

Mariana Rodrigues Batista¹ 

Ludmila Andrade Estrela² 

Vanessa Mouffron Novaes Alves¹ 

Andréa Rodrigues Motta³ 

Renata Maria Moreira Moraes Furlan³ 

Efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser de baixa intensidade e comprimentos de onda vermelho (660 nm) e infravermelho (808 nm) na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca: estudo clínico randomizado

Immediate effects of red (660 nm) and infrared (808 nm) photobiomodulation therapy on fatigue of the orbicularis oris muscle: a randomized clinical study

Descritores

Terapia com Luz de Baixa Intensidade
Força Muscular
Lábio
Sistema Estomatognático
Fadiga Muscular

Keywords

Low-Level Light Therapy
Muscle Strength
Lip
Stomatognathic System
Muscle Fatigue

Endereço para correspondência:

Renata Maria Moreira Moraes Furlan
Departamento de Fonoaudiologia,
Faculdade de Medicina, Universidade
Federal de Minas Gerais – UFMG
Av. Alfredo Balena, 190, Santa
Efigênia, Belo Horizonte, MG, Brasil,
CEP: 30130-100.
E-mail: renatamfurlan@gmail.com

Recebido em: Novembro. 20, 2020

Aceito em: Fevereiro. 28, 2021

RESUMO

Objetivo: comparar os efeitos imediatos da fotobiomodulação com laser nos comprimentos de onda 660 nm e 808 nm na fadiga do músculo orbicular da boca. **Métodos:** trata-se de um estudo experimental randomizado, com 60 mulheres, com idade entre 19 e 43 anos. As participantes foram divididas em quatro grupos. O grupo GV recebeu irradiação com laser de comprimento de onda de 660 nm em quatro pontos do orbicular da boca; o grupo GIV recebeu irradiação com laser de comprimento de onda de 808 nm nos mesmos pontos; o grupo controle não recebeu irradiação e o grupo placebo passou pelos mesmos procedimentos dos grupos GV e GIV, porém o equipamento não foi acionado. A irradiação foi realizada com laser de 100 mW de potência, 4 J de energia por ponto e 133,3 J/cm² de fluência. Avaliação eletromiográfica foi realizada antes e após a irradiação, concomitantemente ao exercício de protrusão labial sustentada até a sensação de fadiga. O índice de fadiga eletromiográfica foi calculado a partir da frequência mediana. A amplitude do sinal foi avaliada, examinando o RMS, e os valores normalizados pelo pico. A diferença na amplitude entre lábios superiores e inferiores também foi analisada. Todas as variáveis foram comparadas antes e após a irradiação. **Resultados:** não foram encontradas diferenças significativas nas medidas antes e após a irradiação. **Conclusão:** a fotobiomodulação, com os parâmetros investigados neste estudo, não resultou em efeitos imediatos sobre a fadiga do músculo orbicular da boca.

ABSTRACT

Purpose: To compare the immediate effects of laser photobiomodulation at wavelengths of 660 nm and 808 nm on fatigue of the orbicularis oris. **Methods:** This is a randomized study with 60 women aged between 19 and 43 years. The participants were divided into four groups. Group RG received photobiomodulation with a laser wavelength of 660 nm at four points of the orbicularis oris; group IRG received photobiomodulation with a laser wavelength of 808 nm at the same points; the control group did not receive light treatment; and the placebo group underwent the same procedures as RG and IRG but with the equipment switched off. The irradiation was performed with a laser of 100 mW of power, 4 J of energy per point and 133.3 J/cm² of fluency. An electromyography evaluation was performed before and after the irradiation, concomitantly with the exercise of lip protrusion maintained until the sensation of fatigue. Fatigue was evaluated by a median frequency using the electromyographic fatigue index. The amplitude of the signal was evaluated, examining the root mean square, and the values were normalized by the peak. The difference in amplitude between the upper and lower lips was also analyzed. All variables were compared before and after irradiation. **Results:** No significant difference was found between the measures taken before and after irradiation. **Conclusion:** Photobiomodulation with the parameters investigated in this study had no immediate effect on orbicular oris fatigue.

Trabalho realizado no Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix - Belo Horizonte (MG), Brasil.

¹ Programa de pós-graduação em Ciências Fonoaudiológicas, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

² Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix – CEUMIH - Belo Horizonte (MG), Brasil.

³ Departamento de Fonoaudiologia, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Belo Horizonte (MG), Brasil.

Fonte de financiamento: nada a declarar.

Conflito de interesses: nada a declarar.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

INTRODUÇÃO

O músculo orbicular da boca está envolvido ativamente em importantes funções como fala, respiração, mastigação, deglutição e mímica facial⁽¹⁾. Algumas condições clínicas, tais como respiração oral, paralisia facial e hábitos orais deletérios, podem enfraquecer o músculo orbicular da boca, causando alteração na postura habitual dos lábios⁽²⁻⁴⁾ e prejuízo para as funções orofaciais. Em alguns indivíduos, a incompetência labial influencia a posição dos dentes incisivos, gerando movimentação dentária⁽⁴⁾. Sendo assim, quando a fraqueza labial é detectada, exercícios para fortalecimento do músculo orbicular da boca por meio da terapia miofuncional fazem-se necessários⁽²⁾.

