Graduação: Prof. Tarcizo Afonso Nunes

Subcoordenador: Prof^a Eli Lola Gurgel Andrade

Chefe do Departamento de Fonoaudiologia: Luciana Macedo de Resende

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS

Coordenadora: Prof^a. Amélia Augusta de Lima Friche

Subcoordenadora: Prof^a. Sirley Alves da Silva Carvalho

COLEGIADO

Sirley Alves da Silva Carvalho- Titular

Luciana Macedo de Resende- Suplente

Letícia Caldas Teixeira- Titular

Ana Cristina Cortes Gama- Suplente

Stela Maris Aguiar Lemos- Titular

Adriane Mesquita de Medeiros- Suplente

Andréa Rodrigues Motta- Titular

Helena Gonçalves Becker- Suplente

Amélia Augusta de Lima Friche- Titular

Patrícia Cotta Mancini- Suplente

Bárbara de Faria Morais Nogueira– Discente titular

Cintia Alves de Souza – Discente suplente

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo amor, apoio, incentivo e compreensão neste processo!

À Andréa, por abraçar esse projeto e pela oportunidade que me dá de crescer como pessoa e como profissional a cada momento que estamos juntas.

À Renata, parceira incansável em todas as fases desse trabalho, que não mediu esforços para que tudo pudesse ser feito da melhor maneira possível. Obrigada pelo carinho, por sua dedicação e amizade!

A todos os colegas de profissão que acolheram esse tema, pelas ideias, contribuições e vibrações positivas!

Muito obrigada!

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP	Adenosina Trifosfato
CVM	Contração Voluntária Máxima
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LED	Light Emitting Diode
LLLT	Low level LASER Therapy
RMS	Root Mean Square
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

RESUMO

Objetivos: investigar os efeitos da terapia por fotobiomodulação no músculo orbicular da boca comparando a atividade elétrica e a pressão máxima dos lábios antes e após a irradiação com diferentes doses do LASER de baixa intensidade.

Métodos: este trabalho foi realizado em duas etapas: uma revisão integrativa da literatura e um estudo experimental. Para planejamento da metodologia do estudo clínico foi feita uma revisão integrativa da literatura com o objetivo de analisar os estudos que abordam a influência do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular, os comprimentos de onda mais utilizados, a dose, o número de pontos para aplicação, o local de irradiação e resultados obtidos. Primeiramente, foram elaboradas as perguntas norteadoras: 1- A aplicação do LASER de baixa intensidade influencia o desempenho muscular? 2- Qual comprimento de onda tem sido mais utilizado? 3- Qual a dose e formas de aplicação mais usadas? Em seguida, foram criadas as expressões de busca com descritores e palavras chaves relacionadas à fotobiomodulação e desempenho muscular, em português, inglês e espanhol. As buscas foram realizadas nas plataformas *PubMed*, *BVS* e *SciELO*. Foram incluídos na pesquisa somente artigos originais que avaliaram os efeitos do LASER de baixa intensidade sobre a resistência muscular, sobre a fadiga e/ou sobre a força e adotou-se como critérios de exclusão o uso exclusivo ou associado de outras fontes de luzes terapêuticas. A análise dos dados foi feita por duas pesquisadoras independentes e, após eliminação das referências duplicadas e análise dos resumos, os artigos foram obtidos na íntegra para leitura. Dos selecionados para o estudo registrou-se autor e ano de publicação, objetivos, amostra e faixa etária, comprimento de onda utilizado, dose, número de pontos, local de aplicação e resultados. A segunda etapa consiste em um trabalho do tipo experimental, randomizado e triplo cego. A amostra, não probabilística, foi composta por 23 mulheres e 17 homens, com idade de 18 a 33 anos (média de 23,18 e DP=2,1), que foram divididos por sorteio em quatro grupos com 10 indivíduos cada: grupo controle (GC), G1, G4 e G7. Foram obtidos os valores de pressão máxima com o *Iowa Oral Performance Instrument (IOPI)*. O bulbo foi colocado entre duas espátulas de madeira e os participantes foram solicitados a pressionar o bulbo

com o máximo de força possível, com movimento de preensão dos lábios, durante 2 segundos. Foram realizadas três repetições, com intervalo de trinta segundos entre elas e o valor do pico máximo foi considerado a pressão máxima. Em sequência foram coletados os dados eletromiográficos. Para a captação do sinal os eletrodos foram posicionados nos ventres do músculo orbicular da boca, um par na porção superior e outro na inferior, seguindo-se padronização internacional e um eletrodo de referência foi colocado na região do punho do participante. As tarefas solicitadas foram: protrusão dos lábios para obtenção da contração voluntária máxima, repouso, bico isométrico e a repetição da frase “Xuxa achou o xale”. O sinal elétrico foi captado no domínio da amplitude e normalizado tanto pela porcentagem do pico quanto pela contração voluntária máxima (CVM). Após a avaliação inicial, realizou-se a aplicação do LASER com o equipamento da marca DMC, modelo Therapy EC, 100 mW de potência e spot de saída com área de 0,028 cm². Os parâmetros dosimétricos foram selecionados conforme os achados da revisão integrativa: comprimento de onda infravermelho (808 nm) e doses de 1 J (G1), 4 J (G4) e 7 J (G7). No grupo controle não houve nenhum tipo de intervenção. A aplicação foi pontual, com contato, em seis pontos do músculo orbicular da boca. Após a aplicação do LASER, foram repetidos os procedimentos de avaliação. Os dados foram analisados por meio de testes estatísticos pertinentes e avaliados com nível de significância de 95%. **Resultados:** na etapa de revisão integrativa foram encontrados inicialmente 1.242 artigos, dos quais 36 foram incluídos para leitura completa e 27 inseridos na análise final. O comprimento de onda mais utilizado foi o infravermelho, as doses mais comuns foram 7 J, 30 J e 4 J e apenas cinco trabalhos não encontraram respostas significativas para pelo menos uma das variáveis pesquisadas. Em relação ao estudo experimental, observou-se que no G4 houve aumento significativo da atividade elétrica do lábio superior durante tarefa de bico isométrico quando os dados foram normalizados pela CVM. Já no lábio inferior, observou-se diminuição dessa atividade elétrica, durante essa mesma tarefa, após irradiação com 1 J. A pressão máxima de lábios apresentou aumento apenas no grupo submetido à irradiação com 7 J. **Conclusão:** a fotobiomodulação com LASER de baixa intensidade é capaz de promover mudanças na atividade elétrica e no desempenho do músculo orbicular da boca. **Descritores:** Fotobiomodulação; lábio; desempenho muscular.

ABSTRACT

Objectives: To investigate the effects of photobiomodulation therapy on the orbicularis muscle of the mouth comparing the electrical activity and maximal lip pressure before and after irradiation with different doses of low-intensity LASER.

Methods: This work was developed in two stages: an integrative review of the literature and an experimental study. To plan the methodology of the clinical study, an integrative review of the literature was done with the objective of analyzing the studies that address the influence of low-intensity LASER on muscle performance, the wavelengths most used, the dose, the number of points for application, the irradiation site and the results obtained. First, the guiding questions were elaborated: 1- Does the application of low-intensity LASER influence muscle performance? 2- What wavelength has been most used? 3- What is the most commonly used dose and forms of application? Afterward, search expressions with descriptors and keywords related to photobiomodulation and muscular performance were created in Portuguese, English, and Spanish. The searches were made on the PubMed, BVS and SciELO platforms. Only original articles that evaluated the effects of low-intensity LASER on muscle endurance, fatigue and/or force were included in the research, the exclusive or associated use of other therapeutic light sources was adopted as exclusion criteria. Data analysis was done by two independent researchers and, after elimination of duplicate references and analysis of abstracts, the articles were obtained in full for reading. From the articles selected for the study, it was registered the author and year of publication, objectives, sample and age range, the wavelength used, dose, number of points, place of application and results. The second stage consists of an experimental, randomized and triple blind work. The non-probabilistic sample consisted of 23 women and 17 men, aged 18 to 33 years (mean of 23.18 and SD = 2.1), who were divided by lot into four groups with 10 individuals each: group control (GC), G1, G4, and G7. Maximum pressure values were obtained with the Iowa Oral Performance Instrument (IOPI). The bulb was placed between two wooden spatulas and the participants were asked to press the bulb with the maximum possible force, with the movement of grasping of the lips, for 2 seconds. Three repetitions were performed, with an interval of thirty seconds between them and the value of the maximum peak was considered

the maximum pressure. Electromyographic data were collected in sequence. In order to obtain the signal, the electrodes were placed in the orbicularis muscle of the mouth, one pair in the upper and one in the lower, followed by international standardization and a reference electrode was placed in the region of the participant's wrist. The tasks requested were: protrusion of the lips to obtain the maximum voluntary contraction, rest, isometric protrusion and the repetition of the phrase " Xuxa achou o xale ". The electrical signal was captured in the amplitude domain and normalized by both peak percentage and maximum voluntary contraction (MVC). After the initial evaluation, the LASER was applied with the equipment of the brand DMC, model Therapy EC, 100 mW of power and outlet spot with an area of 0,028 cm². The dosimetric parameters were selected according to the findings of the integrative review: infrared wavelength (808 nm) and doses of 1 J (G1), 4 J (G4) and 7 J (G7). There was no intervention in the control group. The application was punctual, with contact, in six points of the orbicularis muscle of the mouth. After LASER application, the evaluation procedures were repeated. The data were analyzed by means of pertinent statistical tests and evaluated with a level of significance of 95%. **Results:** In the integrative review stage, 1,242 articles were initially found, of which 36 were included for complete reading and 27 inserted in the final analysis. The most used wavelength was infrared, the most common doses were 7 J, 30 J and 4 J and only five papers did not find significant responses for at least one of the variables surveyed. Regarding the experimental study, it was observed that in G4 there was a significant increase in the electrical activity of the upper lip during isometric protrusion task when the data were normalized by the MVC. On the lower lip, a decrease in electrical activity was observed during this same task after irradiation with 1 J. The maximum lip pressure increased only in the group submitted to irradiation with 7 J. **Conclusion:** low-intensity LASER photobiomodulation is capable of promoting changes in the electrical activity and performance of the orbicularis muscle of the mouth.

Keywords: Photobiomodulation; lip; muscle performance.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e siglas.....	6
Resumo/Abstract	7
1 – Considerações iniciais	12
1.1 Referências bibliográficas	14
2 – Objetivos.....	16
2.1 Geral	16
2.2 Específicos.....	16
3 – Métodos.....	17
3.1 – Rrevisão integrativa da literatura	17
3.2 – Estudo experimental.....	20
3.2.1 – Delineamento do estudo	20
3.2.2 – Caracterização da amostra	21
3.2.3 – Procedimentos da coleta de dados	21
3.2.4 – Análise dos dados.....	26
3.3 - Referências bibliográficas	27
4 – Resultados e discussão	29
4.1 – Artigo de revisão integrativa	30
4.1.1 Resumo/Abstract	32
4.1.2 Introdução.....	34
4.1.3 Estratégia de pesquisa.....	35
4.1.4 Critérios de seleção	35
4.1.5 Análise dos dados.....	36
4.1.6 Resultados.....	36
4.1.7 Discussão	38
4.1.8 Conclusão.....	41
4.1.9 Referências bibliográficas	42
Quadros e figuras	46
4.2 – Artigo original	50
4.2.1 Resumo /Abstract	53
4.2.2 Introdução.....	54
4.2.3 Métodos	55
4.2.4 Resultados.....	60
4.2.5 Discussão	63
4.2.6 Referências bibliográficas	67
5 Considerações finais	72

1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As radiações que compõem o espectro eletromagnético possuem a mesma natureza, diferenciando-se apenas pelo seu comprimento de onda, que reflete a quantidade de energia que carregam¹. As radiações que possuem grande carga energética são denominadas ionizantes e podem alterar as estruturas atômicas das células, sendo agressivas ao organismo¹. Já as radiações não-ionizantes, como por exemplo a luz, são radiações com baixa carga de energia, capazes apenas de promover a excitação de elétrons e a troca de energia, sem danos à estrutura atômica ou molecular¹.

A terapia por fotobiomodulação é uma forma de terapia luminosa que utiliza formas não ionizantes de fontes de luz, incluindo LASER de baixa intensidade, LEDs e/ou luzes de banda larga, no espectro visível e infravermelho. É um processo não térmico que provoca eventos fotofísicos e fotoquímicos em várias escalas biológicas². Trata-se de uma técnica não invasiva, indolor, com baixo risco para o paciente e sem efeitos colaterais^{3,4}.

Entende-se por efeito fotoquímico a transformação da energia luminosa em energia química, produzindo efeitos biológicos⁵. Nas células humanas, o efeito fotoquímico desencadeado pelo LASER de baixa intensidade, sobretudo nos comprimentos de onda na faixa do vermelho (visível) e infravermelho, ocorre principalmente na mitocôndria durante o processo de respiração celular, que se divide em três etapas⁶. A primeira consiste na quebra de moléculas orgânicas, sendo a principal delas a glicose. A segunda fase, denominada Ciclo de Krebs, produz elétrons de alta energia que serão incorporados à cadeia transportadora de elétrons da membrana mitocondrial interna, durante a terceira etapa do processo de respiração, chamada de fosforilação oxidativa⁶. Nessa fase, há produção de grande quantidade de adenosina trifosfato (ATP), energia necessária para o funcionamento celular⁶. Por meio de reações enzimáticas, o LASER estimula o aumento da síntese de adenosina trifosfato (ATP), substância essencial para o adequado funcionamento da célula e atua também como um antioxidante, auxiliando na homeostase do organismo⁷.

De acordo com a literatura, diversos são os efeitos proporcionados pelo uso do LASER de baixa intensidade, dentre eles a analgesia, modulação da

inflamação, cicatrização, drenagem linfática, além de efeitos sobre o tecido muscular. Dentre os mecanismos de ação da fotobiomodulação nos músculos, destacam-se o aumento do metabolismo energético e da síntese de ATP⁸, a defesa contra o estresse oxidativo, a prevenção e reparação de danos musculares, a modulação da expressão gênica por ativação de fatores de transcrição e um possível aumento na excitabilidade das fibras musculares⁹. Por esses motivos, o LASER tem se mostrado eficaz na redução da fadiga¹⁰, no aumento do ganho de força¹¹, no relaxamento da musculatura¹² e também na melhora do desempenho muscular¹³. Esse último pode ser definido como a capacidade do músculo de produzir trabalho, afetada pelas qualidades morfológicas do músculo, condições neurológicas, bioquímicas e biomecânicas, assim como por funções metabólicas, cardiovasculares, respiratória, cognitiva e emocional¹⁴.

Sabe-se que a terapia fonoaudiológica em Motricidade Orofacial tem dentre seus objetivos a adequação da força, postura, resistência e mobilidade dos músculos orofaciais, sendo o treinamento muscular um dos pilares a serem trabalhados para que o sucesso terapêutico seja alcançado¹⁵. Dentre esses músculos, o orbicular da boca, que constitui os lábios humanos, é de grande interesse da Fonoaudiologia por participar ativamente de funções importantes como a fala, mastigação, deglutição, respiração e mímica facial.

Considerando-se os resultados observados na prática clínica e as evidências obtidas em outros grupos musculares, acredita-se que a fotobiomodulação possa ser uma forma de otimizar a terapia fonoaudiológica que tenha como objetivo o treinamento muscular do orbicular da boca. No entanto, ainda não há pesquisas sobre o assunto e, por esse motivo, compreender os efeitos da fototerapia sobre esse músculo, assim como discutir possíveis parâmetros dosimétricos são passos importantes na busca por evidências científicas desse recurso na Fonoaudiologia.

Duas formas quantitativas de se avaliar tais efeitos sobre o desempenho muscular são a eletromiografia de superfície e o *Iowa Oral Performance Instrument (IOPI)*. A primeira, consiste em uma forma segura e não invasiva de monitoramento da atividade elétrica muscular¹⁶. O IOPI, por sua vez, é um equipamento por meio do qual ocorre a captação da pressão máxima exercida

sobre um bulbo, no caso dos lábios durante a tarefa de preensão¹⁷. Ambos foram escolhidos para esse estudo pois vêm sendo bastante utilizados em pesquisas com objetivos de comparar a atividade muscular antes e após a fonoterapia.

Este trabalho é produção indispensável para defesa da dissertação do mestrado acadêmico em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas e é composto, de acordo com a resolução nº01/2015 (Anexo 1), por considerações iniciais, objetivos, métodos, resultados e discussão (apresentados no formato de dois artigos, um de revisão de literatura e um original) e considerações finais.

