

Transformada *wavelet* na análise do efeito da terapia LED sobre a atividade do músculo masseter em mulheres com disfunção temporomandibular

Wavelet transformed in the analysis of LED therapy effect on the activity of masseter muscles in women with temporomandibular disorder

Davidson Ribeiro Costa¹✉, David Ribeiro Costa¹, Giovanni Arnaldo Pacetti^{1,2,3}, Renata Amadei Nicolau^{2,4}

¹ Centro de Pesquisas Avançadas em Fototerapia (CPAF), Carbon Fit – Centro de Treinamento Especializado. Jacareí, SP.

² Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). São José dos Campos, SP.

³ Escola de Especialistas de Aeronáutica (EEAR) da Força Aérea Brasileira. Guaratinguetá, SP.

⁴ Habilaser – Cursos de Formação de Alta Performance em Laserterapia. São José dos Campos, SP.

Como citar este artigo (How to cite this article):

Costa DR, Costa DR, Pacetti GA, Nicolau RA. Transformada *wavelet* na análise do efeito da terapia LED sobre a atividade do músculo masseter em mulheres com disfunção temporomandibular (*Wavelet transformed in the analysis of LED therapy effect on the activity of masseter muscles in women with temporomandibular disorder*). Sci Med. 2018;28(2):ID29045. <http://doi.org/10.15448/1980-6108.2018.2.29045>

RESUMO

OBJETIVOS: Apresentar a transformada *wavelet* como uma ferramenta alternativa para o processamento dos sinais oriundos da eletromiografia quando utilizada na avaliação da atividade elétrica do músculo masseter de mulheres com disfunção temporomandibular.

MÉTODOS: Cinco voluntárias com disfunção temporomandibular passaram por quatro sessões de terapia com diodo emissor de luz (LED, *light emitting diode*). A eletromiografia do músculo masseter foi realizada bilateralmente antes e após o tratamento, empregando um eletromiógrafo de dois canais. Na análise dos sinais eletromiográficos foi empregada a transformada *wavelet* na função Morlet.

RESULTADOS: Nos escalogramas, observou-se a diminuição da ativação das fibras de alta frequência no protocolo de repouso e seu aumento no protocolo de movimento isométrico. Na análise baseada no sistema de cores RGB, foi possível observar que no protocolo de repouso do músculo masseter direito houve redução dos momentos de máxima intensidades de energia em 82% para frequências de 256-512 Hz e em 42% para frequências acima de 512 Hz. No músculo masseter esquerdo a redução foi de 42% na banda de frequências de 256-512 Hz.

CONCLUSÕES: A análise pela transformada *wavelet* permitiu identificar fatores fisiológicos relacionados não somente à ativação do músculo masseter, mas também à intensidade e à relação tempo/frequência, assim como os principais tipos de fibras ativadas durante os protocolos antes e após a terapia LED em pacientes com disfunção temporomandibular.

DESCRIPTORIOS: síndrome da disfunção da articulação temporomandibular; terapia com luz de baixa intensidade; diodo emissor de luz; eletromiografia.

ABSTRACT

AIMS: To present the wavelet transform as an alternative tool in the evaluation of the masseter muscle electrical activity in women with temporomandibular disorder after therapy with Light Emitting Diode (LED).

METHODS: Five volunteers with temporomandibular disorder underwent four sessions of LED therapy. Electromyography of the masseter muscle was performed bilaterally before and after treatment. For analysing the electromyographic signals, the wavelet transform was applied in the Morlet function.

RESULTS: In the scalogram, a decrease in the activation of the high-frequency fibers in the rest protocol and its increase in the isometric movement protocol were observed. In the analysis based on the RGB color system, we observed that in the right masseter muscle resting protocol, the moments of maximum energy intensities were reduced by 82% for frequencies of 256-512 Hz and by 42% for frequencies above 512 Hz. In the left masseter muscle the reduction was 42% in the frequency band of 256-512 Hz.

CONCLUSIONS: Analysis by the wavelet transform allowed identification of physiological factors related not only to the activation of the masseter muscle, but also to the intensity and time / frequency relationship, as well as the main types of fibers activated during the protocols before and after LED therapy in patients with dysfunction temporomandibular.

KEYWORDS: temporomandibular joint dysfunction syndrome; low-level light therapy; light emitting diode; electromyography.