A terapia miofuncional auxilia o paciente a alcançar mudanças musculares e funcionais, por meio de exercícios para modificação da condição muscular (miotterapia) e do trabalho direcionado para as funções que precisam ser corrigidas⁽²⁾. O sucesso da terapia depende do conhecimento do terapeuta em relação às capacidades individuais e limitações do tratamento⁽⁵⁾.

Uma dessas limitações, a fadiga muscular, refere-se à incapacidade do músculo para manter um nível de força esperado durante um determinado período de tempo^(6,7). Isso ocorre devido à alta concentração de alguns substratos no interior das células musculares, tais como ácido lático, que interfere no pH intracelular, dificultando a condução dos potenciais de ação essenciais para a ativação muscular. É considerada um mecanismo de defesa natural do músculo, acionado antes que ocorram danos a níveis celulares e orgânicos. A sustentação de exercícios musculares pode acarretar dores, desconforto e interferência no desempenho motor, causando uma diminuição no tempo funcional da terapia⁽⁷⁾.

Um método objetivo que possibilita a investigação da fadiga muscular é a eletromiografia de superfície (EMG). A EMG permite avaliar o número de unidades motoras ativadas, por meio da amplitude do sinal, e a frequência de disparo dos neurônios motores, pela análise da frequência mediana (FM). No processo de fadiga muscular, ocorre o aumento do número de unidades motoras ativadas e diminuição da frequência de disparo dos neurônios motores, resultando em uma maior amplitude e menor FM, respectivamente⁽⁸⁾.

A literatura indica que a terapia por fotobiomodulação (TFBM) pode retardar a fadiga muscular durante contração máxima e submáxima⁽⁹⁻¹¹⁾. Os benefícios da terapia por fotobiomodulação para o tecido muscular incluem, ainda, melhor desempenho muscular, maior ganho de força e relaxamento da musculatura⁽¹²⁻¹⁴⁾. Durante o exercício, as células sintetizam grande quantidade de adenosina trifosfato (ATP), em velocidade acelerada, para suprir as necessidades energéticas e evitar a fadiga⁽¹⁵⁾. O laser aumenta o aporte de ATP, por isso é capaz de aumentar o tempo funcional do exercício muscular, retardando assim a fadiga.

Alguns estudos avaliaram os efeitos da terapia por fotobiomodulação, usando laser com comprimento de onda infravermelho, no desempenho muscular e verificaram retardo/diminuição da fadiga muscular⁽¹³⁾. Um estudo⁽¹⁰⁾ encontrou aumento da resistência à fadiga muscular do quadríceps femoral de homens saudáveis quando irradiados com laser com comprimento de onda de 808 nm, aplicado durante intervalos entre séries de exercícios e após a última série. Outro estudo⁽⁹⁾ verificou diminuição no índice de fadiga do quadríceps femoral de

mulheres saudáveis que treinaram por nove semanas consecutivas. Nesse caso, um laser de comprimento de onda de 808 nm foi aplicado imediatamente após cada sessão de treinamento⁽⁹⁾. A terapia por fotobiomodulação, com laser com comprimento de onda de 808 nm, antes do exercício, provocou diminuição significativa do índice de fadiga dinamométrica dos músculos flexores plantares em adultos saudáveis quando comparados aos grupos controle e placebo⁽¹⁶⁾. O mesmo laser, aplicado imediatamente antes do exercício, reduziu a fadiga muscular do músculo reto femoral em mulheres idosas⁽¹¹⁾. No entanto, não foram encontrados estudos que comprovassem a influência da terapia por fotobiomodulação no desempenho dos lábios. Se comprovado o efeito benéfico da fotobiomodulação no desempenho do músculo orbicular da boca, esta modalidade terapêutica poderá ser utilizada na terapia miofuncional orofacial, para otimizar o processo terapêutico.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da fotobiomodulação com laser nos comprimentos de onda de 660 nm (vermelho) e 808 nm (infravermelho) no desempenho do músculo orbicular da boca em tarefa de contração sustentada. A hipótese levantada foi que a irradiação com laser com comprimento de onda de 808 nm seria mais efetiva, visto que apresenta maior profundidade de penetração no tecido⁽¹⁷⁾.

MÉTODO

Trata-se de um estudo experimental, randomizado, triplo-cego, realizado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (sob o número CAAE 03142818.9.0000.5096) do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Todos os procedimentos realizados nesta pesquisa estão de acordo com padrões éticos do Comitê de Ética em Pesquisa da instituição e com a Declaração de Helsinki de 1964 e suas emendas. Todos os indivíduos envolvidos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi registrado em ensaios clínicos.gov.br (RBR-32RP22).

Amostra

A amostra foi composta por 60 mulheres saudáveis, com média de idade de 25 anos, idade mínima de 19 anos, máxima de 43 anos e desvio-padrão de 5,9. As participantes foram alocadas de forma randomizada em quatro grupos, com 15 participantes cada, da seguinte forma:

- Grupo 1 (GV): foi submetido à irradiação com *laser* de baixa intensidade e comprimento de onda de 660 nm (vermelho);
- Grupo 2 (GIV): foi submetido à irradiação com *laser* de baixa intensidade e comprimento de onda de 808 nm; (infravermelho);
- Grupo Controle (GC): não foi submetido à irradiação com *laser* de baixa intensidade;
- Grupo Placebo (GP): foi submetido ao mesmo procedimento do GV e GIV, porém, o equipamento não foi acionado.