1.1 Referências bibliográficas

1. Silva DFT, Almeida-Lopes L, Ribeiro MS. Conceitos físicos básicos aplicados ao LASER de baixa potência. In: Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC. LASER de baixa potência – princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. Rio de Janeiro: Elsevier; 2012. p. 1-13.
2. Anders JJ, Lanzafame RJ, Arany PR. Low-level Light/Laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomed Laser Surg.* 2013;33(4):183-4.
3. Garcez AS, Suzuki SS. Terapia LASER de baixa potência nas desordens temporomandibulares. In: Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC, editores. LASER de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia. Rio de Janeiro: Elsevier; 2012. p. 357-75.
4. Sanseverino NTM. Avaliação clínica da ação antiálgica do LASER em baixa intensidade de Arseneto de Gálio e Alumínio ($\lambda=785\text{nm}$) no tratamento das disfunções da articulação temporomandibular. São Paulo. Dissertação [Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2001.
5. Karu T. Photobiological fundamentals of low-power LASER therapy. *IEEE J Quantum Electron.* 1987;23(10):1703–17.
6. Huang YY, Sharma SK, Carroll J, Hamblin MR. Biphasic dose response in low level light therapy - an update. *Dose-Response.* 2011;9(4):602–18.
7. Karu T. Photobiology of low power LASER effects. *Health Phys.* 1989;56(5):691-704.

8. Pazos MC. Noções de fotobiologia da interação radiação LASER com célula animal: indução da proliferação celular. In: Chavantes MC (ed). LASER em Biomedicina - Princípios e prática. São Paulo: Atheneu; 2009. p. 73-99.
9. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photon Lasers Med.* 2012;1(4):267-86.
10. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, et al. Effects of low-level LASER Therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524–32.
11. Santos MTBR, Nascimento KS, Carazzato S, Barros AO, Mendes FM, Diniz MB. Efficacy of photobiomodulation therapy on masseter thickness and oral health-related quality of life in children with spastic cerebral palsy. *Lasers Med Sci.* 2017;32(62):1279-88.
12. Bydlowski SP, Bydlowski C. Fisiologia do músculo esquelético. In: Douglas CR. Fisiologia aplicada à Fonoaudiologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007. p. 34-48.
13. Leal-Junior E, Vanin A, Miranda E, de Carvalho P, Dal Corso S, Bjordal J. 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 Med Sci.* 2013;30(2):925-39.
14. Kisner C, Colby LA. Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas. 5ª ed. São Paulo: Manole; 2009.
15. Rahal A. Fisiologia do exercício. In: Evidências e Perspectivas em Motricidade Orofacial. São José dos Campos: Pulso; 2018. p. 113-9.
16. Moraes KJR, Cunha DA, Galvão ML, Bezerra LA, Nascimento GKBO, Pernambuco LA, Balata PMM, Silva HJ. In: Silva HJ. Protocolos de eletromiografia de superfície em Fonoaudiologia. Barueri: Pró-Fono; 2013. p. 1-5.
17. Clark HM, Solomon NP. Age and sex differences in orofacial strength. *Dysphagia.* 2012;27(1):2-9.

2 – OBJETIVOS

2.1 Geral

Investigar os efeitos da terapia por fotobiomodulação na atividade elétrica e na pressão do lábio para diferentes doses do LASER de baixa intensidade.

2.2 Específicos

- Comparar a atividade elétrica e a pressão do músculo orbicular da boca antes e após aplicação de 1 J do LASER de baixa intensidade no comprimento de onda infravermelho;
- Comparar a atividade elétrica e a pressão do músculo orbicular da boca antes e após aplicação de 4 J do LASER de baixa intensidade no comprimento de onda infravermelho;
- Comparar a atividade elétrica e a pressão do músculo orbicular da boca antes e após aplicação de 7 J do LASER de baixa intensidade no comprimento de onda infravermelho;
- Comparar a atividade elétrica e a pressão do músculo orbicular da boca após a irradiação com diferentes doses.

3 – MÉTODOS

Para o planejamento da metodologia do estudo clínico, a primeira etapa consistiu em uma revisão integrativa da literatura com o objetivo de analisar os estudos que abordam a influência do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular.

3.1 – Revisão integrativa da literatura

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura com o objetivo de identificar, nos estudos sobre os efeitos do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular, quais os comprimentos de onda mais utilizados, a dose, o número de pontos para aplicação, o local de irradiação e resultados obtidos. Para isso, foram realizadas as seguintes etapas: elaboração das perguntas norteadoras; estabelecimento das palavras chaves, dos critérios de inclusão e exclusão dos trabalhos, busca, seleção e análise crítica dos artigos.

As perguntas que nortearam o presente estudo foram: 1- A aplicação do LASER de baixa intensidade influencia o desempenho muscular? 2- Qual comprimento de onda tem sido mais utilizado? 3- Qual a dose e formas de aplicação mais usadas? As expressões de busca foram criadas com descritores e palavras chaves relacionadas à fotobiomodulação e desempenho muscular e encontram-se descritas no Quadro 1. As buscas foram realizadas nas plataformas *PubMed*, *BVS* e *SciELO*.

Quadro 1. Estratégia de busca de dados

Base de Dados	Termos de busca
BVS e SciELO	tw:(("Lasers Semicondutores" OR "Lasers de Diodo" OR "Lasers de Arsenieto de Gálio e Alumínio" OR "Lasers de Arsenieto de Gálio" OR "Terapia com Luz de Baixa Intensidade" OR laserterapia OR "Terapia a Laser de Baixa Intensidade" OR "Irradiação a Laser de Baixa Intensidade" OR "Terapia a Laser de Baixa Potência" OR "Bioestimulação a Laser" OR "Irradiação a Laser de Baixa Potência" OR "Laser Biostimulation" OR "LLLT" OR lasers OR "Raios Laser" OR laser OR fototerapia OR "Láseres de Semicondutores" OR "Terapia por Luz de Baja Intensidad" OR "Rayos Láser" OR fototerapia OR "Lasers, Semiconductor" OR "Low-Level Light Therapy" OR "Laser Biostimulation" OR "Laser Phototherapy" OR "Low Level Laser Therapy" OR "Low-Level Laser Therapy" OR "Photobiomodulation Therapy" OR phototherapy) AND ("Músculo Esquelético" OR "Desenvolvimento Musculoesquelético" OR "Força Muscular" OR "Contração Muscular" OR "Desarrollo Musculoesquelético" OR "Fuerza Muscular" OR "Contracción Muscular" OR "Muscle, Skeletal" OR "Musculoskeletal Development" OR "Muscle Strength" OR "Muscle Contraction"))
PubMed	("LLLT" OR "Lasers, Semiconductor" OR "Low-Level Light Therapy" OR "Laser Biostimulation" OR "Laser Phototherapy" OR "Low Level Laser Therapy" OR "Low-Level Laser Therapy" OR "Photobiomodulation Therapy" OR phototherapy) AND ("Muscle, Skeletal" OR "Musculoskeletal Development" OR "Muscle Strength" OR "Muscle Contraction")

A seleção dos artigos foi feita de forma independente por duas fonoaudiólogas e foram incluídos na pesquisa somente artigos originais que tivessem entre seus objetivos avaliar os efeitos do LASER de baixa intensidade sobre o desempenho muscular. Foi de comum acordo entre as pesquisadoras que seriam entendidos como “desempenho muscular” os objetivos relacionados à resistência, à fadiga muscular e/ou à força. Foram adotados como critérios de exclusão o uso de outras fontes de luzes terapêuticas, como o LED (*Light Emitting Diode*), a luz pulsada e o LASER de alta potência. Artigos que

investigaram a melhora do desempenho muscular secundária à ação analgésica ou relaxante do LASER também foram excluídos.

O gerenciamento dos dados foi feito no programa Microsoft Excel 2016, no qual foi elaborada uma planilha que permitia às avaliadoras duas respostas para seleção: sim ou não. As referências duplicadas nas bases de dados consultadas foram eliminadas e, analisando-se os títulos e resumos, cada avaliadora escolhia pela inclusão ou não dos estudos. Os artigos que receberam “sim” das duas avaliadoras foram incluídos para leitura na íntegra e aqueles que obtiveram resposta “não” das duas pesquisadoras foram excluídos do trabalho. Foi estabelecido que, caso houvesse divergências de respostas entre as duas avaliadoras, seria feita uma reunião de consenso e, permanecendo o empasse, uma terceira pessoa seria consultada.

Foram encontrados inicialmente 1.242 artigos. Após consenso das duas avaliadoras, chegou-se ao número de 36 artigos incluídos para leitura completa, dos quais nove foram excluídos por terem sido realizados com outras fontes de luz ou por terem o desempenho muscular relacionado ao efeito analgésico do LASER. As etapas da análise dos dados encontram-se na Figura 1.

Dos artigos selecionados para análise dos resultados e discussão dos achados, registrou-se autor e ano de publicação, objetivos, amostra e faixa etária, comprimento de onda utilizado, dose, número de pontos, local de aplicação e resultados.

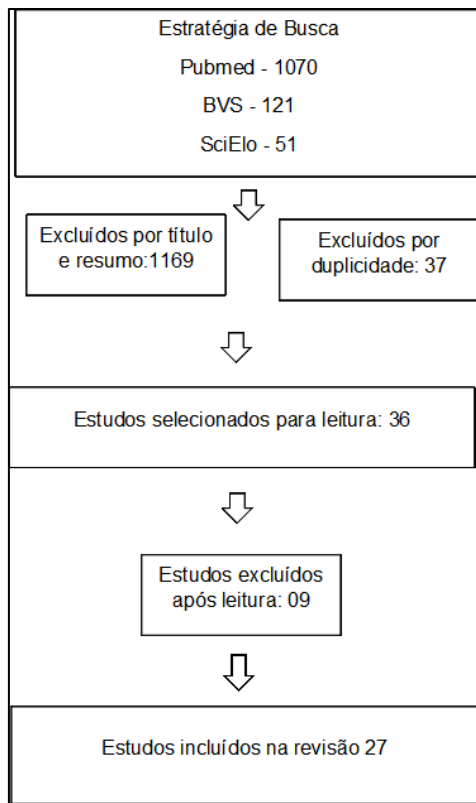


Figura 1 - Etapas da seleção

3.2 – Estudo experimental

Após a revisão de literatura foi dado início ao estudo clínico, com a metodologia descrita abaixo.

3.2.1 – Delineamento do estudo

Trata-se de um trabalho do tipo experimental, randomizado e triplo cego. A coleta dos dados foi realizada na Universidade Federal de Minas Gerais e o projeto encontra-se aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG, sob parecer número CAAE 83652117.6.0000.5149 (Anexo 2).

3.2.2 – Caracterização da amostra

A amostra, não probabilística, foi composta por 40 participantes, sendo 23 (57,5%) do sexo feminino e 17 (42,5%) do sexo masculino, com idade mínima de 18 anos, máxima de 33 anos, média de 23,18 anos e desvio padrão de 2,1 anos. Os participantes foram divididos, de maneira randomizada, em quatro grupos com 10 indivíduos cada: grupo controle (GC), G1, G4 e G7, conforme dose aplicada.

Não foi realizado cálculo amostral pois não foram encontrados estudos anteriores que tenham avaliado os efeitos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade sobre o desempenho do músculo orbicular da boca. Trata-se, portanto, de um estudo exploratório.

Os participantes foram recrutados por meio de cartazes e convites pessoais realizados na própria instituição e todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice 1).

Adotou-se como critérios de inclusão adultos jovens com idade entre 18 e 40 anos¹, por ter sido a faixa etária mais utilizada nos trabalhos realizados com indivíduos saudáveis, e ausência de uso de medicação miorrelaxante e/ou anti-inflamatória ou realização de terapia fonoaudiológica prévia. Foram incluídos, ainda, aqueles participantes que não apresentaram contraindicações para fototerapia, conforme manual dos fabricantes² e literatura específica³: fotossensibilidade, gravidez, glaucoma, lesão sem diagnóstico sobre a área a ser irradiada ou próxima a ela, infecção no local da aplicação, histórico de câncer, uso de marcapasso ou outro implante eletrônico. Adotou-se como critérios de exclusão a não execução de todas as tarefas propostas ou a baixa qualidade do sinal eletromiográfico.

3.2.3 – Procedimentos da coleta de dados

Após a assinatura do TCLE o participante foi orientado a permanecer sentado em uma cadeira mantendo postura ereta, flexão de 90° de quadril, de joelhos e de tornozelos, guiados pelo Plano de Frankfurt.

Os procedimentos de avaliação e de aplicação do LASER de baixa intensidade foram realizados por pesquisadores distintos.

3.2.3.1 – Avaliação da pressão máxima de lábio

Para obtenção dos valores de pressão máxima utilizou-se o *Iowa Oral Performance Instrument (IOPI)*. O IOPI é um aparelho constituído por um bulbo de ar ligado a um transdutor de pressão, que permite mensurar a pressão máxima e a resistência muscular. O balão de ar apresenta 3,5 cm de comprimento, 1,0 cm de diâmetro e conecta-se a um tubo plástico de 11,5 cm. À medida que esse bulbo é pressionado, o aparelho capta a mudança de pressão gerada, fornecendo valores em kPa que podem ser visualizados na tela de LCD do próprio aparelho. Nesta pesquisa o bulbo foi colocado entre duas espátulas^{4,5} de madeira e o conjunto foi envolto com filme plástico (Figura 2). Os participantes foram solicitados a pressionar o bulbo com o máximo de força possível, com movimento de preensão dos lábios, durante 2 segundos. Foram realizadas três repetições, com intervalo de trinta segundos entre elas e o valor do pico máximo foi considerado a pressão máxima^{6,7}.



Figura 2 - Posicionamento do bulbo

3.2.3.2 – Avaliação eletromiográfica do músculo orbicular da boca

Em sequência foram coletados os dados eletromiográficos. A avaliação foi feita utilizando-se o equipamento da marca Miotec, modelo New Miotool Face, com dois canais de entrada, resolução de 16 bits, isolamento de segurança de 3.000 V, capacidade de aquisição máxima de 2.000 amostras/segundo/canal e filtros passa alta de 20 Hz e passa baixa de 500 Hz. O software utilizado para análise e coleta dos dados foi o Miotec Suite, salvo em um notebook sem conexão com a rede elétrica a fim de evitar a interferência desta no sinal eletromiográfico.

Para captação do sinal, foram utilizados sensores superficiais duplos, da marca Double Trace, ligados a eletrodos de Ag/AgCl, em formato circular, com distância fixa de 20 mm entre eles, 44 mm de comprimento, 21 mm de largura e quantidade de gel condutor fixa, colocada pelo fabricante. O ganho foi de 20 vezes, com impedância de entrada de 10 G Ω e taxa de rejeição de modo comum >100 dB.

A pele foi previamente higienizada com álcool 70% e gaze para melhor fixação dos eletrodos, que foram posicionados nos ventres do músculo orbicular da boca, um par na porção superior e outro na inferior, seguindo-se padronização internacional⁸⁻¹¹ (Figura 3). Um eletrodo de referência (terra) também foi colocado na região do punho do participante.



Figura 3 – Posicionamento dos eletrodos

As seguintes tarefas foram solicitadas:

- Protrusão dos lábios para obtenção da contração voluntária máxima: o participante foi orientado a protruir os lábios com a maior força possível.

- Repouso: o participante foi orientado a permanecer em repouso, sem falar, sem deglutir e com os lábios relaxados.

- Bico isométrico: o participante foi orientado a protruir os lábios e mantê-los nessa posição por aproximadamente 5 segundos, executando a tarefa com a maior força possível.

- Fala: o participante foi orientado a repetir a frase “Xuxa achou o xale”. Optou-se pelo fricativo /j/ por haver grande participação dos lábios durante sua produção.

O sinal elétrico foi captado no domínio da amplitude e normalizado tanto pela porcentagem do pico quanto pela contração voluntária máxima (CVM). Para análise do potencial elétrico foram excluídos os segundos que antecederam o início da atividade muscular. Considerou-se o início da atividade muscular quando a amplitude do sinal ultrapassou 2 DP da obtida no repouso¹¹. A partir desse início da atividade requerida, foram desconsiderados o segundo inicial e o segundo final, obtendo-se assim um recorte de três segundos¹².