Recebido: 05/11/2017

Aceito: 05/04/2018

Publicado: 12/06/2018

✉ **Correspondência:** davidson@univap.br

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9750-5675>

Universidade do Vale do Paraíba

Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – CEP 12244-000, São José dos Campos, SP, Brasil



Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a publicação original seja corretamente citada. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Abreviaturas: DTM, disfunção temporomandibular; EMG, eletromiografia de superfície; LED, *light emitting diode* (diodo emissor de luz); MMIE, momentos de máxima intensidade de energia; RDC, *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders*; RGB, (*red green blue* – sistema digital de cores); TW, transformada *wavelet*; ZAIE, zonas de alta intensidade de energia; ZMIE, zonas de média intensidade de energia.

INTRODUÇÃO

A disfunção temporomandibular (DTM) é considerada um conjunto heterogêneo de problemas clínicos que acometem o sistema estomatognático, envolvendo os músculos mastigatórios, a articulação temporomandibular e os tecidos e estruturas adjacentes da região orofacial [1,2]. De acordo com Okeson et al. [3], a DTM de origem muscular é comumente associada à hiperatividade muscular dos músculos mastigatórios, que se traduz em quadros de dor, fadiga e inflamação. Os músculos mastigatórios são compostos por dois tipos de fibras musculares, que se diferenciam de acordo com a quantidade de mioglobina. As fibras com maiores quantidades de mioglobina são menos resistentes à fadiga e possuem maior capacidade de gerar força. A hiperatividade muscular decorrente da DTM pode alterar o padrão de ativação dessas fibras, aumentando, por exemplo, a ativação das fibras de força até mesmo no repouso [3].

Vários métodos de avaliação têm sido sugeridos para melhor compreensão do diagnóstico e do tratamento da DTM, visto que sua etiologia é multifatorial e complexa [4,5]. Dentre as ferramentas de investigação mais utilizadas, destaca-se a eletromiografia de superfície (EMG), que possibilita o registro dos sinais elétricos dos tecidos musculares [6].

Na maioria dos estudos, a EMG é utilizada a fim de se obter informações sobre a atividade elétrica do músculo [7]. Estudos que compararam indivíduos saudáveis com pacientes com DTM verificaram que em repouso a atividade elétrica do músculo masseter era maior nos pacientes com DTM [8]. Já Xu et al. [9] constataram que durante a contração isométrica os voluntários com DTM apresentaram menor ativação elétrica dos músculos devido à fadiga muscular.

A transformada de Fourier é amplamente empregada para o processamento dos sinais provenientes da EMG. Essa ferramenta quantifica o conteúdo de frequência do sinal, isto é, quanto de cada frequência existe no espectro de sinal, mas não provê informações dos componentes de frequência em relação ao tempo, ou

seja, onde cada frequência em particular ocupa o seu lugar no tempo [10,11].

A transformada *wavelet* (TW) tem sido apresentada como uma ferramenta alternativa para o processamento dos sinais oriundos da EMG [11-13]. A TW possibilita, por meio dos escalogramas, a análise em duas dimensões do tempo, frequência e intensidade de energia dos sinais de diferentes momentos de atividade muscular [12-14], dados que podem identificar fadiga e/ou hiperatividade muscular [11,12,14] e até mesmo o tipo de fibra ativado, dependendo do protocolo utilizado [3]. Informações que podem ser vantajosas tanto para o diagnóstico quanto para a avaliação da efetividade dos tratamentos empregados na DTM. Outra vantagem do escalograma da TW é a fácil compreensão gráfica do mesmo, em comparação com as outras análises, o que pode promover seu uso clínico. Apesar disso, a TW ainda não foi empregada na análise do sinal eletromiográfico dos pacientes com DTM. Contudo, estudos prévios apontam essa ferramenta como importante auxiliar na análise da atividade de músculos mastigatórios [12-14].

A fototerapia, tanto com uso do diodo emissor de luz (LED – *light emitting diode*) como do laser de baixa intensidade, é amplamente empregada no tratamento para DTM, produzindo efeitos positivos na modulação dos sinais eletromiográficos [8,15], redução da sintomatologia dolorosa, aumento da amplitude de movimentos mandibulares [4,5,8] e melhora da qualidade de vida dos pacientes com DTM [5]. O objetivo do presente estudo foi apresentar a TW como uma ferramenta alternativa na avaliação da atividade elétrica do músculo masseter de mulheres com DTM após a terapia com LED.

MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Centro de Laserterapia e Fotobiologia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVAP sob o parecer consubstanciado de nº 1.132.239/2015 e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, sendo preservados todos os seus direitos de acordo com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (RBR-3bs2g4) e o estudo foi realizado no segundo semestre de 2016.