Foram incluídas na amostra, mulheres com idade entre 18 e 60 anos. Constituíram os critérios de exclusão: possuir anomalia craniofacial, doença com comprometimento

neuromuscular, uso regular de medicamentos miorrelaxantes e/ou anti-inflamatórios, apresentar contraindicações para a fototerapia, sendo 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⁽¹⁸⁾.

Avaliação eletromiográfica

Cada participante foi instruída a permanecer sentada em uma cadeira, com ângulo de 90° entre quadril, joelhos e tornozelos, postura ereta, guiada pelo Plano de Frankfurt. Foi realizada a limpeza da pele da participante, utilizando gaze embebida em álcool 70% nos locais em que seriam colocados os eletrodos para a avaliação eletromiográfica: sobre a pele acima do músculo orbicular da boca, sendo um par na porção superior e outro par na porção inferior. O eletrodo referência (terra) foi posicionado no osso do punho. A avaliação eletromiográfica foi realizada concomitantemente ao exercício isométrico de protrusão labial sustentada até a participante ter a sensação de fadiga, comumente caracterizada como ligeiro ardor, formigamento, dor e/ou incapacidade de manter a contração, sendo que a participante foi orientada a sinalizar imediatamente este momento ao pesquisador.

O registro do sinal elétrico muscular foi realizado utilizando o equipamento da marca Miotec®, modelo New Miotool Face, com dois canais de entrada, resolução de 16 bits, isolamento de segurança de 3000 V, capacidade de aquisição máxima de 3000 amostras por segundo, filtros passa alta de 20 Hz e passa baixa de 500 Hz. O software Miotec Suite foi utilizado para coleta e análise dos dados em um notebook que não estava conectado à rede elétrica. Para captação dos dados foram utilizados sensores superficiais circulares, do tipo double, de material Ag/AgCl, com gel condutor fixo, sendo a marca Miotec®. Os eletrodos apresentavam diâmetro de 10 mm e a distância entre os eletrodos era fixa de 20 mm. O ganho do equipamento era automático. A impedância de entrada era de 10 GΩ e a taxa de rejeição de modo comum >100 dB.

Para análise do sinal, os primeiros segundos anteriores ao início da atividade muscular foram excluídos, considerando-se como início da atividade muscular o momento em que a amplitude do sinal elétrico ultrapassou a média acrescida de dois desvios padrão do sinal obtido em repouso⁽⁸⁾. A partir do início da atividade, foram desconsiderados os 0,5 s iniciais a fim de homogeneizar os trechos analisados. O sinal foi dividido em trechos de 5 s, sendo analisados, no domínio da FM (por transformada rápida de Fourier): os primeiros 5 segundos (F5), os últimos 5 segundos (L5) e o último trecho de 5 segundos com duração comum aos dois sinais (C5). Uma vez que, o sinal elétrico dos lábios foi obtido antes e após a TFBM, tendo diferentes durações, este último parâmetro foi necessário para garantir que a comparação de sinais antes e após a aplicação do *laser* fosse realizada após o mesmo tempo de contração muscular, como ilustrado na Figura 1.

Também foram analisados os valores de amplitude do sinal elétrico em RMS e normalizados pelo pico do sinal, comparando-se os momentos pré e pós *laser*. A diferença de amplitude do sinal entre os lábios superior e inferior foi obtida para a investigação de uma possível mudança no equilíbrio muscular. Por fim, calculou-se o índice de fadiga eletromiográfica (IFE), por meio da divisão entre os valores da FM final pela inicial.

As seguintes variáveis foram comparadas entre os momentos anterior e posterior à TFBM: (a) o IFE calculado usando a fórmula $IFE=L5/F5^{(11,16)}$; (b) o IFE calculado usando a fórmula $IFE=C5/F5$; (c) os valores de amplitude RMS do sinal, em μV ; (d) a amplitude normalizada pelo pico; e (e) a diferença da amplitude do sinal elétrico entre lábios superior e inferior.

Aplicação do *laser* de baixa intensidade

Após a avaliação eletromiográfica inicial, foi realizada a irradiação com *laser* de baixa intensidade, utilizando equipamento da marca MMOptics® (São Carlos – SP, Brasil). Os parâmetros de irradiação utilizados estão descritos no Quadro 1. Antes de

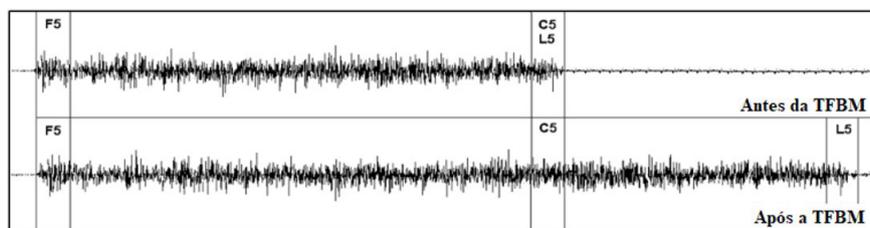


Figura 1. Desenho esquemático do sinal eletromiográfico e dos trechos analisados. F5 = primeiro trecho de 5 s; L5 = último trecho de 5 s; C5 = último trecho de 5 s comum aos dois sinais

Quadro 1. Parâmetros do *laser*

Parâmetros de irradiação	Valores
Comprimento de onda	660 nm (vermelho) ou 808 nm (infravermelho)
Modo de operação	contínuo
Potência	100 mW
Diâmetro do spot de saída	1,95 mm
Área do spot de saída	0,03 cm ²
Densidade de potência	3,3 W/cm ²
Energia por ponto	4 J
Densidade de energia (fluência) por ponto	133,3 J/cm ²
Tempo de aplicação por ponto	40 s
Número de pontos	4
Energia total	16 J
Modo de aplicação	Modo estacionário com contato

iniciar os experimentos, o equipamento de *laser* foi calibrado pelo fabricante.