3.2.3.3 Aplicação do LASER de baixa intensidade

Após a avaliação inicial, realizou-se a aplicação do LASER. O equipamento utilizado foi da marca DMC, modelo Therapy EC, com 100 mW de potência e spot de saída com área de 0,028 cm². Os parâmetros dosimétricos foram selecionados conforme os achados da revisão integrativa. Assim, foram escolhidos para este estudo o comprimento de onda infravermelho (808 nm) e as doses de 1 J, 4 J e 7 J. As doses por ponto mais citadas na revisão foram 7 J e 30 J. Considerando as particularidades do orbicular da boca, sobretudo em relação à espessura e extensão, optou-se por não realizar a aplicação de 30 J por ponto. A segunda dose mais utilizada foi a de 4 J e o único trabalho realizado com a musculatura orofacial (músculo masseter) utilizou dose de 0,8 J por ponto.

A forma de aplicação utilizada em todos os trabalhos da revisão foi a pontual, com contato, ao longo do músculo avaliado ou responsável pela função solicitada, e foi também a adotada neste estudo. Foi feita uma única aplicação por ponto, em seis pontos equidistantes no músculo orbicular da boca: nas comissuras direita e esquerda, dois pontos na porção superior e dois pontos na porção inferior (Figura 4).

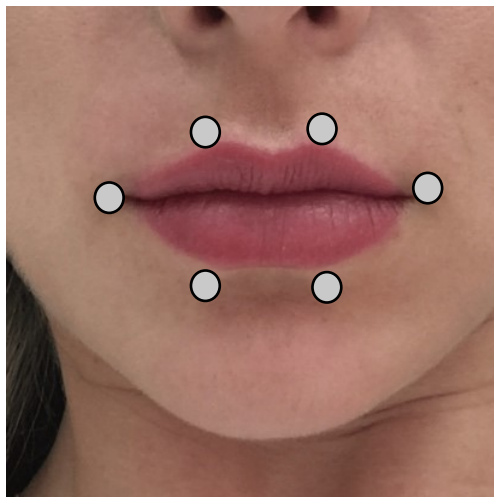


Figura 4: Pontos de aplicação do LASER

Os grupos foram definidos por sorteio e as doses aplicadas em cada um deles foram as seguintes:

- a) Grupo controle: não houve aplicação do LASER.
- b) G1: aplicou-se dose de 1 J por ponto, densidade de energia de 35 J/cm², tempo de aplicação de 10 segundos por ponto, totalizando 6 J no músculo.
- c) G4: aplicou-se 4 J por ponto, densidade de energia de 140 J/cm², tempo de aplicação de 40 segundos por ponto, totalizando 24 J no músculo.
- d) G7: aplicou-se 7 J por ponto, com densidade de energia de 245 J/cm², tempo de aplicação de 70 segundos por ponto e dose total no músculo de 42 J.

Seguindo-se recomendações do fabricante e atendendo às normas de segurança estabelecidas pela ANVISA para equipamentos de laser de baixa intensidade, a pesquisadora responsável pela aplicação e os participantes usaram óculos de proteção durante todo o procedimento.

3.2.3.4 – Reavaliação

Após a aplicação do LASER, foram repetidos os procedimentos de avaliação da pressão máxima do lábio e da eletromiografia de superfície do orbicular da boca.

Todas as avaliações foram realizadas por uma das pesquisadoras, que não sabia a qual grupo o participante pertencia.

3.2.4 – Análise dos dados

Para a análise dos dados os arquivos foram renomeados de modo que a pesquisadora responsável pela análise não soubesse o grupo do participante e nem o momento da avaliação (pré ou pós aplicação do LASER). Ressalta-se que a pesquisadora que realizou as avaliações dos participantes não participou da análise dos dados.

As variáveis explicativas analisadas nesse estudo foram as diferentes doses. As variáveis respostas foram a pressão máxima dos lábios e a atividade elétrica dos lábios superior e inferior nas tarefas de fala, bico isométrico e repouso, todas normalizadas pela porcentagem do pico e pela CVM.

A descrição da variável categórica sexo foi realizada por meio de medidas de frequência e a análise comparativa entre as variáveis sexo e grupo foi realizada por meio do teste qui-quadrado de comparações múltiplas. A descrição das variáveis contínuas (idade e resultado de cada tarefa) foi realizada por meio de medidas de tendência central e variabilidade e a distribuição da normalidade das variáveis foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk, o qual indicou que tais

variáveis não apresentaram distribuição normal. Assim optou-se pela utilização de testes não paramétricos para a análise dos dados. A análise comparativa entre as variáveis idade e grupo foi realizada por meio do teste Kruskal Wallis e a comparação entre os resultados dos exames pré e pós LASER foi realizada por meio do teste Wilcoxon.

3.3 - Referências bibliográficas

1. Mota EP. Adulto jovem, maduro e idoso: três sujeitos que se dissociam ou se completam. Trabalho de conclusão de curso [Especialização em educação de jovens e adultos.] UNICAMP, 2009.
2. DMC. Therapy EC manual do usuário. [Internet]. 2017 [cited 25 September 2017]. Available from: http://www.dmcgroup.com.br/arquivos/manual/man_therapy_ec_port.pdf
3. Navratil L, Kyplova J. Contraindications in noninvasive LASER therapy: truth and fiction. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20(6):341-3.
4. Jeong DM, Shin YJ, Lee NR, Lim HK, Choung HW, Pang KM, Kim BJ, Kim SM, Lee JH. Maximal strength and endurance scores of the tongue, lip, and cheek in healthy, normal Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg.* 2017;43:221-8.
5. Clark HM, Solomon NP. Age and sex differences in orofacial strength. *Dysphagia.* 2012;27(1):2-9.
6. Azevedo ND, Lima JC, Furlan RMMM, Motta AR. Tongue pressure measurement in children with mouth-breathing behavior. *J Oral Rehabil.* 2018;45(8):612-7.
7. Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, Yoshida M, Sato Y, Akagawa Y. A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont.* 2002;15(4):385-8.
8. Vitorino J. Effect of age on tongue strength and endurance scores of healthy Portuguese speakers. *Int J Speech Lang Pathol.* 2010;12(3):237-43.

9. Busanello-Stella A, Blanco-Dutra A, Corrêa E, Silva A. Electromyographic fatigue of orbicularis muscles during exercises in mouth and nasal breathing children. *CoDAS*. 2015;27(1):80-8.
10. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Applied Biomech*. 1997;13(2):135-63.
11. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electr Kinesiol*. 2000;10(5):361-74.
12. Nascimento GKBO, Silva EGF, Cunha DA, Silva HJ. Protocolo de avaliação eletromiográfica em mastigação. In: Silva HJ. *Protocolos de eletromiografia de superfície em Fonoaudiologia*. Barueri: Pró-Fono; 2013. p. 6-13

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e a discussão serão apresentados no formato de dois artigos: uma revisão integrativa da literatura e um artigo original.

4.1 – ARTIGO DE REVISÃO INTEGRATIVA

Efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa intensidade sobre o desempenho muscular

Immediate effects of photobiomodulation with Low-level-laser therapy on muscle performance

Título resumido: Fotobiomodulação e desempenho muscular

Vanessa Mouffron Novaes Alves¹, Renata Maria Moreira Moraes Furlan²,
Andréa Rodrigues Motta³

- (1) Fonoaudióloga, mestranda em Ciências Fonoaudiológicas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.
- (2) Fonoaudióloga, doutora em Engenharia de Estruturas – Bioengenharia, pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Professora no Instituto Metodista Izabela Hendrix.
- (3) Fonoaudióloga, doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Professora na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil.

Endereço para correspondência:

Vanessa Mouffron Novaes Alves
Rua Piauí, 1571 – Apartamento 504
Funcionários – BH – MG – 30150-321
vanessamouffron@gmail.com

Conflito de interesses: Inexistente.

As autoras Vanessa Mouffron Novaes Alves, Andréa Rodrigues Motta e Renata Maria Moreira Moraes Furlan foram responsáveis pela elaboração do projeto de pesquisa, revisão da literatura, coleta dos dados e redação do manuscrito. As autoras Andréa Rodrigues Motta e Renata Furlan também realizaram a orientação geral do trabalho, supervisionando a elaboração do projeto de pesquisa, a análise dos dados e a redação do artigo.

4.1.1 RESUMO

Objetivos: analisar os estudos que abordam a influência do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular. **Estratégia de pesquisa:** foi realizada a busca de artigos nas plataformas *PubMed*, *BVS* e *SciELO*. **Crterios de seleço:** foram selecionados artigos originais, com resumo disponvel, publicados em portugus, ingls ou espanhol que avaliassem o uso do LASER de baixa intensidade sobre o desempenho muscular. **Anlise de dados:** os dados foram analisados de acordo com o autor, ano de publicao, amostra, local de aplicao, parmetros avaliados, comprimento de onda, dosimetria utilizada e resultados encontrados. **Resultados:** a amostra final consistiu de 27 artigos publicados entre os anos de 2008 e 2017 sendo que a maioria estava indexado na *PubMed* em lngua inglesa. O tamanho das amostras nos estudos variou de 8 a 60 indivduos, com faixas etrias entre 17 e 70 anos. Observou-se maior uso do comprimento de onda infravermelho, com aplicaes pontuais feitas no trajeto do msculo a ser analisado. Em relao dose, houve variao de 0,24 J a 50 J por ponto. Do total, apenas cinco (18,5%) trabalhos no encontraram respostas significativas para as variveis pesquisadas. **Concluso:** a metodologia utilizada nos trabalhos foi bastante diversa, o que dificulta a compilao dos dados que permita estabelecer os parmetros ideais para melhora do desempenho muscular. No entanto, a maioria dos estudos apontou efeitos significativos sobre pelo menos uma das variveis investigadas, mostrando que o LASER de baixa intensidade pode influenciar no desempenho muscular.

Descritores: Terapia com luz de baixa intensidade; Força muscular; Sistema Estomatognático; Fonoaudiologia.

Abstract

Objectives: To analyze the studies that address the influence of low intensity LASER on muscle performance. **Methods:** the search for articles on the PubMed, VHL and SciELO platforms was carried out. Selection criteria: original articles were selected, with summary available, published in Portuguese, English or Spanish that evaluated the use of low-intensity LASER on muscular performance. Data analysis: data were analyzed according to the author, year of publication, sample, place of application, parameters evaluated, wavelength, dosimetry used and results found. The final sample consisted of 27 articles published between the years of 2008 and 2017 and most of them were indexed in PubMed in English. The size of the samples in the studies ranged from 8 to 60 individuals, with ages ranging from 17 to 70 years. It was observed greater use of infrared wavelength, with punctual applications made in the path of the muscle to be analyzed. Regarding the dose, there was variation from 0.24 J to 50 J per point. Of the total, only five (18.5%) studies did not find significant answers for the variables studied. **Conclusion:** the methodology used in the work was quite diverse, which makes it difficult to compile the data to establish the ideal parameters for improving muscle performance. However, most studies have reported significant effects on at least one of the investigated variables, showing that low-intensity LASER may influence muscle performance.

Keywords: Low intensity light therapy; Muscle strength; Stomatognathic System; Speech therapy.

4.1.2 Introdução

Os efeitos da fototerapia sobre o sistema muscular tem sido objeto de estudo de profissionais dedicados à reabilitação muscular e ao desempenho esportivo¹. Dentre os principais achados relatados na literatura estão a melhora do desempenho¹, a redução da fadiga², maior ganho de força³ e o relaxamento^{4,5}.

Acredita-se que esses resultados ocorram devido à ação biomoduladora que a luz pode exercer sobre o organismo. Por meio do chamado efeito fotoquímico, a energia luminosa absorvida por cromóforos é transformada em energia química e produz no organismo efeitos biológicos locais e/ou sistêmicos⁶. Para os comprimentos de onda vermelho e infravermelho a absorção ocorre principalmente na mitocôndria e interfere diretamente no processo de respiração celular, permitindo o influxo imediato de oxigênio, a retomada da cadeia respiratória e, conseqüentemente, acelerando a síntese de ATP intracelular^{7,8}. Tendo em vista que a atividade muscular requer grande gasto energético, acredita-se que recursos que otimizam a síntese de ATP possam também interferir de modo positivo no desempenho funcional¹.

Os efeitos do LASER sobre o organismo são determinados principalmente pelos parâmetros dosimétricos selecionados pelo terapeuta. Atualmente, a dosimetria é o maior desafio em laserterapia e, na literatura científica, os dados a respeito dos melhores parâmetros de irradiação ainda são bastante controversos, não havendo protocolos específicos bem estabelecidos para cada objetivo. A seleção adequada de variáveis físicas como potência, dose, densidade de energia, irradiância, energia por pontos, tipo de emissão, forma de aplicação e comprimento de onda são fundamentais para o alcance dos resultados desejados⁹.

Até o momento não foram encontrados estudos que avaliem os efeitos da fotobiomodulação no desempenho de músculos orofaciais. No entanto, a prática clínica tem demonstrado que a associação desse recurso à terapia em motricidade orofacial melhora o desempenho durante a realização dos exercícios miofuncionais e mioterápicos, sendo um campo com grande potencial para futuras pesquisas.

Diante disso, o presente trabalho pretende identificar os parâmetros dosimétricos (comprimento de onda, dose, número de pontos, local de aplicação) mais comumente utilizados em estudos que avaliam os efeitos do LASER de baixa intensidade sobre o desempenho muscular e seus resultados.

4.1.3 Estratégia de pesquisa

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, que envolveu as seguintes etapas: elaboração das perguntas norteadoras; estabelecimento das palavras chaves e dos critérios de inclusão e exclusão de artigos, busca, seleção e análise crítica dos artigos.

As perguntas que nortearam o presente estudo foram: 1- A aplicação do LASER de baixa intensidade influencia o desempenho muscular? 2- Qual comprimento de onda tem sido mais utilizado? 3- Qual a dose e formas de aplicação mais usadas? As expressões de busca foram criadas com descritores e palavras chaves relacionadas à fotobiomodulação e desempenho muscular e encontram-se descritas no Quadro 1. As buscas foram realizadas nas plataformas *PubMed*, *BVS* e *SciELO*.

4.1.4 Critérios de seleção

Foram incluídos na seleção os artigos que atenderam aos seguintes critérios: ser original; possuir resumo disponível e ter entre seus objetivos o de avaliar os efeitos do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular por meio de parâmetros relacionados à resistência, à força e à fadiga.

Foram adotados como critérios de exclusão o uso exclusivo de outras fontes de luzes terapêuticas, como o LED (*Light Emitting Diode*), a luz pulsada e o LASER de alta potência. Artigos que investigaram a melhora do desempenho muscular secundária à ação analgésica ou relaxante do LASER também não foram considerados na análise.

A seleção dos artigos foi feita de forma independente por duas fonoaudiólogas, a partir da leitura dos resumos. O gerenciamento dos dados foi

realizado no *Microsoft Excel* 2016 e foi elaborada uma planilha que permitiu às avaliadoras duas respostas para seleção: sim ou não. Os artigos que receberam “sim” das duas avaliadoras foram incluídos para leitura na íntegra e aqueles que obtiveram resposta “não” das duas pesquisadoras foram excluídos do trabalho. Foi estabelecido que, caso houvesse divergências de respostas entre as duas avaliadoras, seria feita uma reunião de consenso e, permanecendo o empasse, uma terceira avaliadora seria consultada.

4.1.5 - Análise dos dados

A análise do material foi realizada em duas etapas. Na primeira, as referências duplicadas nas bases de dados consultadas foram eliminadas e, por meio da leitura dos títulos e resumos, foram excluídos os artigos que não contemplavam os objetivos estabelecidos. Na segunda etapa, os artigos que contemplavam os objetivos deste estudo foram obtidos e lidos na íntegra, sendo excluídos aqueles que se enquadraram nos critérios de exclusão. As etapas da análise dos dados encontram-se na Figura 1.

Dos artigos selecionados para análise dos resultados e discussão dos achados, registrou-se autor e ano de publicação, objetivos, amostra e faixa etária, comprimento de onda utilizado, dose, número de pontos, local de aplicação e resultados.

4.1.6 Resultados

Foram encontrados inicialmente 1.242 artigos. Após consenso das duas avaliadoras, chegou-se ao número de 36 artigos incluídos para leitura completa, dos quais nove foram excluídos por terem sido realizados com outras fontes de luz ou por terem o desempenho muscular relacionado ao efeito analgésico do LASER. O Quadro 2 apresenta um resumo com as informações analisadas dos artigos.