Os critérios de inclusão foram voluntárias de gênero feminino que procuram tratamento no Centro de Laserterapia e Fotobiologia; diagnosticadas com

DTM segundo os *Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders* (RDC) [16]; idade de 20-35 anos; que apresentavam DTM de origem miogênica (dor orofacial, pontos dolorosos, movimentos mandibulares limitados e dificuldade para mastigar), com estado de dor crônica (superior a três meses); sem doenças sistêmicas graves (diabetes, hipertensão, cardiopatia, neoplasias, infecções graves); sem doença degenerativa das articulações; que não estavam em tratamento ortodôntico e/ou ortopédico; e que não faziam uso de medicação sistêmica ou tópica, como, por exemplo, medicamentos fotossensíveis, sedativos, relaxantes musculares, analgésicos, corticosteroides ou anti-inflamatórios não esteroides.

As participantes foram submetidas a quatro sessões de terapia LED com intervalo de sete dias entre as irradiações. Foram realizadas duas avaliações dos sinais elétricos do músculo masseter (bilateralmente) por meio da EMG, sendo a primeira no início e a outra no final do tratamento.

Primeiramente foi aplicado o Eixo 2 do RDC, que consiste em um questionário que classifica os indivíduos com base no grau de dor crônica, depressão e sintomas físicos. A aplicação do Eixo 2 foi realizada em sala climatizada, bem iluminada e sem restrição de tempo [5]. Em seguida foi realizado o Eixo 1, que consiste em exame clínico que aborda a mensuração da amplitude de movimentos mandibulares, assim como sinais e sintomas relacionados à DTM [5].

No tratamento foi empregado um equipamento de LED (Fisioled, São Paulo, SP), com comprimento de onda 880 ± 20 nm, empregando 70 segundos/ponto, densidade de energia de 7 J/cm^2 e potência de $0,03 \text{ W}$ (Tabela 1). A irradiação foi de forma pontual, em contato e perpendicularmente, sobre quatro pontos em forma de cruz na região pré-auricular, um ponto do meato acústico externo, seis pontos nos músculos masseter e dois pontos no músculo temporal (feixe anterior) [5].

Tabela 1. Parâmetros da terapia LED utilizada neste estudo.

Parâmetros	LED
Comprimento de onda (nm)	880
Área (cm^2)	0.3
Potência (w)	0.03
Tempo (s)	70
E (J)	2.1
Densidade de energia (J/cm^2)	7
Diodo	InGaAlP

LED: *light emitting diode* (diodo emissor de luz); InGaAlP: índio, gálio, alumínio e fósforo.

Para a aquisição dos sinais elétricos foram utilizados eletrodos descartáveis de Cloreto de Prata (Ag/AgCl) revestidos por folha de papel alumínio com pré-hidrogel sintético de alta condutividade e baixa impedância (Miotec, Porto Alegre, RS). Os eletrodos foram posicionados nos músculos masseter bilateralmente, no ventre muscular entre o ponto motor e a junção mientendinosa; e um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna direita. Previamente à colocação dos eletrodos no músculo masseter, realizou-se a limpeza da pele com gazes e álcool 70%. Um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna direita.

Para o registro da atividade EMG foi empregado um eletromiógrafo de dois canais (EMG System, São José dos Campos, SP), com ganho de amplificação de 100 vezes, filtro analógico passa banda de 20 a 500 Hz e rejeição de modo comum $>120 \text{ dB}$. Os sinais eletromiográficos foram amostrados com uma frequência de 2000 Hz, digitalizados por uma placa de conversão A/D (analógico-digital) com 16 bits de resolução, com faixa de entrada de ± 5 Volts, correspondentes a $5.000.000 \mu\text{V}$, que deve estar associada ao ganho, fixando-se limites superiores de $\pm 5.000 \mu\text{V}$ para a aquisição. Em todos os procedimentos relativos à coleta, ao registro e ao tratamento do sinal de EMG, foram seguidas as recomendações da Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesilogia [6].

Durante a coleta dos sinais eletromiográficos foram empregados os protocolos de repouso e de movimento isométrico, ambos por 10 segundos. Para o protocolo de repouso, as voluntárias foram instruídas a manter o lábio superior e inferior em contato sem que houvesse contato oclusal entre os dentes [7]. No protocolo de movimento isométrico as voluntárias foram orientadas por meio de um estímulo verbal e *feedback* visual [14] dos sinais elétricos, a realizar a oclusão dos dentes, efetuando uma contração isométrica. Para evitar o contato oclusal direto entre os dentes, um rolete de algodão foi posicionado na região molar bilateralmente [17].