O *laser* foi aplicado em quatro pontos no músculo orbicular da boca: dois pontos no lábio superior e dois pontos no lábio inferior (Figura 2). A dose foi de 4 J por ponto, resultando em dose total de 8 J no lábio superior e 8 J no inferior. No GP, o equipamento foi posicionado nos mesmos pontos que os grupos experimentais, sendo ligado para emitir som, mas não foi acionado. O GC não recebeu TFBM, porém foi respeitado o mesmo intervalo de tempo entre a irradiação e a avaliação eletromiográfica despendido nos demais grupos.

Em todos os grupos, a irradiação foi feita encostando a ponteira do equipamento sobre a pele do participante. O aparelho foi higienizado com álcool 70%, antes de cada aplicação e a ponta encapada com um filme plástico transparente, sendo este trocado a cada participante. Durante o procedimento de irradiação, tanto

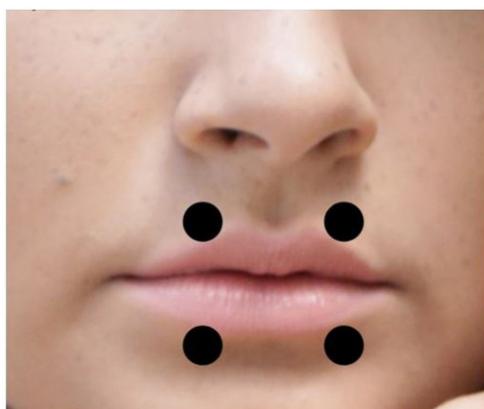


Figura 2. Pontos de aplicação do *laser*

os pesquisadores quanto as participantes utilizaram óculos de proteção fornecidos pelo fabricante do equipamento.

O pesquisador que aplicou o *laser* não foi o mesmo que realizou a avaliação eletromiográfica. Este último não soube de qual grupo o indivíduo participava. O participante não sabia de qual grupo ele fazia parte e a análise dos sinais elétricos foi realizada por um terceiro pesquisador, que também não sabia a qual grupo cada participante pertencia e nem se o sinal analisado referia-se à coleta anterior ou posterior à irradiação.

Após a irradiação, aos participantes foi concedido um período de descanso de cinco minutos, após o qual, os procedimentos de avaliação eletromiográfica foram repetidos.

Análise dos dados

Aplicou-se o teste estatístico Kolmogorov-Smirnov com a finalidade de avaliar a distribuição das variáveis do estudo. As variáveis não apresentaram distribuição normal e por isso as análises foram feitas por meio de testes não paramétricos. Para comparação das idades entre os grupos utilizou-se o teste Kruskal-Wallis. Para comparação das variáveis antes e após a intervenção do *laser* utilizou-se o teste Wilcoxon. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Os resultados indicaram ausência de diferença com relevância estatística ao comparar os grupos quanto à idade (Tabela 1).

A análise comparativa dos índices de fadiga eletromiográfica antes e depois da TFBM não indicou diferença estatisticamente significativa nos lábios superior e inferior em nenhum dos grupos (Tabela 2).

Tabela 1. Comparação da idade dos participantes entre os grupos

Grupo		Idade	Valor de p*
GC (n=15)	Média	25,4	0,254
	DP	7,1	
	Mediana	22,0	
	Mínimo	19,0	
	Máximo	42,0	
GV (n=15)	Média	23,4	
	DP	4,4	
	Mediana	22,0	
	Mínimo	19,0	
	Máximo	35,0	
GIV (n=15)	Média	26,8	
	DP	7,3	
	Mediana	25,0	
	Mínimo	19,0	
	Máximo	43,0	
GP (n=15)	Média	24,5	
	DP	3,9	
	Mediana	23,0	
	Mínimo	20,0	
	Máximo	34,0	

*Teste Kruskal-Wallis

Legenda: GC = grupo controle; GV = grupo irradiado com *laser* vermelho; GIV = grupo irradiado com *laser* infravermelho; GP = grupo placebo; DP = desvio padrão; n = número de indivíduos.

A média dos valores de RMS e os valores normalizados pelo pico também não mostraram diferença estatisticamente significativa quando comparados antes e depois da TFBM (Tabela 3).

Também, não foram encontradas diferenças com relevância estatística na análise da comparação entre os lábios superior e inferior antes e após a TFBM (Tabela 4).