A amostra deste estudo constituiu-se, então, de 27 artigos publicados nos anos de 2008¹¹, 2009¹²⁻¹⁴, 2010^{2,15,16}, 2011¹⁷, 2012¹⁸⁻²⁰, 2013^{10,21,22}, 2014²³⁻²⁶,

2015^{27,28}, 2016²⁹⁻³⁴ e 2017³⁵. Desses, apenas três (11,1%) estão publicados em português^{10,16,28}. O restante encontra-se em língua inglesa, porém todos eles (100,0%) foram produzidos por autores brasileiros.

O tamanho das amostras nos estudos variou de oito¹³ a 60³⁰ indivíduos, com faixas etárias entre 17¹³ e 70 anos^{22,33}. Quanto às características dos participantes, 26 (96,3%) artigos foram realizados com indivíduos saudáveis e apenas um (3,7%) artigo avaliou a influência do LASER na capacidade funcional de pacientes hospitalizados com histórico de insuficiência cardíaca²⁹. Ainda sobre a caracterização da amostra, três (11,1%) trabalhos tiveram como objetivos específicos a avaliação do desempenho de mulheres idosas^{22,31,33}. Do total, três (11,1%) apresentaram como critério de exclusão o tom de pele, não incluindo no estudo pessoas negras ou com fototipo de pele mais escuro^{25,32,35}.

Dentre os objetivos dos estudos, os principais aspectos investigados foram a ação do LASER sobre a fadiga muscular^{2,11-13,15,16,18,20-23,25,26,28,29,33,35} e sobre o ganho de força e/ou desempenho em determinada atividade^{2,10,14,16,17,19,20,24,25,27,28,30-35}. A comparação dos efeitos do LASER com o de outras fontes de luz terapêutica foi também objetivo de três (11,1%) estudos^{10,13,35} e um (3,7%) trabalho comparou os efeitos dos comprimentos de onda vermelho e infravermelho sobre a fadiga muscular¹⁸.

O comprimento de onda mais utilizado foi o infravermelho, tendo sido a opção de 23 (85,2%)^{2,10,12-15,17,19-27,29-35} pesquisas. Apenas três (11,1%)^{11,16,28} utilizaram o vermelho. Além desses, um (3,7%) autor utilizou os dois comprimentos de onda, separadamente, com a finalidade de compará-los¹⁸. Nenhum estudo utilizou os comprimentos de onda vermelho e infravermelho simultaneamente.

As doses totais utilizadas foram calculadas de acordo com a quantidade de joules por ponto de aplicação multiplicada pelo número de pontos e variou de 1,92 J²⁸ a 300 J³². O valor mínimo utilizado em um ponto foi de 0,24 J²⁸ e o máximo 50 J³² e o número de pontos esteve entre dois^{2,13} e “aproximadamente” 29 pontos²⁵.

Em relação aos pontos de aplicação, em todos os trabalhos a aplicação foi feita com contato e ao longo da extensão do músculo avaliado ou responsável pela função solicitada.

No que diz respeito aos resultados, cinco (18,5%) trabalhos não encontraram respostas significativas para pelo menos uma das variáveis pesquisadas^{13,21,28,34,35}. Os demais encontraram respostas estatisticamente significantes para pelo menos uma das variáveis avaliadas, com melhora dos níveis de fadiga, do ganho de força e de resistência, evidenciando que o LASER de baixa intensidade pode ser um recurso capaz de otimizar o desempenho muscular.

4.1.7 Discussão

O desempenho muscular foi avaliado nos trabalhos por meio da melhor execução da tarefa proposta, por avaliação cardiorrespiratória, pelo aumento da carga do exercício ou, ainda, pelo número de repetições. Em relação à fadiga, esse fator foi contemplado nos trabalhos com referência ao tempo de execução, a marcadores bioquímicos (como níveis de lactato e proteína creatina quinase) e ao sinal eletromiográfico. Por não se tratarem de objetivos desta pesquisa, não serão discutidos aqui os métodos e instrumentos de avaliação e os testes físicos propostos. Tais análises seriam dificultadas sobretudo por serem conhecimentos específicos de outras áreas, fora do campo de competência da Fonoaudiologia.

A investigação do LASER como um recurso para melhorar o desempenho muscular é bastante recente, o que foi evidenciado no fato de que a publicação mais antiga apontada nessa revisão foi de 2008¹¹. Isso justifica as dificuldades em se encontrar parâmetros dosimétricos ideais para se atingir os diferentes objetivos propostos, sendo essa limitação discutida pelos autores de todos os trabalhos analisados. Acredita-se que o fato de todos os trabalhos terem autoria brasileira pode estar relacionado às linhas de pesquisas dos autores. Notou-se que os mesmos autores participaram de diversos trabalhos, o que ocasionou desenhos metodológicos bastante semelhantes.

Sobre a caracterização da amostra, a maioria das pesquisas incluiu indivíduos saudáveis e apenas uma investigou os efeitos em pacientes

hospitalizados²⁹. Tal achado era esperado, uma vez que ao se investigar novas abordagens ou ferramentas terapêuticas é interessante compreender seu funcionamento em sujeitos saudáveis para depois avaliar sua eficácia em diferentes condições clínicas. Em relação à idade, a maioria dos estudos adotou algum intervalo compreendido entre 17 e 36 anos. Um estudo apresentou intervalos de 35 a 65 anos²⁹ e apenas três que pretendiam avaliar os efeitos em idosos adotaram como critérios de inclusão idade entre 60 e 70 anos^{22,31,33}.

Nenhum dos artigos abordou possíveis contraindicações para laserterapia como critérios de exclusão, nem mesmo as descritas nos manuais dos fabricantes. Apenas fatores que pudessem influenciar nas variáveis pesquisadas foram levados em consideração e três pesquisas excluíram da amostra participantes com pele escura^{25,32,37} alegando que, por ser a melanina um cromóforo, esses sujeitos poderiam apresentar maior sensibilidade à luz.

Em relação ao tamanho da amostra, verificou-se N bastante reduzido em todas as pesquisas, com número de participantes variando de sete²⁶ a 60³⁰ sujeitos. Todos os autores referiram que esse quantitativo pode ter tido interferência sobre os resultados alcançados.

Quanto aos parâmetros dosimétricos, observou-se grande variação. O comprimento de onda mais utilizado foi o infravermelho, tendo sido a opção da maior parte dos estudos^{2,10,12-15,17,20-27,29-35}. A justificativa principal foi a referência a estudos anteriores e ao fato de que esse comprimento de onda apresenta maior penetrabilidade no tecido humano.

Apenas três estudos^{11,16,28} utilizaram somente o comprimento de onda vermelho. Um deles não obteve respostas significativas, porém foi também o que utilizou a dose mais baixa²⁸. No outro trabalho¹¹ os autores referiram que a escolha pelo vermelho ocorreu por disponibilidade do equipamento, reconhecendo que o infravermelho teria sido a escolha ideal, embora tenham encontrado como resposta um aumento significativo no número de repetições. O terceiro trabalho que utilizou o comprimento de onda visível¹⁶ também observou melhora do pico de torque (força muscular funcional máxima), porém sem efeitos sobre a fadiga muscular. Segundo os autores, isso pode ser devido à profundidade de alcance da luz, que permitiu um aporte energético para melhor desempenho da contração, porém seu alcance limitado não foi suficiente para

que a energia acumulada influenciasse no índice de fadiga. O trabalho que utilizou os dois comprimentos de onda separadamente, com a finalidade de compará-los¹⁸, encontrou melhora do pico de torque para ambos, sem diferença estatística entre eles. Tendo em vista a justificativa pautada no alcance da luz e levando-se em conta a superficialidade dos músculos faciais, espera-se que não haja diferença significativa entre esses comprimentos de onda quando investigados esses efeitos nos músculos faciais.

A dose foi um parâmetro que sofreu grande variação entre os trabalhos, sobretudo levando-se em consideração o número de pontos e a dose total. As doses por ponto mais utilizadas foram 7 J^{21,22,31,33} e 30 J^{2,15,19,27,32,35}. No entanto, não foi possível estabelecer correlação entre a dose utilizada e os resultados obtidos, pois, para uma mesma dose, resultados diversos foram encontrados. Esse parâmetro continua sendo, ainda, o maior desafio para a elaboração de protocolos para utilização do LASER não só no desempenho muscular como também em outras áreas.

Em relação às técnicas de aplicação, todos foram feitas com contato da ponteira na pele sobre o músculo alvo. O número de pontos variou, porém em todos os trabalhos observou-se a preocupação em que a irradiação fosse feita em toda a extensão do músculo alvo. Como houve grande variedade nos modelos dos equipamentos e, conseqüentemente na área de saída da luz, o número de pontos também foi bastante diverso. Em quatro (14,8%) trabalhos^{17,20,31,34} a aplicação foi feita após os protocolos de exercícios, em dois (7,4%) estudos^{24,26} a irradiação ocorreu entre as séries e nos demais (77,8%) o LASER foi aplicado antes da atividade. A justificativa mais utilizada para a aplicação após o exercício pautou-se no fato de que o LASER auxilia na recuperação muscular após o esforço. No entanto, observou-se que esse parâmetro não foi determinante para o sucesso terapêutico, uma vez que não garantiu respostas significativas em todos os trabalhos. A aplicação antes dos exercícios parece ter relação com o aumento da síntese de ATP proporcionada pela ação fotobiomoduladora, o que favorece o aporte energético para o trabalho muscular durante a atividade.

Os demais parâmetros como potência, densidade de energia, densidade de intensidade não serão discutidos por serem medidas relacionadas aos modelos dos equipamentos utilizadas e não programadas pelo pesquisador.

De modo geral, observou-se pelos resultados encontrados que o LASER de baixa intensidade interfere no desempenho muscular, melhorando o índice de fadiga, aumentando o ganho de força, melhorando marcadores químicos e aumentando também a resistência muscular. No entanto, em decorrência da diversidade metodológica torna-se difícil identificar parâmetros eficazes para a obtenção desses resultados.

4.1.8 Conclusão

Esta revisão permitiu identificar os principais parâmetros dosimétricos para aplicação do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular. Observou-se predomínio do comprimento de onda infravermelho nas pesquisas, com aplicação na extensão do músculo em pontos equidistantes. Não foi possível correlacionar os resultados obtidos com a dose empregada, porém observou-se pelos resultados encontrados que a fotobiomodulação com LASER de baixa intensidade apresenta-se como um potencial recurso para otimizar o desempenho muscular e reduzir os níveis de fadiga após atividades intensas.

4.1.9 Referências bibliográficas

1. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda EF, Carvalho PTC, Dal Corso S, Bjordal JM. 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 Med Sci.* 2015;30(2):925-39.
2. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524-32.
3. Vanin A, Miranda E, Machado C, Paiva P, Albuquerque-Pontes G, Casalechi H, et al. What is the best moment to apply phototherapy when associated to a strength training program? A randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2016;31(8):1555-64.
4. Shinozaki EB, Santos MBF, Okazaki LK, Marchini L, Brugnera Jr A. Clinical assesment of the efficacy of low level laser therapy on muscle pain in women with temporomandibular dysfunction, by surface electromyography. *Braz J Oral Sci.* 2010;9:434-8.
5. Santos MTBR, Nascimento KS, Carazzato S, Barros AO, Mendes FM, Diniz MB. Efficacy of photobiomodulation therapy on masseter thickness and oral health-related quality of life in children with spastic cerebral palsy. *Lasers Med Sci.* 2017;32(62):1279-88.
6. Karu T. Photobiological fundamentals of low-power LASER therapy. *IEEE J Quantum Electron.* 1987;23(10):1703–17.
7. Lane N. Cell biology: power games. *Nature.* 2006;443:901–3.
8. Karu TI, Pyatibrat LV, Afanasyeva NI. Cellular effects of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. *Lasers Surg Med.* 2005;36(4):307-14.
9. Sousa MVP. What is low-level laser (light) therapy? In: Hamblin MR, Sousa MVP, Agrawal T (ed). *Handbook of low-level laser therapy.* New York: Pan Stanford; 2016. p. 1-16.

10. Muñoz ISS, Hauckl LA, Nicolau RA, Kelencz CA, Maciel TS, de Paula Júnior AR. Effect of laser vs LED in the near infrared region on the skeletal muscle activity: clinical study. *Rev Bras Eng Biomed*. 2013;29(3):262-8.
11. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*. 2008;26(5):419-24.
12. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Vanin AA, Baroni BM, Grosselli D, De Marchi T, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci*. 2009;24:425–31.
13. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg*. 2009;27(4):617-23.
14. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci*. 2009;24(6):857-63.
15. Baroni BM, Leal Junior ECP, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:789–96.
16. Leal Junior ECP, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjorda JM, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy enhances muscular performance as measured by isokinetic dynamometry in humans. *Fisioter Pesqui*. 2010;17(4):317-21.
17. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci*. 2011;26:349–58.
18. De Almeida P, Lopes-Martins RAB, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JCF, 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*. 2012;27:453–8.
19. Marchi T, Leal Junior EC, Bortoli C, Tomazoni SS, Lopes-Martins RA, Salvador M. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. *Lasers Med Sci*. 2012;27(1):231-6.

20. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):497-504.
21. Higashi RH, Toma RL, Tucci HT, Pedroni CR, Ferreira PD, Baldini GS, et al. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(12):586–94.
22. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, Oliveira AS, Buck I, et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82.
23. Alves MAS, Pinfildi CE, Neto LN, Lourenço RP, Azevedo PHSM, Dourado VZ. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. *Lasers Med Sci.* 2014;29:1945–51.
24. Felismino AS, Costa EC, Aoki MS, Ferraresi C, Lemos TMAM, Vieira WHB. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):933-8.
25. Maciel TS, Muñoz IS, Nicolau RA, Nogueira DV, Hauck LA, Osório RA, et al. Phototherapy effect on the muscular activity of regular physical activity practitioners. *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):1145-52.
26. Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.
27. Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke RA, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115:639-47.
28. Kakihata CMM, Malanotte JA, Higa JY, Errero TK, Balbo SL, Bertolini GRF. Influência do laser de baixa potência no salto vertical em indivíduos sedentários. *Einstein.* 2015;13(1):41-6.
29. Bublitz C, Renno AC, Ramos RS, Assis L, Sellera CA, Trimer R, et al. Acute effects of low-level laser therapy irradiation on blood lactate and muscle

- fatigue perception in hospitalized patients with heart failure-a pilot study. *Lasers Med Sci.* 2016;31;1203–9.
30. Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1949-55.
 31. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HK, Renno AC. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1219-29.
 32. Vanin A, De Marchi T, Tomazoni SS, Tairova O, Leão Casalechi H, Carvalho PTC, et al. Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans, what is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(10):473-82.
 33. Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci.* 2016;31:275–82.
 34. Zagatto AM, Ramos SP, Nakamura FY, Lira FS, Lopes-Martins RA, Carvalho RLP. Effects of low-level laser therapy on performance, inflammatory markers, and muscle damage in young water polo athletes: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(3):511-21.
 35. Marchi T, Schmitt VM, Fabro DS, Silva LL, Sene J, Tairova O, et al. Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: comparison of 3 commercially available devices. *J Athl Train.* 2017;52(5):429-38.