Para a implementação da TW contínua na função Morlet, foi utilizado o programa Matlab 7.01 (MathWorks, Estados Unidos). Foi empregada a rotina para análise de séries temporais utilizada por Munhöz et al. [18] e Costa [12], desenvolvida com base no algoritmo desenvolvido por Torrence e Compo [19]. Os dados foram normalizados pelo desvio padrão. A TW é um conjunto de funções com forma de pequenas ondas geradas por dilatações, $\psi(t) \rightarrow \psi(at)$, e translações, $\psi(t) \rightarrow \psi(t+d)$ sendo **a** e **d** números reais, de uma função base $\psi(t)$, a *wavelet*-mãe [14, 20]. Após a geração dos

coeficientes *wavelets*, o cálculo do Global Wavelet Spectrum (GWS) gera um escalograma, contendo informações, como a frequência (Hz), tempo (s) e energia (μV^2) [12, 14]. Nos escalogramas, as cores negras representam a maior intensidade de energia na relação tempo/frequência, a qual é caracterizada pela zona de alta intensidade de energia (ZAIE). Já as outras cores representam as zonas de média intensidade de energia (ZMIE).

Nos escalogramas na escala de cinza, as cores com valores de pixel igual a zero, que são identificadas por meio do *software* Image J v. 1.46p, representam os momentos de máxima intensidade de energia (MMIE) [12, 14]. As ZAIE podem ser consideradas fisiologicamente como momentos de alta ativação de unidades motoras, já os MMIE são os de maior recrutamento eletroquímico de unidades motoras [12, 14].

A análise quantitativa dos MMIE nos escalogramas (escala cinza) foi feita pelo mesmo *software* Image J v. 1.46p. A avaliação foi realizada por meio da função histograma que determina a escala média de cinzas (soma dos valores da escala de cinzas dividida pelo número de pixels considerados para constituir a área de interesse) [21] e dos valores do RGB (*red green blue* – sistema digital de cores) da cor preta (valor=zero), que reflete as ZMIE. As áreas de interesse dos escalogramas foram delimitadas por meio da função *Rectangular*. As áreas de interesse foram as faixas de frequências de 0-64 Hz, 64-128 Hz, 128-256 Hz, 256-512 Hz e maior que 512 Hz. A contagem dos valores (da cor preta) foram observados na função *List* do histograma. Somente as imagens com RGB maior que 100 K (valor fornecido pelo software), foram analisadas.

RESULTADOS

Das 15 voluntárias com DTM que responderam ao chamado, três tinham doenças crônicas e cinco tinham idade acima de 35 anos. Oito mulheres atendiam a todos os critérios de inclusão e foram recrutadas para o estudo, entretanto três não completaram o protocolo, resultando em uma amostra de cinco participantes. A média de idade das voluntárias que completaram o protocolo foi de $27,8 \pm 4,9$ anos.

No protocolo de repouso do músculo masseter direito observaram-se faixas de ZAIE nas frequências baixas (≥ 256 Hz) em três das cinco voluntárias. Já as faixas contínuas de ZAIE nas altas frequências (< 256 Hz) foram constatadas em três voluntárias. Após o término da terapia LED, as faixas de ZAIE nas baixas frequências foram observadas em duas voluntárias. Observou-se também a diminuição da

ZAIE nas altas frequências em três das voluntárias em relação à avaliação inicial (**Figura 1**).

No músculo masseter esquerdo, em três voluntárias, foram observadas bandas contínuas de ZAIE nas baixas frequências. Já nas altas frequências observaram-se bandas de ZAIE em quatro das cinco participantes. Após o final do tratamento, observou-se redução de ZAIE nas altas frequências em duas voluntárias. Entretanto, não houve alteração perceptível nas baixas frequências em nenhuma voluntária (**Figura 1**).

No protocolo do movimento isométrico do músculo masseter direito constataram-se ZAIE nas altas frequências em todas as voluntárias, e apenas uma voluntária apresentou faixa de ZAIE nas baixas frequências. Após a terapia LED, foi possível observar maior distribuição das ZAIE, em quatro das cinco voluntárias. No músculo masseter esquerdo verificou-se o aumento da concentração de ZAIE nas altas frequências após o tratamento (**Figura 2**).