Tabela 2. Comparação do índice de fadiga eletromiográfica antes e após a fotobiomodulação

Local do eletrodo			IFE (C5/F5)		Antes x Após Valor de p*	IFE (L5/F5)		Antes x Após Valor de p*
			Antes da TFBM	Após a TFBM		Antes da TFBM	Após a TFBM	
Lábio superior	GC (n=15)	Média	0,88	0,89	1,000	0,88	0,87	0,865
		DP	0,10	0,04		0,09	0,05	
		Mediana	0,87	0,91		0,86	0,87	
		Mínimo	0,69	0,82		0,75	0,77	
	GV (n=15)	Média	0,87	0,83	0,363	1,08	0,98	0,532
		DP	0,17	0,09		0,85	0,82	
		Mediana	0,89	0,83		0,16	0,10	
		Mínimo	0,35	0,66		0,35	0,66	
	GIV (n=15)	Média	1,14	0,98	0,140	1,05	0,99	0,609
		DP	0,88	0,86		0,87	0,87	
		Mediana	0,05	0,05		0,06	0,06	
		Mínimo	0,89	0,85		0,86	0,85	
GP (n=15)	Média	0,75	0,78	0,460	0,75	0,78	0,334	
	DP	0,95	0,99		0,98	0,97		
	Mediana	0,89	0,90		0,90	0,87		
	Mínimo	0,08	0,09		0,08	0,08		
Lábio inferior	GC (n=15)	Média	0,87	0,88	0,363	0,91	0,88	0,609
		DP	0,91	0,98		0,90	0,90	
		Mediana	0,16	0,31		0,16	0,18	
		Mínimo	0,89	0,88		0,88	0,86	
	GV (n=15)	Média	0,63	0,72	0,691	0,62	0,72	0,955
		DP	1,28	1,88		1,28	1,52	
		Mediana	0,85	0,93		0,85	0,92	
		Mínimo	0,13	0,25		0,12	0,26	
	GIV (n=15)	Média	0,86	0,88	0,053	0,84	0,88	0,064
		DP	0,64	0,73		0,65	0,71	
		Mediana	1,09	1,80		1,09	1,80	
		Mínimo	0,94	0,84		0,94	0,84	
GP (n=15)	Média	0,25	0,06	0,570	0,26	0,07	0,281	
	DP	0,91	0,83		0,90	0,82		
	Mediana	0,53	0,76		0,71	0,76		
	Mínimo	1,74	1,03		1,82	1,02		
	Média	0,92	0,86		0,92	0,83		
	DP	0,21	0,09		0,21	0,10		
	Mediana	0,88	0,86		0,87	0,86		
	Mínimo	0,74	0,74		0,74	0,63		
		Máximo	1,59	1,03		1,59	0,99	

*Teste Wilcoxon

Legenda: GC = grupo controle; GV = grupo irradiado com laser vermelho; GIV = grupo irradiado com laser infravermelho; GP = grupo placebo; IFE = índice de fadiga eletromiográfica; TFBM = terapia por fotobiomodulação; DP = desvio padrão; n = número de indivíduos.

Tabela 3. Comparação da média RMS e os valores de amplitude normalizados pelo pico antes e após fotobiomodulação

Local do eletrodo			Média (RMS)		Antes x Após Valor de p*	Valores normalizados pelo pico (%)		Antes x Após Valor de p*
			Antes da TFBM	Após a TFBM		Antes da TFBM	Após a TFBM	
Lábio superior	GC (n=15)	Média	110,10	107,64	0,532	68,94	68,14	0,910
		DP	36,57	52,69		9,53	10,19	
		Mediana	101,94	109,84		69,71	70,64	
		Mínimo	53,92	27,93		51,01	47,96	
	GV (n=15)	Média	176,21	199,43	0,733	82,74	84,24	0,470
		DP	145,61	138,21		67,94	65,25	
		Mediana	87,17	67,60		6,56	7,90	
		Mínimo	134,85	116,60		67,25	66,20	
	Média	25,46	37,67		55,44	44,74		
	DP	309,66	263,43		77,02	75,54		
	Mediana							
	Mínimo							

*Teste Wilcoxon

Legenda: RMS = Root Mean Square; GC = grupo controle; GV = grupo irradiado com laser vermelho; GIV = grupo irradiado com laser infravermelho; GP = grupo placebo; TFBM = terapia por fotobiomodulação; DP = desvio padrão; n = número de indivíduos.

Tabela 3. Continuação...

Local do eletrodo		Média (RMS)			Valores normalizados pelo pico (%)		
		Antes da TFBM	Após a TFBM	Antes x Após Valor de p*	Antes da TFBM	Após a TFBM	Antes x Após Valor de p*
GIV (n=15)	Média	119,80	120,23	0,955	66,05	66,63	0,865
	DP	49,98	47,55		10,11	5,25	
	Mediana	111,86	133,43		67,90	64,96	
	Mínimo	43,21	41,59		45,23	60,07	
	Máximo	195,68	209,90		82,26	75,40	
GP (n=15)	Média	117,93	115,53	0,496	67,12	64,97	0,394
	DP	79,11	67,10		7,38	9,32	
	Mediana	118,17	122,36		68,19	67,08	
	Mínimo	26,62	21,78		53,07	42,12	
	Máximo	308,36	221,91		77,55	75,51	
Lábio inferior GC (n=15)	Média	212,51	229,46	0,281	66,58	68,11	0,865
	DP	76,01	66,10		12,02	8,38	
	Mediana	205,19	235,74		70,32	68,42	
	Mínimo	105,24	111,49		31,16	51,11	
	Máximo	364,98	329,42		76,09	80,26	
GV (n=15)	Média	279,60	269,90	0,701	67,51	66,65	0,638
	DP	131,33	109,33		12,57	8,46	
	Mediana	309,45	238,77		70,98	66,46	
	Mínimo	93,43	117,86		32,64	44,65	
	Máximo	466,10	463,74		78,30	81,33	
GIV (n=15)	Média	196,12	226,80	0,233	71,40	63,30	0,820
	DP	79,87	91,51		39,17	17,01	
	Mediana	213,34	214,28		64,18	66,97	
	Mínimo	56,58	99,28		18,24	13,30	
	Máximo	321,14	473,99		202,54	79,78	
GP (n=15)	Média	217,92	212,57	0,650	63,96	65,94	0,865
	DP	132,07	105,65		14,00	7,52	
	Mediana	158,68	218,37		69,50	66,79	
	Mínimo	35,74	64,26		25,26	53,64	
	Máximo	452,33	386,26		78,98	81,62	