QUADROS E FIGURAS

Quadro 1. Estratégia de busca de dados

Base de Dados	Termos de busca
BVS e SciELO	tw:(("Lasers Semicondutores" OR "Lasers de Diodo" OR "Lasers de Arsenieto de Gálio e Alumínio" OR "Lasers de Arsenieto de Gálio" OR "Terapia com Luz de Baixa Intensidade" OR laserterapia OR "Terapia a Laser de Baixa Intensidade" OR "Irradiação a Laser de Baixa Intensidade" OR "Terapia a Laser de Baixa Potência" OR "Bioestimulação a Laser" OR "Irradiação a Laser de Baixa Potência" OR "Laser Biostimulation" OR "LLLT" OR lasers OR "Raios Laser" OR laser OR fototerapia OR "Láseres de Semicondutores" OR "Terapia por Luz de Baja Intensidad" OR "Rayos Láser" OR fototerapia OR "Lasers, Semiconductor" OR "Low-Level Light Therapy" OR "Laser Biostimulation" OR "Laser Phototherapy" OR "Low Level Laser Therapy" OR "Low-Level Laser Therapy" OR "Photobiomodulation Therapy" OR phototherapy) AND ("Músculo Esquelético" OR "Desenvolvimento Musculoesquelético" OR "Força Muscular" OR "Contração Muscular" OR "Desarrollo Musculoesquelético" OR "Fuerza Muscular" OR "Contracción Muscular" OR "Muscle, Skeletal" OR "Musculoskeletal Development" OR "Muscle Strength" OR "Muscle Contraction"))
PubMed	("LLLT" OR "Lasers, Semiconductor" OR "Low-Level Light Therapy" OR "Laser Biostimulation" OR "Laser Phototherapy" OR "Low Level Laser Therapy" OR "Low-Level Laser Therapy" OR "Photobiomodulation Therapy" OR phototherapy) AND ("Muscle, Skeletal" OR "Musculoskeletal Development" OR "Muscle Strength" OR "Muscle Contraction")

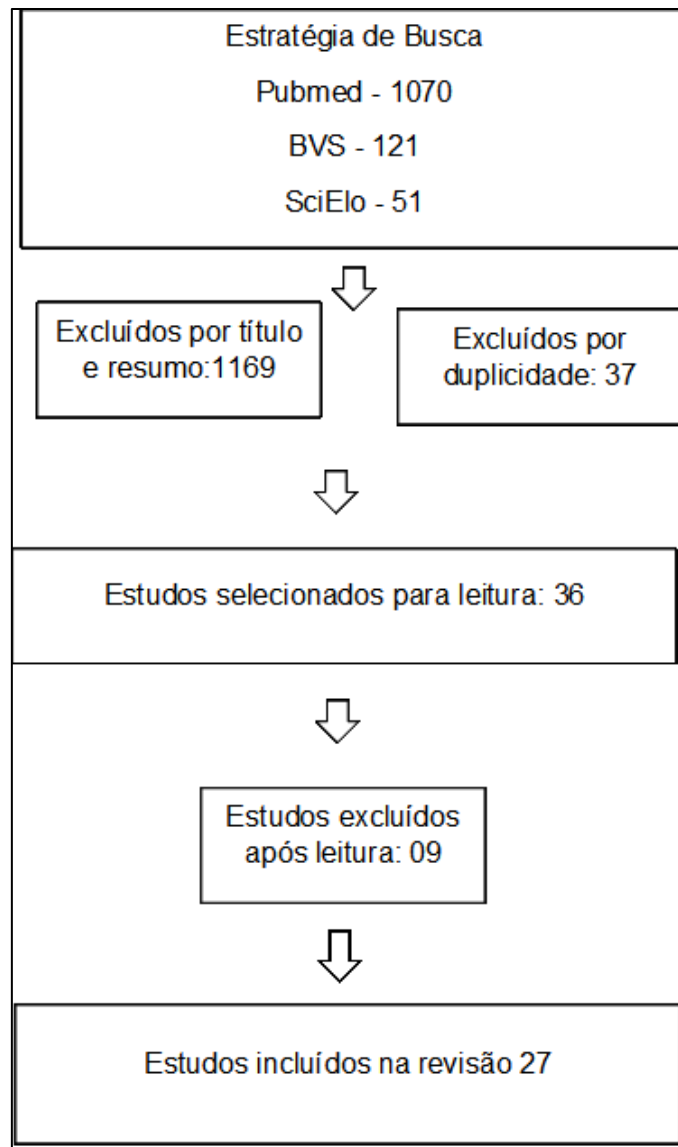


Figura 1: Etapas da seleção

Quadro 2 – Principais achados da literatura sobre a aplicação do laser de baixa intensidade para melhora do desempenho muscular

Autores e ano	Objetivos/Amostra	Comprimento de onda	Dose/número de pontos/local de aplicação/dose total	Resultados
Leal Junior e Lopes-Martins, 2008 ⁽¹¹⁾	Investigar os efeitos do LASER na atenuação da fadiga muscular em 12 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Vermelho	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps – 20 J no total.	Houve aumento no número médio de repetições no grupo irradiado em relação ao grupo placebo. Não houve mudanças da contração voluntária máxima e nos níveis de lactato.
Leal Junior et al., 2009 ⁽¹²⁾	Investigar os efeitos sobre a fadiga muscular em 10 homens saudáveis de 18 a 36 anos.	Infravermelho.	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps – 20 J no total.	O número de repetições foi maior no grupo pós LLLT. Não houve mudanças nos níveis de lactato e no tempo de execução.
Leal Junior et al., 2009 ⁽¹³⁾	Comparar os efeitos do LASER versus LED na atividade da fadiga muscular em oito homens saudáveis de 17 a 20 anos.	Infravermelho	6 J em cada ponto - 2 pontos sobre o reto-femoral – 12 J total.	Apenas o grupo de LED apresentou redução da creatina quinase. A fototerapia não melhorou o desempenho muscular e nem os níveis de lactato.
Leal Junior et al., 2009 ⁽¹⁴⁾	Investigar os efeitos nos marcadores bioquímicos de recuperação muscular após exercício de alta intensidade em 20 homens saudáveis de 18 a 25 anos.	Infravermelho	4 J em cada ponto (jogadores de vôlei), 3 J em cada ponto (jogadores de futebol) - 5 pontos em cada perna sobre o reto femoral. 20 J e 15 J total respectivamente.	Os níveis de creatina quinase e lactato foram melhores nos grupos irradiados, mas não houve efeito sobre a performance muscular.
Baroni et al., 2010 ⁽¹⁵⁾	Investigar os efeitos do LASER em marcadores indiretos de dano muscular em 36 homens saudáveis de 19 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 180 J total.	Houve melhora dos marcadores sanguíneos, menor decréscimo da CVM após LASER. Não houve diferença na dor muscular.
Leal Junior et al., 2010 ⁽¹⁶⁾	Avaliar os efeitos do LASER sobre o desempenho e fadiga muscular em 14 homens saudáveis de 18 a 25 anos.	Vermelho	2,4 J por ponto 5 pontos sobre o tibial anterior – 12 J total.	O pico de torque foi maior após a aplicação do LASER. Não houve efeitos sobre o índice de fadiga.
Leal Junior et al., 2010 ⁽²⁾	Investigar os efeitos sobre o desempenho muscular, fadiga e recuperação muscular em nove homens saudáveis de 18 a 20 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 2 pontos sobre o bíceps – 60 J total.	O grupo irradiado apresentou aumento do número de repetições, do tempo antes da exaustão e nos marcadores bioquímicos.
Ferraresi et al., 2011 ⁽¹⁷⁾	Testar os efeitos sobre o ganho de força em 36 homens saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	3,6 J por ponto - 7 pontos sobre o quadríceps - 25,2 J total.	O grupo irradiado apresentou melhor ganho de força, sem diferenças no perímetro da coxa.
Almeida et al., 2012 ⁽¹⁸⁾	Investigar o efeito na fadiga muscular e comparar os comprimentos de onda V e IV em 10 participantes saudáveis de 19 a 27 anos.	Vermelho ou Infravermelho	5 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps – 20 J total.	A força máxima média foi maior para V e IV sem diferença entre eles. Não houve efeito sobre a média das forças.
Marchi et al., 2012 ⁽¹⁹⁾	Avaliar os efeitos sobre desempenho no exercício, no estresse oxidativo e na condição muscular em 22 homens saudáveis de 20 a 25 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 12 pontos sobre o membro inferior (quadríceps, isquiotibial e gastrocnêmico) – 360 J total.	Houve melhora do desempenho no exercício aeróbico, no estresse oxidativo e dos marcadores bioquímicos de dano muscular.
Vieira et al., 2012 ⁽²⁰⁾	Investigar se o LASER associado ao treino de resistência aumenta o desempenho muscular em 45 mulheres saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	3,6 J por ponto - 5 pontos sobre o quadríceps – 18 J no total.	O grupo irradiado apresentou mudanças no índice de fadiga. Não houve mudanças significativas na capacidade respiratória e no trabalho muscular.
Higashi et al., 2013 ⁽²¹⁾	Avaliar os efeitos sobre a fadiga muscular em 20 mulheres saudáveis de 18 a 25 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o bíceps – 56 J no total.	Não foram encontradas diferenças no número de repetições, nos índices de lactato e na fadiga eletromiográfica.
Muñoz et al., 2013 ⁽¹⁰⁾	Comparar o efeito do LASER versus LED na atividade do músculo masseter em 10 homens saudáveis com média de idade de 28 ± 6 anos.	Infravermelho	0,8 J por ponto - 8 pontos sobre o masseter.	Houve aumento da atividade muscular nos grupos experimentais. Não houve efeito sobre força, tempo de fadiga e níveis de lactato.
Toma et al., 2013 ⁽²²⁾	Investigar os efeitos do LASER na fadiga muscular em 24 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o reto femoral dominante – 56 J no total.	Houve aumento do número de repetições no grupo irradiado, mas não foram observados efeitos sobre a fadiga eletromiográfica.
Alves et al., 2014 ⁽²³⁾	Avaliar os efeitos imediatos sobre o desempenho cardiorrespiratório e fadiga eletromiográfica em 18 participantes saudáveis de 18 a 30 anos.	Infravermelho	14 J em 3 pontos sobre o quadríceps femoral e em 1 ponto do gastrocnêmico – 56 J no total.	Houve uma melhora da eficiência cardiovascular. A fadiga eletromiográfica não apresentou mudanças.
Felismino et al., 2014 ⁽²⁴⁾	Investigar os efeitos sobre marcadores de dano muscular e desempenho de força em 22 homens saudáveis de 20 a 35 anos.	Infravermelho	1 J por ponto - 4 pontos sobre o bíceps – 4 J bilateralmente no total.	Atividade de creatina quinase foi menor no grupo experimental. Não houve efeito sobre a recuperação do desempenho de força máxima.

Maciel et al., 2014 ⁽²⁵⁾	Investigar a ação do LASER sobre o desempenho muscular e fadiga em 12 mulheres saudáveis de 18 a 30 anos.	Infravermelho	0,81 J por ponto - "aproximadamente 29 pontos" sobre o tibial anterior.	Observou-se aumento do torque na avaliação da resistência após LASER. Não houve mudança no pico de força, na fadiga eletromiográfica e nos níveis de lactato.
Vieira et al., 2014 ⁽²⁶⁾	Investigar os efeitos sobre a fadiga muscular em sete homens saudáveis com média de idade de 21±3 anos.	Infravermelho	4 J por ponto - Reto-femoral: 3 pontos – (12 J no total) - Vasto medial: 1 ponto (4 J no total) - Vasto lateral: 1 ponto (4 J no total). Cada protocolo foi repetido 3 vezes durante a realização do exercício: 60 J no total.	Observou-se um aumento do número de repetições e diminuição da fadiga eletromiográfica após aplicação do LASER.
Baroni et al., 2015 ⁽²⁷⁾	Investigar os efeitos no ganho de força e na hipertrofia muscular em 30 participantes saudáveis de 20 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 8 pontos sobre o quadríceps – 240 J no total.	As mudanças foram maiores no grupo irradiado tanto para espessura como para CVM.
Kakihata et al., 2015 ⁽²⁸⁾	Avaliar os efeitos sobre a fadiga e a potência muscular em 22 mulheres sedentárias com média de idade de 21,21±2,8 anos.	Vermelho	0,24 J por ponto - 8 pontos sobre o tríceps sural- 1,92 J no total.	Não foram encontradas mudanças na altura do salto, no índice de fadiga e na dor muscular de início tardio.
Bublitz et al., 2016 ⁽²⁹⁾	Avaliar os efeitos na capacidade funcional, percepção subjetiva de esforço e níveis de lactato sanguíneo em 20 participantes hospitalizados com insuficiência cardíaca de 35 a 65 anos.	Infravermelho	4 J por ponto - 7 pontos sobre o quadríceps – 28 J no total.	Houve redução da percepção do esforço no grupo irradiado, sem efeito no teste de função submáxima e nos níveis de lactato.
Souza et al., 2016 ⁽³⁰⁾	Avaliar os efeitos imediatos sobre desempenho neuromuscular e fadiga em 60 participantes saudáveis de 18 a 28 anos.	Infravermelho	5 J por ponto - 5 pontos sobre o músculo soleo - 25 J no total.	Houve redução do índice de fadiga por dinamometria no grupo irradiado, mas sem efeito na frequência mediana.
Toma et al., 2016 ⁽³¹⁾	Avaliar os efeitos da associação do LASER ao treino muscular no ganho de força em 48 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o quadríceps – 56 J no total.	Houve melhora do desempenho, dos índices de lactato, mas sem efeito sobre a fadiga.
Vanin et al., 2016 ⁽³²⁾	Avaliar os efeitos a médio prazo do LASER sobre recuperação muscular, na melhora do desempenho e comparar diferentes doses em 28 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Infravermelho	Grupo A = 10 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps - 60 J no total. Grupo B = 30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 180 J no total. Grupo C = 50 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 300 J no total.	O Grupo A aumentou a CVM comparado ao placebo nas reavaliações de 24 a 96 h. O Grupo C melhorou a CVM nos tempos imediatamente após e 24 h e os níveis de creatina quinase e IL-6 .
Vassão et al., 2016 ⁽³³⁾	Investigar os efeitos da fotobiomodulação na fadiga muscular e no desempenho em 30 mulheres saudáveis de 60 a 70 anos.	Infravermelho	7 J por ponto - 8 pontos sobre o reto femoral dominante – 56 J no total.	Observou-se melhora da fadiga eletromiográfica e dos níveis de lactato, sem efeito sobre a força muscular.
Zagatto et al., 2016 ⁽³⁴⁾	Avaliar os efeitos de cinco dias de laserterapia nos marcadores de lesão muscular e no desempenho em 20 homens saudáveis com média de idade de 15,4 ± 1,2	Infravermelho	3 J por ponto - 8 pontos sobre o músculo abdutor – 24 J no total.	Houve melhora do desempenho dos saltos, sem efeito na tarefa de natação e nos marcadores bioquímicos de lesão muscular.
Marchi et al., 2017 ⁽³⁵⁾	Comparar os efeitos de três dispositivos fotobiomoduladores sobre o desempenho muscular e recuperação pós-treino em 40 homens saudáveis de 18 a 35 anos.	Infravermelho	30 J por ponto - 6 pontos sobre o quadríceps – 180 J no total.	A luz pulsada se mostrou mais efetiva que o LASER contínuo de baixa intensidade e que o LASER de alta potência na CVM e dor muscular de início tardio. Para danos musculares o LASER de alta potência mostrou-se mais eficaz.

Legenda: V – LASER vermelho; IV – LASER infravermelho; J - joule; LLLT – low level LASER therapy; RM – repetição máxima; CVM – contração voluntária máxima; LED –light emitting diode.

4.2 – Artigo Original

Efeitos imediatos da fotobiomodulação sobre a atividade elétrica do músculo orbicular da boca e a pressão máxima dos lábios.

Immediate effects of photobiomodulation on electrical activity of orbicularis and maximum lip pressure

Título resumido: Fotobiomodulação e orbicular da boca

Vanessa Mouffron Novaes Alves¹, Renata Maria Moreira Moraes Furlan²,
Andréa Rodrigues Motta³

- (1) Fonoaudióloga da Universidade Federal de Minas Gerais, mestranda em Ciências Fonoaudiológicas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.
- (2) Fonoaudióloga, doutora em Engenharia de Estruturas – Bioengenharia, pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Professora no Instituto Metodista Izabela Hendrix.
- (3) Fonoaudióloga, doutora em Distúrbios da Comunicação Humana pela Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP, Professora na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte (MG), Brasil.

Trabalho realizado no Departamento de Fonoaudiologia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG), Brasil.

Endereço para correspondência:

Vanessa Mouffron Novaes Alves
Rua Piauí, 1571 Apartamento 504
Funcionários – BH – MG – 30150-321
vanessamouffron@gmail.com

Conflito de interesses: Inexistente.

As autoras Vanessa Mouffron Novaes Alves, Andréa Rodrigues Motta e Renata Maria Moreira Moraes Furlan foram responsáveis pela elaboração do projeto de pesquisa, revisão da literatura, coleta dos dados e redação do manuscrito. As autoras Andréa Rodrigues Motta e Renata Furlan também realizaram a orientação geral do trabalho, supervisionando a elaboração do projeto de pesquisa, a análise dos dados e a redação do artigo.

4.2.1 Resumo

Objetivo: verificar os efeitos imediatos do LASER de baixa intensidade sobre a atividade elétrica e a pressão máxima dos lábios para diferentes doses.