*Teste Wilcoxon

Legenda: RMS = Root Mean Square; GC = grupo controle; GV = grupo irradiado com laser vermelho; GIV = grupo irradiado com laser infravermelho; GP = grupo placebo; TFBM = terapia por fotobiomodulação; DP = desvio padrão; n = número de indivíduos.

Tabela 4. Diferença entre a amplitude dos lábios inferior e superior antes e após fotobiomodulação

Local do eletrodo		Diferença entre lábios superior e inferior (RMS)		Valor de p*
		Antes da TFBM	Após a TFBM	
GC (n=15)	Média	113,71	124,45	0,394
	DP	69,56	70,33	
	Mediana	99,58	123,57	
	Mínimo	3,91	3,92	
	Máximo	227,76	210,03	
GV (n=15)	Média	148,39	131,68	0,173
	DP	81,71	70,81	
	Mediana	156,60	121,37	
	Mínimo	10,86	16,70	
	Máximo	313,73	254,37	
GIV (n=15)	Média	82,00	111,68	0,307
	DP	56,00	97,40	
	Mediana	94,19	88,46	
	Mínimo	0,45	17,88	
	Máximo	174,05	399,86	
GP (n=15)	Média	127,05	114,93	0,532
	DP	85,15	61,43	
	Mediana	114,49	92,06	
	Mínimo	5,56	24,49	
	Máximo	302,20	202,00	

*Teste Wilcoxon

Legenda: RMS = Root Mean Square; GC = grupo controle; GV = grupo irradiado com laser vermelho; GIV = grupo irradiado com laser infravermelho; GP = grupo placebo; TFBM = terapia por fotobiomodulação; DP = desvio padrão; n = número de indivíduos.

DISCUSSÃO

No presente estudo, não foram observados efeitos imediatos da TFBM na fadiga eletromiográfica do músculo orbicular da boca. Até o momento, não foram encontrados outros estudos que avaliaram os efeitos da fotobiomodulação nessa musculatura.

A variável sexo dos participantes poderia ter influenciado as demais variáveis desse estudo, uma vez que homens usualmente possuem maior força de lábios do que mulheres^(19,20). Portanto, optou-se por incluir na amostra somente participantes do sexo feminino. A análise estatística demonstrou que os grupos testados foram homogêneos em relação à idade, fato relevante, pois a força de lábios também sofre influência da idade⁽²¹⁾. A dose de 4 J foi escolhida baseada em outros estudos que investigaram os efeitos da TFBM no desempenho de diferentes músculos^(10,22).

de Almeida et al.⁽²³⁾ pesquisaram os efeitos do *laser* vermelho (660 nm) e infravermelho (830 nm) no desempenho do músculo bíceps braquial e verificaram que ambos os comprimentos exerceram efeitos positivos. Contudo, somente o *laser* infravermelho influenciou a fadiga. De acordo com os autores, essa diferença resulta do maior alcance de penetração do *laser* infravermelho, que é capaz de atingir fibras musculares mais profundas, enquanto o *laser* com comprimento de onda vermelho atua mais superficialmente⁽²³⁾. A penetração da luz aumenta, de acordo com o aumento do comprimento de onda do *laser*⁽¹⁷⁾. Por essa razão, o *laser* infravermelho é mais empregado em estudos de análise de desempenho muscular⁽¹³⁾. No entanto, como o músculo orbicular da boca é fino⁽²⁴⁾ e superficialmente localizado⁽¹⁾, considerou-se importante verificar os efeitos do *laser* vermelho, além do infravermelho, neste músculo.

A TFBM, com ambos os comprimentos de onda, não exerceu efeito nos parâmetros relacionados à amplitude do sinal eletromiográfico (RMS e amplitude normalizada), o que concorda com alguns estudos^(25,26). da Silva Alves et al.⁽²⁵⁾ não detectaram efeito do *laser* infravermelho (850 nm) sobre a amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos quadríceps e gastrocnêmio de homens jovens e dos Santos Maciel et al.⁽²⁶⁾ também não encontraram influência da irradiação com *laser* de 780 nm antes dos exercícios de força e resistência no RMS dos músculos tíbiais anteriores, medidos durante os exercícios. Muñoz et al.⁽²⁷⁾, contudo, observaram aumento na amplitude do sinal eletromiográfico após a irradiação com *laser* infravermelho (780 nm) no músculo masseter em homens saudáveis⁽²⁷⁾, usando uma dose de 0,8 J por ponto em 8 pontos irradiados. As diferenças nos parâmetros dosimétricos e músculos avaliados impossibilitam a comparação dos resultados entre as pesquisas.

A TFBM tem demonstrado resultados positivos na interação com tecidos biológicos, promovendo o aumento na produção de energia celular, devido principalmente à absorção de energia luminosa pelas mitocôndrias, estimulando, assim, a cadeia respiratória⁽¹¹⁾. Essa interação altera o potencial de redox do citoplasma e acelera o fluxo na cadeia de transporte de elétrons mitocondrial, aumentando a síntese de ATP⁽¹¹⁾, o que explica o melhor desempenho muscular verificado por alguns estudos após a TFBM^(23,28,29). Uma possível explicação para os nossos resultados, inclui o curto período de tempo entre a aplicação do *laser* e a coleta dos dados, sendo insuficiente para a luz interagir com o tecido. Outra explicação pode ser a existência de uma curva dose-resposta relatada nos parâmetros de irradiação.

A energia do *laser* aplicada no orbicular da boca pode não ter sido suficiente para melhorar a performance muscular.

No presente estudo a TFBM, independentemente do comprimento de onda, também não exerceu efeito na fadiga eletromiográfica. Esse achado está em consonância com o de alguns estudos^(29,30) e contrário a outros^(9,11,16). Higashi et al.⁽³⁰⁾ irradiaram o músculo bíceps braquial de mulheres jovens com *laser* de comprimento de onda de 808 nm antes do protocolo de fadiga e não verificaram efeito do *laser* na fadiga eletromiográfica, bem como Toma et al.⁽²⁹⁾ mostraram que TFBM com *laser* de 808 nm, aplicada após exercícios de força para quadríceps em pessoas idosas, não modificou o índice de fadiga eletromiográfica. Contudo, outro estudo⁽¹¹⁾ verificou que a TFBM (808 nm), realizada imediatamente antes de exercícios para o músculo reto femoral, reduziu significativamente o índice de fadiga eletromiográfica. de Brito Vieira et al.⁽⁹⁾ irradiaram o músculo quadríceps femoral entre e após os exercícios com *laser* de 808 nm, e, após dois dias da irradiação, os autores verificaram diminuição na fadiga eletromiográfica para o vasto medial e reto femoral comparado ao grupo placebo, o que sugere que há influência do tempo pós irradiação na diminuição da fadiga muscular.

de Souza et al.⁽¹⁶⁾ verificaram, por meio de dinamometria isocinética, que a TFBM (808 nm) antes do exercício reduziu a fadiga nos flexores plantares do tornozelo de indivíduos saudáveis, mas não alterou a frequência mediana da eletromiografia de superfície. Os autores sugerem que a fonte de ação primária de energia pode estar relacionada à produção de energia dentro das fibras musculares, ao invés da influência do recrutamento neuromuscular. O desenvolvimento da fadiga envolve vários fatores como mudança no recrutamento da unidade motora, diminuição do potencial elétrico de membrana e aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio e de espécies reativas de nitrogênio. A frequência mediana é considerada um bom parâmetro para análise eletromiográfica da fadiga neuromuscular⁽¹⁶⁾. Contudo, ela reflete a taxa de disparo dos potenciais de ação neuromusculares. A falta de diferença na frequência mediana verificada nesse estudo pode estar relacionada à falta de influência da TFBM no padrão de recrutamento neuromuscular.

Avaliou-se ainda, neste estudo, a diferença na amplitude do sinal entre o lábio inferior e superior, pois se pensou que poderia haver um efeito no equilíbrio entre os músculos após a TFBM, mas esse efeito não foi provado. Não foram encontrados estudos que tenham estudado esta variável para comparação.

Constituíram limitações do estudo o curto tempo de descanso entre os exercícios, e entre a irradiação e o exercício e a falta de controle das características anatômicas, como a espessura dos lábios, que poderiam possivelmente influenciar os resultados. Por esse motivo, as comparações foram feitas apenas intragrupo. Sugerem-se mais pesquisas com diferentes doses e que incluam indivíduos com alterações miofuncionais orofaciais, tais como respiradores orais.

CONCLUSÃO

Não foram encontradas diferenças na eletromiografia de superfície entre as medidas de frequência mediana e amplitude do sinal, realizadas antes e depois da irradiação do orbicular da boca com *laser* de baixa intensidade nos comprimentos de onda 660 nm e 830 nm. Portanto, a fotobiomodulação com os

parâmetros avaliados na presente pesquisa não resultou em efeitos imediatos sobre a fadiga no orbicular da boca.