Métodos: estudo experimental, randomizado e triplo cego. A amostra foi composta por 23 mulheres e 17 homens com idade entre 18 e 33 anos (média 23,18 anos DP=2,1), divididos em quatro grupos: GC (grupo controle), G1, G4 e G7. Após a assinatura do TCLE, a pressão máxima foi avaliada com o *Iowa Oral Performance Instrument (IOPPI)*. O bulbo foi posicionado entre os lábios e os participantes foram orientados a pressioná-los. Em seguida, realizou-se avaliação eletromiográfica do músculo orbicular da boca com as seguintes tarefas: repouso, bico isométrico e repetição da frase “Xuxa achou o xale”. O sinal foi captado no domínio da amplitude e normalizado pelas porcentagens do pico e da CVM. Aplicou-se o LASER infravermelho (808 nm) da marca DMC, modelo Therapy EC, 100 mW de potência. As doses testadas foram 1 J, 4 J e 7 J aplicadas em seis pontos do músculo orbicular da boca. No GC não houve intervenção. Após a aplicação do LASER, foram repetidos os procedimentos de avaliação. Os resultados foram analisados com nível de significância de 95%.

Resultados: no G4 a atividade elétrica do lábio superior aumentou durante o bico isométrico normalizado pela CVM. No G1 essa atividade diminuiu no lábio inferior. A pressão máxima de lábios aumentou apenas no G7. **Conclusão:** LASER de baixa intensidade promoveu mudanças na atividade elétrica e no desempenho do músculo orbicular da boca.

Abstract

Objective: To verify the immediate effects of low-intensity LASER on the electrical activity and the maximum pressure of the lips for different doses.

Methods: experimental, randomized and triple blind study. The sample consisted of 23 women and 17 men aged 18 to 33 years (mean 23.18 years SD = 2.1), divided into four groups: GC (control group), G1, G4, and G7. After signing the TCLE, the maximum pressure was assessed with the Iowa Oral Performance Instrument (IOPI). The bulb was placed between the lips and the participants were instructed to press them. Then, electromyographic evaluation of the orbicularis muscle was performed with the following tasks: rest, isometric beak and repetition of the phrase "Xuxa achou o xale ". The signal was captured in the amplitude domain and normalized by peak and MVC percentages. The infrared LASER (808 nm) of the brand DMC, model Therapy EC, was applied, 100 mW of power. The doses tested were 1 J, 4 J and 7 J applied at six points of the orbicularis muscle of the mouth. In the CG there was no intervention. After LASER application, the evaluation procedures were repeated. The results were analyzed with a level of significance of 95%. **Results:** in G4 the electrical activity of the upper lip increased during the isometric beak normalized by MVC. In G1 the activity decreased in the lower lip. The maximum lip pressure has increased only in the G7. **Conclusion:** Low intensity LASER promoted changes in the electrical activity and performance of the orbicularis muscle of the mouth.

4.2.2 Introdução

A terapia por fotobiomodulação é uma forma de terapia luminosa que utiliza formas não ionizantes de fontes de luz, incluindo LASER, LEDs e/ou luzes de banda larga, no espectro visível e infravermelho. É um processo não térmico que provoca eventos fotofísicos e fotoquímicos em várias escalas biológicas¹. Trata-se de uma técnica não invasiva, indolor, com baixo risco para o paciente e sem efeitos colaterais^{2,3}.

O principal mecanismo de ação desse recurso consiste no chamado efeito fotoquímico. De acordo com essa teoria, a energia luminosa é absorvida por organelas denominadas cromóforos, presentes principalmente nas mitocôndrias, e transformada em energia química durante o processo de respiração celular. Por meio de reações enzimáticas, o laser estimula o aumento da síntese de adenosina trifosfato (ATP), substância essencial para o adequado funcionamento das células⁴.

Considerando que há grande demanda energética durante uma atividade muscular, tanto para os processos de contração como também de relaxamento e manutenção do tônus corporal⁵, os efeitos da fotobiomodulação sobre esse tecido tem despertado o interesse de diferentes áreas, com pesquisas revelando eficácia do uso de LASER ou LED terapêutico para melhora do desempenho muscular⁶, atraso na fadiga⁷ e na redução de dano muscular após atividades de alta demanda⁸. O desempenho muscular pode ser definido como a capacidade do músculo de produzir trabalho e, dentre outros fatores, pode ser afetado pelas características morfológicas, por funções metabólicas, cardiovasculares, respiratória, cognitiva e emocional⁹.

Dentre os músculos orofaciais, o orbicular da boca é de grande interesse da Fonoaudiologia, pois participa ativamente de funções importantes como a fala, mastigação, deglutição, respiração e mímica facial. Levando-se em conta que o treinamento muscular é um dos pilares a serem trabalhados na terapia fonoaudiológica¹⁰ e considerando as respostas clínicas observadas com a associação do LASER à fonoterapia, acredita-se que entender os efeitos desse recurso e seus parâmetros dosimétricos sobre essa estrutura será de grande

contribuição para o crescimento das evidências científicas na prática fonoaudiológica.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos imediatos da fotobiomodulação com LASER de baixa intensidade sobre a atividade elétrica e a pressão máxima dos lábios para diferentes doses.

4.2.3 Métodos

Trata-se de um trabalho do tipo experimental, randomizado e triplo cego. A amostra, não probabilística, foi composta por 40 indivíduos sendo 23 (57,5%) do sexo feminino e 17 (42,5%) do sexo masculino, com idade mínima de 18, máxima de 33 e média de 23,18 anos (DP=2,1) que aceitaram o convite para participar da pesquisa. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o projeto encontra-se aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição, sob parecer número CAAE 83652117.6.0000.5149.

Os participantes foram recrutados por meio de cartazes e convites pessoais realizados na própria instituição e foram estabelecidos como critérios de inclusão: ter idade entre 18 e 35 anos, não fazer uso de medicação miorelaxante e/ou anti-inflamatória, não ter realizado fonoterapia prévia e não apresentar contraindicações para fototerapia, conforme manual dos fabricantes¹¹ e literatura específica¹². São elas: fotossensibilidade, gravidez, glaucoma, lesão sem diagnóstico sobre a área a ser irradiada ou próxima a ela, infecção no local da aplicação, histórico de câncer, uso de marcapasso ou outro implante eletrônico. Adotou-se como critérios de exclusão a não execução de todas as tarefas propostas ou a baixa qualidade do sinal eletromiográfico.

Trata-se de um estudo exploratório e o cálculo amostral não foi realizado pois não foram encontrados estudos anteriores que tenham avaliado os efeitos da fotobiomodulação sobre o desempenho do músculo orbicular da boca.

Após a assinatura do TCLE, o participante foi orientado a permanecer sentado em uma cadeira mantendo postura ereta, flexão de 90° de quadril, de

joelhos e de tornozelos, guiados pelo Plano de Frankfurt. Os procedimentos de avaliação e de aplicação do LASER de baixa intensidade foram realizados por diferentes pesquisadoras.

Para obtenção dos valores de pressão máxima utilizou-se o *Iowa Oral Performance Instrument (IOPI)*. O IOPI é um aparelho constituído por um bulbo de ar ligado a um transdutor de pressão, que permite mensurar a pressão máxima e a resistência muscular. O balão de ar apresenta 3,5 cm de comprimento, 1,0 cm de diâmetro e conecta-se a um tubo plástico de 11,5 cm. À medida que esse bulbo é pressionado, o aparelho capta a mudança de pressão gerada, fornecendo valores em kPa que podem ser visualizados na tela de LCD do próprio aparelho. Nesta pesquisa o bulbo foi colocado entre duas espátulas de madeira e o conjunto foi envolto com filme plástico conforme figura 1.



Figura 1 – Avaliação da força labial utilizando-se o IOPI

Os participantes foram solicitados a pressionar o bulbo com o máximo de força possível, com movimento de apreensão dos lábios, durante 2 segundos. Foram realizadas três repetições, com intervalo de trinta segundos entre elas¹³ e o valor do pico máximo foi considerado a pressão máxima.

Em sequência foram coletados os dados eletromiográficos. A avaliação foi feita utilizando-se o equipamento da marca Miotec, modelo New Miotool Face, com dois canais de entrada, resolução de 16 bits, isolamento de segurança de 3.000 V, capacidade de aquisição máxima de 2.000 amostras/segundo/canal e

filtros passa alta de 20 Hz e passa baixa de 500 Hz. O software utilizado para análise e coleta dos dados foi o Miotec Suite, salvo em um notebook sem conexão com a rede elétrica a fim de evitar a interferência desta no sinal eletromiográfico.

Para captação do sinal, foram utilizados sensores superficiais duplos, da marca Double Trace, ligados a eletrodos de Ag/AgCl, em formato circular, com distância fixa de 20 mm entre eles, 44 mm de comprimento, 21 mm de largura e quantidade de gel condutor fixa, colocada pelo fabricante. O ganho foi de 20 vezes, com impedância de entrada de 10 GΩ e taxa de rejeição de modo comum >100 dB. A pele foi previamente higienizada com álcool 70% e gaze para melhor fixação dos eletrodos, que foram posicionados nos ventres do músculo orbicular da boca, um par na porção superior e outro na inferior, seguindo-se padronização internacional¹³⁻¹⁶. Um eletrodo de referência (terra) também foi colocado na região do punho do paciente.

As seguintes tarefas foram solicitadas:

- Realização do bico isométrico para obtenção da contração voluntária máxima: paciente foi orientado a realizar uma protrusão do lábio com a maior força possível por aproximadamente três segundos.

- Repouso: o participante foi orientado a permanecer em repouso, sem falar, sem deglutir e com os lábios relaxados.

- Bico isométrico: o participante foi orientado a protruir os lábios e mantê-los nessa posição por aproximadamente 5 segundos, executando a tarefa com a maior força possível.

- Tarefa de fala: o participante foi orientado a repetir a frase “Xuxa achou o xale”, porque para produção do /j/ há uma contração semelhante à do bico isométrico, que foi avaliada em outra tarefa. Optou-se pela tarefa de fala para verificar os efeitos no desempenho muscular durante tarefas habituais.

O sinal elétrico foi captado no domínio da amplitude e normalizado tanto pela porcentagem do pico quanto pela contração voluntária máxima. Para análise do potencial elétrico foi escolhido o sinal com melhor qualidade e foram excluídos os segundos que antecederam o início da atividade muscular.

Considerou-se o início da atividade muscular quando a amplitude do sinal ultrapassou 2DP da obtida no repouso¹⁶. A partir desse início da atividade requerida, foram desconsiderados o segundo inicial e o segundo final, obtendo-se, assim, um recorte de três segundos¹⁷.

Após a avaliação inicial, realizou-se a aplicação do LASER de baixa intensidade. O equipamento utilizado foi da marca DMC, modelo Therapy EC, com 100 mw de potência e spot de saída com área de 0,028 cm². Para esse estudo optou-se pelo comprimento de onda infravermelho (808 nm) e as doses de 1 J, 4 J e 7 J. A aplicação foi feita de modo pontual, com contato, em seis pontos equidistantes no músculo orbicular da boca: próximo às comissuras direita e esquerda (por ser região dos pontos motores), dois pontos na porção superior e dois pontos na porção inferior (Figura 2)

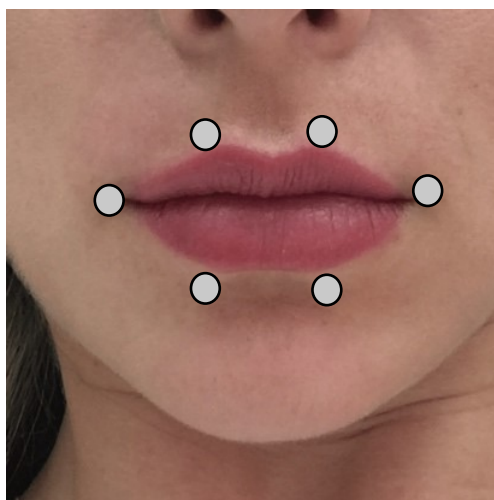


Figura 2 - Pontos de aplicação do LASER

Os participantes foram alocados, de maneira randomizada e cega, em um dos seguintes grupos: grupo controle (GC) (n=10), G1(n=10), G4 (n=10) e G7 (n=10) e as doses aplicadas em cada um deles foram as seguintes:

- a) Grupo controle: não houve aplicação do LASER.
- b) G1: aplicou-se dose de 1 J por ponto, densidade de energia de 35 J/cm² em cada ponto, tempo de aplicação de 10 segundos por ponto, totalizando 6 J no músculo.

- c) G4: aplicou-se 4 J por ponto, densidade de energia de 140 J/cm², tempo de aplicação de 40 segundos por ponto, totalizando 24 J no músculo.
- d) G7: aplicou-se 7 J por ponto, com densidade de energia de 245J/cm², tempo de aplicação de 70 segundos por ponto e dose total no músculo de 42 J.

Seguindo-se recomendações do fabricante e atendendo às normas de segurança estabelecidas pela ANVISA para equipamentos de laser de baixa intensidade, a pesquisadora responsável pela aplicação e os participantes usaram óculos de proteção durante todo o procedimento.

Após a aplicação do LASER, foram repetidos os procedimentos de avaliação da pressão máxima do lábio e da eletromiografia de superfície do orbicular da boca. Todas as avaliações foram realizadas por uma das pesquisadoras, que não sabia a qual grupo o participante pertencia. No grupo controle, o intervalo entre as medições foi de dois minutos.

Para análise dos dados os arquivos foram renomeados de modo que a pesquisadora responsável pela análise não soubesse o grupo do participante e nem o momento da avaliação (pré ou pós aplicação do LASER).

A descrição da variável categórica sexo foi realizada por meio de medidas de frequência e análise comparativa entre as variáveis sexo e grupo foi realizada por meio do teste qui-quadrado de comparações múltiplas. A descrição das variáveis contínuas (idade e resultado de cada tarefa) foi realizada por meio de medidas de tendência central e a variabilidade de a distribuição da normalidade das variáveis foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk, o qual indicou que essas variáveis não apresentaram distribuição normal. Assim, optou-se pela utilização de testes não paramétricos para a análise dos dados. A análise comparativa entre as variáveis idade e grupo foi realizada por meio do teste Kruskal Wallis e a comparação entre os resultados dos exames pré e pós LASER foi realizada por meio do teste Wilcoxon.

4.2.4 Resultados

Os resultados indicam que não houve diferença com relevância estatística ao comparar os grupos em relação ao sexo ($p= 0,975$) e idade ($p=0,353$), ou seja, os grupos foram homogêneos em relação a essas variáveis.

A tabela 1 apresenta a comparação dos resultados obtidos por meio do IOPI antes e após o LASER em cada grupo. A pressão máxima de lábios apresentou aumento apenas no grupo submetido à irradiação com 7 J.

Tabela 1. Medidas da pressão labial em kPa antes e após o LASER em cada grupo

Grupo	Controle		1 J		4 J		7 J	
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
Média	11,80	11,70	12,90	12,90	11,50	12,20	10,60	11,90
Mediana	11,50	12,50	12,50	13,00	11,00	13,00	10,50	11,50
DP	3,77	3,27	3,60	4,70	2,12	2,15	2,63	2,88
Mínimo	6,00	6,00	7,00	6,00	9,00	7,00	7,00	8,00
Máximo	20,00	15,00	18,00	20,00	15,00	14,00	14,00	16,00
valor de p*	1,000		1,000		0,250		0,013	

* Teste de Wilcoxon

Legenda: J = joule; DP = desvio-padrão.

As tabelas 2 e 3 apresentam, para lábio superior e inferior respectivamente, a comparação da atividade elétrica de cada tarefa antes e após o LASER em cada grupo. No lábio superior, após irradiação com 4 J verificou-se aumento da atividade elétrica na tarefa de bico isométrico quando os dados foram normalizados pela CVM. Já no lábio inferior, observou-se diminuição dessa atividade elétrica, durante essa mesma tarefa, após irradiação com 1 J.