REFERÊNCIAS

1. D'Andrea E, Barbaix E. Anatomic research on the perioral muscles, functional matrix of the maxillary and mandibular bones. *Surg Radiol Anat.* 2006;28(3):261-6. <http://dx.doi.org/10.1007/s00276-006-0095-y>. PMID:16547604.
2. Schievano D, Rontani RMP, Berzin F. Influence of myofunctional therapy on the perioral muscles. Clinical and electromyographic evaluations. *J Oral Rehabil.* 1999;26(7):564-9. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.1999.00410.x>. PMID:10445475.
3. Romão AM, Cabral C, Magni C. Early Speech Therapy Intervention in a patient with facial paralysis after otomastoiditis. *Rev CEFAC.* 2015;17(3):996-1003.
4. Valentim AF, Furlan RMMM, Amaral MS, Martins FG. Can orofacial structures affect tooth morphology? In: Akarlsan Z, Bourzgui F. *Human teeth – key skills and clinical illustrations.* London: IntechOpen; 2020. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.88807>.
5. Coutrin GC, Guedes LU, Motta AR. Treinamento muscular na face: a prática dos fonoaudiólogos de Belo Horizonte. *Rev Soc Bras Fonoaudiol.* 2008;13(2):127-35. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-80342008000200006>.
6. Solomon NP. What is orofacial fatigue and how does it affect function for swallowing and speech? *Semin Speech Lang.* 2006;27(4):268-82. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2006-955117>. PMID:17117353.
7. Busanello-Stella AR, Silva AMT, Corrêa E. Pesquisa da fadiga nos músculos faciais e mastigatórios: revisão de literatura. *Rev CEFAC.* 2014;16(5):1627-38. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216201427112>.
8. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13(2):135-63. <http://dx.doi.org/10.1123/jab.13.2.135>.
9. de Brito Vieira WH, Ferraresi C, de Andrade 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.* 2013;27(2):497-504. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-011-0984-0>. PMID:21870127.
10. de Brito Vieira WH, Bezerra RM, Queiroz RA, Maciel NF, Parizotto NA, Ferraresi C. Use of low-level lasertherapy (808 nm) to muscle fatigue resistance: a randomized double-blind crossover trial. *Photomed Laser Surg.* 2014;32(12):678-85. <http://dx.doi.org/10.1089/pho.2014.3812>. PMID:25496083.
11. 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(2):275-82. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-015-1858-7>. PMID:26714981.
12. Vanin A, Miranda E, Machado C, de 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-016-2015-7>. PMID:27371449.
13. Alves VNM, Furlan RMMM, Motta AR. Immediate effects of photobiomodulation with low-level laser therapy on muscle performance: an integrative literature review. *Rev CEFAC.* 2019;21(4):e130-19. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0216/201921412019>.
14. Leal-Junior EC, Vanin AA, Miranda EF, de Carvalho PT, 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-013-1465-4>. PMID:24249354.
15. Pazos MC. Noções de fotobiologia da interação radiação LASER com célula animal: indução da proliferação celular. In: Chavantes MC, editor. *LASER em Bio-medicina - Princípios e prática.* São Paulo: Atheneu; 2009. p. 73-99.
16. de Souza CG, Borges DT, de Brito Macedo L, 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-016-2074-9>. PMID:27638148.
17. Ash C, Dubec M, Donne K, Bashford T. Effect of wavelength and beam width on penetration in light-tissue interaction using computational methods. *Lasers Med Sci.* 2017;32(8):1909-18. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-017-2317-4>. PMID:28900751.
18. Navratil L, Kyplova J. Contraindications in noninvasive LASER therapy: truth and fiction. *J Clin Laser Med Surg.* 2002;20(6):341-3. <http://dx.doi.org/10.1089/104454702320901134>. PMID:12513921.
19. Ruan WH, Chen MD, Gu ZY, Lu Y, Su JM, Guo Q. Muscular forces exerted on the normal deciduous dentition. *Angle Orthod.* 2005;75(5):785-90. PMID:16279824.
20. González BG, Cantero LS, Basnueva BAA, Betancourt JD. Fuerza labial superior en niños. *Rev Habanera Cienc Méd.* 2004;3(8):1-5.
21. Di Fazio D, Lombardo L, Gracco A, D'Amico P, Siciliani G. Lip pressure at rest and during function in 2 groups of patients with different occlusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139(1):e1-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.02.030>. PMID:21195253.
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(6):1203-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-016-1965-0>. PMID:27250713.
23. de Almeida P, Lopes-Martins RA, De Marchi T, Tomazoni SS, Albertini R, Corrêa JC, 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(2):453-8. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-011-0957-3>. PMID:21814736.
24. Zhang WH, Chen YY, Liu JJ, Liao XH, Du YC, Gao Y. Application of ultrasound imaging of upper lip orbicular oris muscle. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(3):3391-400. PMID:26064229.
25. da Silva Alves MA, Pinfieldi CE, Nilsen L No, Lourenço RP, de Azevedo PH, 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(6):1945-51. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-014-1595-3>. PMID:24925070.
26. dos Santos Maciel T, 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-013-1481-4>. PMID:24288083.
27. Muñoz ISS, Hauck LA, Nicolau RA, Kelencz CA, Maciel TS, de Paula AR Jr. Effect of laser vs LED in the near infrared region on the skeletal muscle activity: clinical study. *Rev Bras Eng Bioméd.* 2013;29(3):262-8.
28. Leal ECP Jr, Nassar FR, Tomazoni SS, Bjordal 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.
29. Toma RL, Vassão PG, Assis L, Antunes HKM, Renno ACM. 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s10103-016-1967-y>. PMID:27250715.
30. Higashi RH, Toma RL, Tucci HT, Pedroni CR, Ferreira PD, Baldini G, et al. Effects of low-level laser therapy on biceps braquialis muscle fatigue in young women. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(12):586-94. <http://dx.doi.org/10.1089/pho.2012.3388>. PMID:24320801.

Contribuição dos autores

Declaramos que LAE participou da ideia inicial do artigo, revisão da literatura, coleta dos dados (aplicação do laser) e escrita do artigo; MRB foi responsável pela ideia inicial do projeto, revisão da literatura, coleta dos dados (avaliação clínica e eletromiográfica de lábios) e escrita do artigo; RMMM foi responsável pela elaboração da proposta do projeto, análise dos dados, escrita do artigo e orientação geral do trabalho; ARM e VMNA orientaram o trabalho e participaram da escrita do artigo.