Tabela 2. Comparação antes e após o LASER da atividade elétrica do lábio superior em cada tarefa, por grupo, em diferentes modalidades de normalização

Grupo	Bico isométrico normalizado pelo pico		Bico isométrico normalizado pela CVM		Repouso normalizado pelo pico		Repouso normalizado pela CVM		Fala normalizada pelo pico		Fala normalizada pelo pico		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	
Controle	Média	73,95	74,91	74,43	77,48	67,00	63,92	2,35	2,60	60,53	63,79	39,38	49,32
	Mediana	77,12	76,96	75,52	73,19	68,91	69,67	1,80	2,34	59,57	63,43	35,17	38,77
	DP	11,71	8,98	13,29	22,41	12,16	21,16	1,98	1,03	5,85	5,67	19,97	29,19
	Mínimo	48,89	54,05	55,29	48,86	50,96	21,98	1,30	1,41	51,65	55,17	16,82	16,82
	Máximo	88,09	84,55	99,04	120,57	83,33	89,76	7,93	4,27	70,65	71,62	71,68	103,00
	Valor de p*	0,799		0,285		0,721		0,262		0,260		0,086	
1 J	Média	71,39	76,56	63,23	66,09	58,54	64,25	2,59	2,51	63,78	58,39	42,89	39,94
	Mediana	69,74	82,39	64,43	68,99	73,46	68,42	2,39	2,91	64,43	57,18	33,23	36,45
	DP	8,44	14,29	17,76	18,82	29,55	15,76	1,29	1,05	7,47	9,46	33,08	20,73
	Mínimo	60,87	41,96	24,56	21,01	4,64	43,79	1,02	1,13	53,54	46,09	10,28	10,15
	Máximo	86,27	86,75	85,59	88,21	87,92	83,10	4,81	3,75	78,61	77,58	110,7 5	69,78
	Valor de p*	0,241		0,646		0,878		0,838		0,203		0,878	
4 J	Média	75,73	78,23	74,39	80,62	69,49	73,43	4,26	2,97	62,45	62,86	39,90	42,86
	Mediana	78,80	80,30	74,06	82,79	79,16	74,82	2,63	2,99	62,60	62,70	34,42	38,09
	DP	9,98	10,28	13,77	15,88	21,57	12,26	4,67	1,07	5,74	10,38	22,03	17,07
	Mínimo	62,24	52,60	57,21	56,73	16,16	47,98	1,55	1,21	49,44	48,55	11,89	20,25
	Máximo	88,01	86,86	103,8 6	112,95	85,46	88,54	16,77	5,04	71,32	82,88	79,50	78,78
	Valor de p*	0,241		0,028		0,445		0,575		0,959		0,445	
7 J	Média	75,77	77,47	69,86	70,12	53,06	42,76	2,66	2,15	63,54	57,62	38,93	38,86
	Mediana	76,11	79,04	60,18	68,71	59,43	47,13	2,71	2,05	65,23	58,45	33,60	37,68
	DP	7,23	5,51	17,67	19,92	23,92	23,97	0,88	0,91	8,15	9,95	16,47	20,05
	Mínimo	63,66	70,36	52,77	39,42	6,20	3,63	0,97	0,87	50,01	44,25	13,39	14,54
	Máximo	85,87	85,52	96,13	107,43	79,44	76,38	4,07	3,77	72,32	74,33	67,11	73,94
	Valor de p*	0,959		0,878		0,386		0,114		0,074		0,799	

* Teste de Wilcoxon

Legenda: J = joule; DP = desvio padrão; CVM = contração máxima voluntária.

Tabela 3. Comparação antes e após o LASER da atividade elétrica do lábio inferior em cada tarefa, por grupo, em diferentes modalidades de normalização

Grupo	Bico isométrico normalizado pelo pico		Bico isométrico normalizado pela CVM		Repouso normalizado pelo pico		Repouso normalizado pela CVM		Fala normalizada pelo pico		Fala normalizada pelo pico		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	
Controle	Média	67,10	72,98	95,77	88,98	57,24	52,25	2,39	2,78	61,37	64,53	55,15	52,45
	Mediana	72,67	72,13	94,29	83,50	61,09	49,74	2,13	2,07	63,05	63,44	49,34	46,15
	DP	18,86	8,09	37,45	45,36	21,45	22,84	1,34	1,85	7,53	9,02	21,10	34,71
	Mínimo	18,87	60,78	56,76	32,90	20,19	11,79	0,70	0,67	48,69	46,73	30,11	2,50
	Máximo	83,00	82,79	186,37	199,35	83,27	82,88	5,32	6,75	72,85	79,97	98,09	113,19
	Valor de p*	0,333		0,241		0,575		0,333		0,173		0,953	
1 J	Média	71,43	69,05	76,14	62,97	59,55	71,09	2,44	3,36	60,24	59,08	39,54	47,79
	Mediana	75,85	71,36	77,86	69,97	73,68	75,69	1,86	1,93	59,00	59,53	44,63	50,72
	DP	10,63	11,63	13,13	18,15	30,34	11,75	1,17	3,45	14,01	8,01	18,16	16,01
	Mínimo	53,30	44,79	58,80	34,17	4,69	44,01	0,92	1,14	32,91	46,88	6,44	24,15
	Máximo	82,29	86,62	96,93	87,38	86,96	81,79	4,27	12,52	78,27	69,03	68,26	68,62
	Valor de p*	0,386		0,016		0,445		0,646		0,575		0,093	
4 J	Média	75,96	76,92	80,17	86,16	58,10	64,80	2,46	2,42	63,68	63,92	35,75	38,22
	Mediana	77,45	76,76	74,92	79,19	61,73	69,27	2,14	1,59	63,58	63,72	28,27	39,74
	DP	6,89	6,18	23,78	23,73	21,65	17,46	1,39	2,22	4,55	13,13	22,24	14,12
	Mínimo	58,09	65,50	44,88	65,37	18,95	40,41	0,91	0,82	55,50	40,82	11,03	13,00
	Máximo	84,73	88,13	135,93	145,21	86,62	87,58	5,15	8,21	72,15	79,13	79,95	57,96
	Valor de p*	0,799		0,169		0,333		0,285		0,878		0,386	
7 J	Média	70,04	69,23	87,03	72,48	60,27	56,88	3,32	3,51	61,15	59,50	36,31	45,08
	Mediana	69,02	75,51	75,33	76,07	61,98	68,04	3,75	3,25	62,51	59,02	32,13	28,96
	DP	14,37	17,36	62,23	15,30	18,92	27,89	2,11	2,78	8,32	10,25	12,08	53,41
	Mínimo	41,58	27,99	48,89	40,67	27,05	3,58	0,76	0,68	47,93	44,16	18,04	6,82
	Máximo	85,25	82,50	258,55	92,26	84,03	80,33	7,41	8,59	71,04	79,17	55,93	194,54
	Valor de p*	0,799		0,959		0,799		0,878		0,508		0,959	

* Teste de Wilcoxon

Legenda: J = joule; DP = desvio padrão; CVM = contração máxima voluntária.

4.2.5 Discussão

Observou-se, nesse estudo, que a fotobiomodulação com LASER de baixa intensidade promoveu mudanças na atividade elétrica do músculo orbicular da boca e também no seu desempenho, aqui avaliado por meio da pressão máxima de lábios.

Os efeitos do LASER de baixa intensidade no tecido muscular vêm despertando o interesse de grupos de pesquisas e estudos anteriores já revelaram resultados positivos sobre o desempenho e recuperação de lesões^{6,18}. No entanto, grande parte desses trabalhos foram realizados com grupos musculares dos membros superiores ou inferiores, não tendo sido encontrado nenhum trabalho que investigasse os efeitos desse recurso no desempenho do músculo orbicular da boca.

Devido à escassez de estudos sobre o tema, nesta pesquisa optou-se por investigar a ação de três diferentes doses de irradiação, a fim de estabelecer aquela que poderia apresentar maior influência no comportamento do lábio durante diversas tarefas. A escolha de alguns parâmetros dosimétricos baseou-se em pesquisas anteriores que utilizaram o LASER de baixa intensidade como recurso para promover melhora da atividade muscular.

A dose de 1 J foi escolhida pelas autoras por ser próxima à utilizada no único artigo encontrado com o objetivo de avaliar o desempenho de um músculo da face, o qual optou pela irradiação de 0,8 J sobre o músculo masseter¹⁹. Devido à potência e modelo do equipamento utilizado nesse estudo, as autoras optaram por utilizar a dose de 1 J para que o tempo de irradiação fosse automático, eliminando, assim, possível viés relacionado à aplicação.

As doses de 4 J²⁰⁻²² e 7 J²³⁻²⁶ foram selecionadas por terem sido as mais encontradas em artigos que também investigaram a ação do LASER de baixa intensidade no desempenho muscular. O comprimento de onda infravermelho foi preferido por diversos autores¹⁹⁻⁴⁰, e, por esse motivo, utilizado nesta pesquisa. No entanto, sabe-se que a escolha do comprimento de onda tem uma relação direta com a profundidade do tecido alvo. Devido à espessura do músculo em questão, acredita-se que o comprimento de onda vermelho também possa ser um recurso eficaz, o que pode ser investigado em pesquisas futuras.

Os grupos participantes desse estudo foram homogêneos em relação ao sexo e à idade, dado esse relevante uma vez que a força labial sofre influência direta dessas duas variáveis⁴¹. A escolha pelo IOPI e pela eletromiografia de superfície para avaliação da musculatura baseou-se em estudos anteriores, nos quais tanto a pressão máxima de lábios¹³ como a atividade elétrica¹⁴ foram utilizados como parâmetros de avaliação da atividade muscular.

Em relação aos achados, observou-se o aumento significativo da pressão máxima dos lábios para a dose de 7 J, o que está de acordo com outros estudos que também tiveram respostas positivas para desempenho muscular com essa dose²⁴⁻²⁶, embora um trabalho realizado com essa mesma quantidade não tenha encontrado efeitos no número de repetições, nos níveis de lactato ou na fadiga eletromiográfica após irradiação no bíceps. .

No grupo irradiado com 4 J não houve diferença estatisticamente significativa nos níveis de pressão máxima, o que está de acordo com estudo anterior que também não obteve respostas significativas na performance muscular do reto-femoral²¹. No entanto, um outro estudo que utilizou essa mesma dose por ponto observou, sim, resultados significativos para a musculatura avaliada, com aumento do número de repetições e diminuição da fadiga eletromiográfica após LASER²⁰.

Nesta pesquisa não foram encontrados resultados significativos para a dose de 1 J, achado esse que está de acordo com a literatura existente, na qual essa dose não promoveu aumento de força muscular¹⁹.

Apesar de não significativo, no grupo irradiado com 4 J houve um aumento da média da pressão máxima, o que não foi observado no grupo controle e no grupo irradiado com 1 J. Ainda sobre a divergência de resultados em estudos que utilizaram a mesma dose, é importante considerar que os artigos se diferenciam, dentre outros aspectos, pela dose total irradiada, pelo momento de aplicação, número de pontos e pelos músculos irradiados, o que demonstra que os parâmetros dosimétricos em fotobiomodulação não se restringem ao comprimento de onda e à dose utilizada.

Em relação à eletromiografia de superfície, no grupo irradiado com 4 J observou-se um aumento significativo da atividade elétrica do lábio superior na

tarefa de bico isométrico quando o sinal foi normalizado pela CVM, o que não ocorreu no lábio inferior. Acredita-se que essa diferença esteja relacionada à anatomofisiologia do músculo. O lábio superior, geralmente de menor espessura, sofreu interferência da dose irradiada. Já o lábio inferior, normalmente mais forte e mais espesso, não aumentou a atividade elétrica de maneira significativa em nenhuma das doses testadas, apresentando, inclusive, diminuição da atividade elétrica após irradiação com 1 J.

Acredita-se que essa diminuição possa estar relacionada à fadiga muscular, já que também foi observada no grupo controle, apesar de não significativa. Dessa forma, a dose irradiada provavelmente não foi suficiente para desencadear efeitos fotoquímicos que pudessem promover aumento do ATP, da atividade metabólica e, conseqüentemente, retardar o aparecimento da fadiga. Outra hipótese para essa diminuição da atividade elétrica pode ser o fato de que a tarefa de protrusão é realizada com auxílio da musculatura periorbicular, a qual não foi irradiada.

Uma terceira possibilidade para esses achados inclui a colocação dos eletrodos na parte medial do músculo. Uma pesquisa mostrou que o lábio inferior se comporta de maneira diferente na realização de tarefas distintas, com ativações de diferentes partes em cada uma delas⁴². Durante a produção da vogal /u/, cujo movimento se assemelha à protrusão solicitada aos participantes desse estudo, há maior ativação da porção lateral do músculo, sem muita participação da porção medial. O mesmo foi observado para a produção do /j/, na qual houve maior atividade da porção lateral-medial. Tal fato pode justificar, também, a ausência de respostas para as tarefas de fala nesse trabalho.

Essa diferença na anatomofisiologia muscular pode explicar, ainda, os resultados discrepantes para cada dose, em cada tarefa. No movimento de preensão, a força é exercida na vertical e com participação de ambos os lábios durante a compressão do bulbo. Nos movimentos de protrusão e de fala há uma força no sentido horizontal e cada porção foi avaliada separadamente. Há de se considerar, ainda, que as tarefas solicitadas podem ocorrer com participação de diferentes músculos que não foram irradiados, o que pode influenciar no desempenho da porção avaliada.

Há de se considerar, ainda, as diferentes análises fornecidas pelos instrumentos de avaliação utilizados. Por ser a eletromiografia um exame que capta a atividade elétrica da fibra muscular, esperava-se uma maior sensibilidade às variações proporcionadas pelo LASER, uma vez que estudos anteriores já relataram seus efeitos sobre a excitabilidade da fibra muscular⁴³.

No entanto, é possível que o tempo de irradiação e o intervalo entre as avaliações não tenham sido suficientes para promover a síntese de ATP, para modificar o funcionamento da bomba de sódio e potássio, e para liberação de cálcio, fenômenos esses importantes para a contração muscular e sensíveis à irradiação⁴³.

Uma vez que a fotobiomodulação pode interferir diretamente nesses mecanismos bioquímicos de contração, contribuindo sobretudo para o aporte de ATP, acredita-se que sua ação nas mitocôndrias possa ter maior influência sobre exercícios de resistência, o que não foi investigado neste estudo. Por isso, sugere-se que pesquisas futuras analisem os efeitos da laserterapia sobre a fadiga, sendo a eletromiografia um bom recurso para tal.

Acredita-se que os resultados positivos para pressão máxima do lábio e das diferenças encontradas na atividade elétrica do músculo demonstrem que a irradiação com o LASER de baixa intensidade é capaz de influenciar na atividade da musculatura. No entanto, tratou-se de um estudo exploratório, com amostra pequena e outros trabalhos precisam ser feitos a fim de identificar os melhores parâmetros dosimétricos para promoção de um maior desempenho da musculatura.

Por fim, ressalta-se que há muito o que ser esclarecido sobre os mecanismos de ação da fotobiomodulação no desempenho muscular. Os trabalhos encontrados na literatura possuem metodologias muito diferentes e, por vezes, pouco criteriosas. Somado a isso, são encontrados diversos parâmetros dosimétricos, diferentes modelos de equipamentos e diferentes nomenclaturas. Tais fatos dificultam a comparação de resultados e também a comprovação científica da eficácia do recurso, uma vez que alguns achados positivos apresentam metodologias duvidosas.

4.2.6 Referências bibliográficas

1. Anders JJ, Lanzafame RJ, Arany PR. Low-level Light/Laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomed Laser Surg* 2013;33(44):183-4.
2. Garcez AS, Suzuki SS. Terapia LASER de baixa potência nas desordens temporomandibulares. In: Garcez AS, Ribeiro MS, Núñez SC, editores. *LASER de baixa potência: princípios básicos e aplicações clínicas na Odontologia*. Rio de Janeiro: Elsevier; 2012. p. 357-75.
3. Sanseverino NTM. Avaliação clínica da ação antiálgica do LASER em baixa intensidade de Arseneto de Gálio e Alumínio ($\lambda=785\text{nm}$) no tratamento das disfunções da articulação temporomandibular. São Paulo. Dissertação [Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear]. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2001.
4. Karu T. Photobiology of low power laser effects. *Health Physics* 1989;56(5):691-704.
5. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiologia Médica*. 13ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.
6. Leal-Junior ECP, Vanin AA, Miranda E, Carvalho P, Dal Corso S, Bjordal J. 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 Med Sci*. 2015;30(2):925-39.
7. Nampo FK, Cavalheri V, Soares FS, Ramos SP, Camargo EA. Low-level phototherapy to improve exercise capacity and muscle performance: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci*. 2016 36(9):1957-70.
8. Vanin A, Verhagen E, Barboza SD, Costa LOP, Leal-Junior ECP. Terapia de fotobiomodulação para a melhora do desempenho muscular e redução da fadiga muscular associada ao exercício em pessoas saudáveis: uma revisão sistemática e metanálise. *Lasers Med Sci*. 2018;33:181-214.
9. Kisner C, Colby LA. *Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas*. 5ª ed. São Paulo: Manole; 2009.

10. Rahal A. Fisiologia do exercício. In: Evidências e Perspectivas em Motricidade Orofacial. São José dos Campos: Pulso; 2018. p. 113-9.
11. DMC. Therapy EC manual do usuário. [Internet]. 2017 [cited 25 September 2017]. Available from: http://www.dmcgroup.com.br/arquivos/manual/man_therapy_ec_port.pdf
12. Navratil L, Kymplova J. Contraindications in noninvasive LASER therapy: truth and fiction. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20(6):341-3.
13. Vitorino J. Effect of age on tongue strength and endurance scores of healthy Portuguese speakers. *Int J Speech Lang Pathol.* 2010;12(3):237-43.
14. Busanello-Stella A, Blanco-Dutra A, Corrêa E, Silva A. Electromyographic fatigue of orbicular oris muscles during exercises in mouth and nasal breathing children. *CoDAS.* 2015;27(1):80-8.
15. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Applied Biomec.* 1997;13(2):135-63.
16. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electr Kinesiol.* 2000;10(5):361-74.
17. Nascimento GKBO, Silva EGF, Cunha DA, Silva HJ. Protocolo de avaliação eletromiográfica em mastigação. In: Silva HJ. Protocolos de eletromiografia de superfície em Fonoaudiologia. Barueri: Pró-Fono; 2013. p. 6-13.
18. Ferraresi C, Hamblin M, Huang YY. Photobiomodulation in human muscle tissue: an advantage in sports performance? *J Biophotonics.* 2016;1:1-27.
19. Muñoz ISS, Hauckl LA, Nicolau RA, Kelencz CA, Maciel TS, de Paula Júnior AR. Effect of laser vs LED in the near infrared region on the skeletal muscle activity: clinical study. *Rev Bras Eng Biomed.* 2013;29(3):262-8.
20. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Baroni BM, De Marchi T, Taufer D, Manfro DS. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. *Lasers Med Sci.* 2009;24(6):857-63.
21. Vieira WHB, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level laser therapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a

- randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85.
22. Bublitz C, Renno AC, Ramos RS, Assis L, Sellera CA, Trimer R, et al. Acute effects of low-level laser therapy irradiation on blood lactate and muscle fatigue perception in hospitalized patients with heart failure—a pilot study. *Lasers Med Sci.* 2016;31;1203–9.
23. Higashi RH, Toma RL, Tucci HT, Pedroni CR, Ferreira PD, Baldini GS, et al. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(12):586–94.
24. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HK, Renno AC. Low level laser therapy associated with a strength training program on muscle performance in elderly women: a randomized double blind control study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(6):1219-29.
25. Vassão PG, Toma RL, Antunes HKM, Tucci HT, Renno ACM. Effects of photobiomodulation on the fatigue level in elderly women: an isokinetic dynamometry evaluation. *Lasers Med Sci.* 2016;31:275–82.
26. Toma RL, Tucci HT, Antunes HK, Pedroni CR, Oliveira AS, Buck I, et al. Effect of 808 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in elderly women. *Lasers Med Sci.* 2013;28(5):1375-82.
27. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Frigo L, De Marchi T, Rossi RP, de Godoi V, et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to post exercise recovery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(8):524-32.
28. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB, Vanin AA, Baroni BM, Grosselli D, De Marchi T, et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy in exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Lasers Med Sci.* 2009;24:425–31.
29. Leal Junior ECP, Lopes-Martins RAB. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLT) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. *Photomed Laser Surg.* 2009;27(4):617-23.

30. Baroni BM, Leal Junior ECP, De Marchi T, Lopes AL, Salvador M, Vaz MA. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110:789–96.
31. Ferraresi C, Oliveira TB, Zafalon LO, Reiff RBM, Baldissera V, Perez SEA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. *Lasers Med Sci.* 2011;26:349–58.
32. Vieira WH, Ferraresi C, Perez SE, Baldissera V, Parizotto NA. Effects of low-level laser therapy (808 nm) on isokinetic muscle performance of young women submitted to endurance training: a randomized controlled clinical trial. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):497-504.
33. Alves MAS, Pinfildi CE, Neto LN, Lourenço RP, Azevedo PHSM, Dourado VZ. Acute effects of low-level laser therapy on physiologic and electromyographic responses to the cardiopulmonary exercise testing in healthy untrained adults. *Lasers Med Sci.* 2014;29:1945–51.
34. Felismino AS, Costa EC, Aoki MS, Ferraresi C, Lemos TMAM, Vieira WHB. Effect of low-level laser therapy (808 nm) on markers of muscle damage: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):933-8.
35. Maciel TS, Muñoz IS, Nicolau RA, Nogueira DV, Hauck LA, Osório RA, et al. Phototherapy effect on the muscular activity of regular physical activity practitioners. *Lasers Med Sci.* 2014;29(3):1145-52.
36. Baroni BM, Rodrigues R, Freire BB, Franke RA, Geremia JM, Vaz MA. Effect of low-level laser therapy on muscle adaptation to knee extensor eccentric training. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115:639-47.
37. Souza CG, Borges DT, Macedo LB, Brasileiro JS. Low-level laser therapy reduces the fatigue index in the ankle plantar flexors of healthy subjects. *Lasers Med Sci.* 2016;31(9):1949-55.
38. Aver Vanin A, De Marchi T, Tomazoni SS, Tairova O, Leão Casalechi H, Carvalho PTC, et al. Pre-exercise infrared low-level laser therapy (810 nm) in skeletal muscle performance and postexercise recovery in humans, what is the optimal dose? A randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(10):473-82.

39. Zagatto AM, Ramos SP, Nakamura FY, Lira FS, Lopes-Martins RA, Carvalho RLP. Effects of low-level laser therapy on performance, inflammatory markers, and muscle damage in young water polo athletes: a double-blind, randomized, placebo-controlled study. *Lasers Med Sci.* 2016;31(3):511-21.
40. Marchi T, Schmitt VM, Fabro DS, Silva LL, Sene J, Tairova O, et al. Phototherapy for improvement of performance and exercise recovery: comparison of 3 commercially available devices. *J Athl Train.* 2017;52(5):429-38.
41. Murakami M, Adachi T, Nakatsuka K, Kato T, Oishi M, Masuda Y. Gender differences in maximum voluntary lip-closing force during lip pursing in healthy young adults. *J Oral Rehabil* 2012;39(6):399-404.
42. Abbs JH, Gracco VL, Blair C. Functional muscle partitioning during voluntary movement: facial muscle activity for speech. *Exp Neurol* 1984;85(3):469-79.
43. Ferraresi C, Hamblin MR, Parizotto NA. Low-level laser (light) therapy (LLLT) on muscle tissue: performance, fatigue and repair benefited by the power of light. *Photon Lasers Med.* 2012;1(4):267-86.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ideia central deste trabalho foi entender os efeitos de diferentes doses do LASER de baixa intensidade sobre o comportamento do músculo orbicular da boca. Devido à ausência de estudos anteriores, acredita-se que encontrar uma dose efetiva para estímulo dessa musculatura seja o primeiro passo para que outras pesquisas sejam desenvolvidas nessa área.

Apesar da amostra reduzida, foi possível perceber modificações musculares desencadeadas pela irradiação. No entanto, o real impacto da fotobiomodulação no treino da musculatura labial, na fadiga e na resistência e, conseqüentemente, na otimização da terapia fonoaudiológica ainda precisam ser melhor investigados.

Ressalta-se ainda que, embora a metodologia aqui empregada tenha analisado os efeitos do LASER de modo isolado, as autoras acreditam que a fotobiomodulação seja apenas um recurso terapêutico, e os resultados aqui encontrados não devem ser entendidos como um novo método de terapia fonoaudiológica.

Espera-se, portanto, que novas pesquisas possam ser feitas a fim de investigar as evidências clínicas desse recurso na prática profissional.

ANEXOS

ANEXO 1 – Resolução que dispõe sobre estrutura da dissertação



FACULDADE DE MEDICINA
CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO
Av. Prof. Alfredo Balena 190/ sala 533
Belo Horizonte – MG - CEP 30.130-100
Fone: (031) 3409.9641/ 3248.9640
E-mail: cpg@medicina.ufmg.br



Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas

Resolução nº01/2015, de 26 de março de 2015.

Regulamenta o formato de dissertações do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas da Faculdade de Medicina da UFMG

O Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas, no uso de suas atribuições, e considerando a necessidade de regulamentar o formato das dissertações do Programa.

RESOLVE:

Art. 1º A dissertação de mestrado poderá ser elaborada no formato convencional e no formato de artigo.

Parágrafo único - O formato de artigo é considerado preferencial pelo colegiado do Programa.

Art. 2º O Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da dissertação no formato de artigo:

1. Capa
2. Folha de Rosto
3. Folha da Instituição
4. Declaração de Defesa
5. Resumo da dissertação/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
6. Abstract/Keywords
7. Sumário
8. Introdução ou considerações iniciais: duas a três paginas com breve fundamentação teórica e/ou contextualização do tema cujos resultados serão apresentados sob formato de artigo ou artigos;
9. Objetivos: redigido da forma convencional (uma ou duas páginas);
10. Métodos: redigido da forma convencional e detalhado (se necessário);
11. Resultados e discussão: sob a forma de artigo ou artigos;
12. Conclusão ou considerações finais: até cinco paginas.
13. Anexos/Apêndices

Art. 3º O Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas propõe o seguinte roteiro para elaboração da dissertação no formato convencional:

1. Capa



2. Folha de Rosto
3. Folha da Instituição
4. Declaração de Defesa
5. Resumo da dissertação/Descritores (1300 palavras/3 a 5 descritores)
6. Abstract/Keywords
7. Sumário
8. Introdução;
9. Revisão da literatura;
10. Objetivos;
11. Métodos;
12. Resultados;
13. Discussão;
14. Conclusão;
15. Referências bibliográficas;
16. Anexos/Apêndices.

Art. 4º - Outros aspectos de formatação:

1. Referências bibliográficas: serão apresentadas após cada sessão da dissertação de acordo com as normas de Vancouver e conforme as recomendações específicas de cada periódico para os quais os artigos serão submetidos. 2. A dissertação de mestrado poderá conter os textos escritos na língua inglesa, de acordo com esta resolução.

Art. 5º. Os casos omissos e especiais serão decididos pelo Colegiado de Pós-Graduação.

Art. 6º. Esta Resolução entra em vigor na data de sua aprovação.

Ficam revogadas todas as disposições em contrário, em especial a Resolução 01/2014.

Resolução aprovada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em
Ciências Fonoaudiológicas em 26/03/2015.

Resolução aprovada pela Câmara de Pós-Graduação em 28/04/2015

Profa. Ana Cristina Côrtes Gama
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Ciências Fonoaudiológicas

Página 2 de 2

ANEXO 2 – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG




UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE 83652117.6.0000.5149

**Interessado(a): Profa. Andrea Rodrigues Motta
Depto. Fonoaudiologia
Faculdade de Medicina- UFMG**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 21 de março de 2018, o projeto de pesquisa intitulado “ **Efeito do laser de baixa potência no desempenho do músculo orbicular da boca**” bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.


Profa. Dra. Vivian Resende
Coordenadora do COEP-UFMG

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Por meio deste termo, queremos convidar você para participar de uma pesquisa cujo objetivo é verificar os efeitos imediatos do uso de uma luz LASER sobre a força do lábio.

Caso você aceite participar deste estudo, primeiramente, será realizada uma avaliação clínica. Nessa etapa você será solicitado a manter os lábios fechados e as pesquisadoras utilizarão um equipamento milimetrado, parecido com uma régua, para obter algumas medidas do seu rosto. Em seguida, serão colados dois eletrodos no lábio superior, dois no lábio inferior e um eletrodo próximo à região entre as sobrancelhas. Esses eletrodos são parecidos com aqueles utilizados em eletrocardiograma e são usados para captação dos sinais elétricos emitidos pelo músculo. Esse procedimento é indolor, não provocando choque e nenhum estímulo de contração para a musculatura.

Após a colocação dos eletrodos, será solicitado que você realize o movimento de bico com os lábios protruídos. Primeiramente, após o comando das pesquisadoras você deverá executá-lo com a maior força que conseguir por 05 segundos.

Após essa avaliação inicial, será feita a aplicação do LASER de baixa intensidade. Essa aplicação é indolor, feita com leve contato do equipamento sobre a pele. Os participantes serão divididos em grupos, aleatoriamente, de modo que você não saberá a qual grupo pertencerá. De acordo com o seu grupo, você está sujeito a receber apenas a irradiação do LASER vermelho, apenas o LASER infravermelho, LASER vermelho e infravermelho ao mesmo tempo ou será submetido à aplicação de um placebo. Nesse caso, o equipamento será ligado, porém não será acionado, de modo que será feito o contato com sua pele, porém sem irradiação da energia. Caso você seja sorteado para o grupo controle, você realizará os outros procedimentos, porém não será submetido a nenhuma aplicação de LASER. Caso se sinta desconfortável, comunique à pesquisadora que iremos interromper o procedimento a qualquer momento.

Durante todo o tempo de manuseio do equipamento de LASER, mesmo no grupo placebo, você deverá permanecer com os óculos de proteção, que são semelhantes a óculos escuros e serão fornecidos pelas pesquisadoras. Após essa etapa de aplicação do LASER, serão repetidos os procedimentos de pressionar o bulbo seguindo-se as mesmas etapas realizadas antes da irradiação.

Sua participação nesta pesquisa não lhe trará qualquer benefício direto, mas proporcionará aos profissionais um maior conhecimento a respeito da reabilitação da força do lábio melhorando, assim, a atuação terapêutica na área de Fonoaudiologia. O procedimento pode acarretar uma leve e passageira sensação de cansaço no lábio, e para diminuir esse risco o tempo de realização dos testes será cuidadosamente monitorado durante a execução da pesquisa. É garantida a indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

O(a) Sr(a) não pagará nem receberá qualquer valor financeiro ou compensações pessoais pela sua participação na pesquisa em questão. O(a) senhor(a) não terá gastos com sua participação, pois esta será realizada no mesmo local em que você estuda/trabalha e em horário próximo ao horário da /aula/serviço, sem prejuízo às atividades acadêmicas e/ou laborais. Os dados coletados serão utilizados somente para pesquisa, com publicação dos resultados em revistas e eventos científicos, não sendo divulgada a identificação de qualquer um dos participantes.

O(a) Sr(a) tem direito de se manter informado sobre os resultados parciais da pesquisa, e tem a garantia de acesso a esclarecimentos de eventuais dúvidas em qualquer etapa do estudo. Também é garantida a liberdade da retirada do consentimento, caso deseje desistir da pesquisa a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Caso queira desistir ou obter mais informações sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores pelos telefones 34099791 (Andréa Rodrigues Motta), 992034567 (Vanessa Mouffron) ou pelo endereço: Avenida Alfredo Balena, 190, Santa Efigênia – BH-MG. CEP: 30130-100. Em caso de dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o

Comitê de ética em pesquisa da UFMG, situado à Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II - 2º Andar - Sala 2005 - Cep:31270-901 - BH-MG, telefone (031) 3409-4592 - e-mail: coep@prpq.ufmg.br.

Belo Horizonte, _____ de _____ 2017

Nome do participante: _____

Assinatura do participante: _____

Pesquisadores responsáveis:

Andréa Rodrigues Motta

Vanessa Mouffron Novaes Alves



ATA DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DA ALUNA
VANESSA MOUFFRON NOVAES ALVES

Realizou-se, no dia 25 de fevereiro de 2019, às 13:00 horas, sala 526, 5º andar da Faculdade de Medicina, da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de dissertação, intitulada **EFEITOS IMEDIATOS DA FOTBIOMODULAÇÃO COM LASER DE BAIXA INTENSIDADE SOBRE O ORBICULAR DA BOCA**, apresentada por **VANESSA MOUFFRON NOVAES ALVES**, número de registro 2017655931, graduada no curso de FONOAUDIOLOGIA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS FONOAUDIOLÓGICAS, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Andréa Rodrigues Motta - Orientador (UFMG), Prof(a). Renata Maria Moreira Moraes Furlan (Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix), Prof(a). Hilton Justino da Silva (UFPE), Prof(a). Tatiana Vargas de Castro Perilo (Mame Bem).

A Comissão considerou a dissertação:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 25 de fevereiro de 2019.

Prof(a). Andréa Rodrigues Motta (Doutora)

Prof(a). Renata Maria Moreira Moraes Furlan (Doutor)

Prof(a). Hilton Justino da Silva (Doutor)

Prof(a). Tatiana Vargas de Castro Perilo (Doutora)