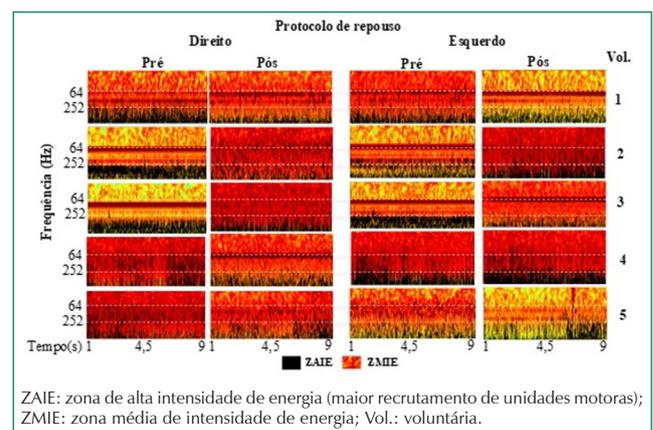


Figura 1. Escalograma proveniente da Transformada Wavelet do músculo masseter pré e pós terapia no protocolo de repouso.

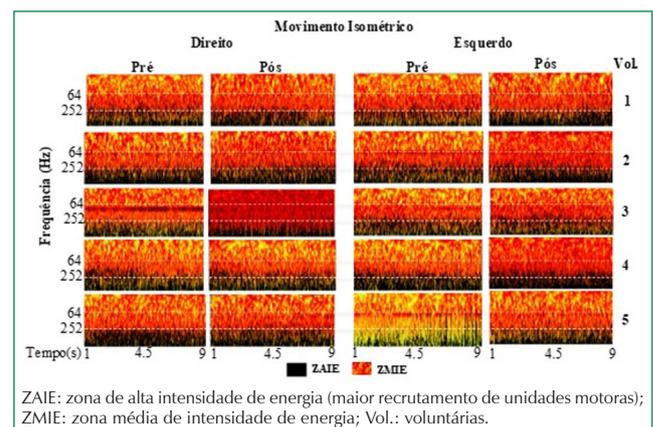


Figura 2. Análise das zonas de alta intensidade de energia por meio do escalograma do músculo masseter (direito e esquerdo) no protocolo de movimento isométrico antes e depois do tratamento.

Tabela 2. Análise conforme o sistema de cores RGB dos momentos de máxima intensidade de energia nos protocolos de repouso e movimento isométrico.

Frequência (Hz)	Momentos de máxima intensidade de energia (MMIE)											
	Em repouso						Movimento isométrico					
	Direita			Esquerda			Direita			Esquerda		
	Pré	Pós	%	Pré	Pós	%	Pré	Pós	%	Pré	Pós	%
0-64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64-128	1	3.4	240	1	1.4	40	0	0.2	200	1,8	0	0
128-256	11.4	11.6	1.7	22	22	0	33	74	127	95.6	0	0
256-512	514.2	90.4	-82	379	218	-42	442	439	-0.6	566.6	0.8	-55
512 ≤	1028	529.2	-48	842	890	6	1466	1795	22	1369	746	-22

Pré: antes da terapia; Pós: no término da terapia; %: diferença em porcentagem entre pré e pós terapia.

Na **Tabela 2** é apresentada a análise RGB dos escalogramas, na qual foram verificados os momentos de MMIE. Após a fototerapia, no protocolo de repouso do músculo masseter direito houve redução dos MMIE em 82% para frequências de 256-512Hz e em 42% para frequências acima de 512 Hz. No músculo masseter esquerdo a redução foi de 42% na banda de frequências de 256-512 Hz. No protocolo de movimento isométrico houve aumento dos MMIE nas bandas de frequências de 64-128 Hz (200%), 128-256 Hz (127%) e acima de 512 Hz (22%) no músculo masseter direito pós-fototerapia. Já no músculo masseter esquerdo observou-se aumento dos MMIE nas bandas de frequências 256-512 Hz (26%) acima de 512 Hz (56%) (**Tabela 2**).

DISCUSSÃO

Segundo Cifrek et al. [22] e Chowdhury et al. [10], a transformada de Fourier não é a mais adequada para a análise de sinais biológicos, pois ao transformar um sinal do domínio do tempo para um sinal do domínio da frequência, algumas informações temporais podem ser ocultadas. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi apresentar a análise por TW, que consiste na decomposição do sinal em componentes com diversas resoluções, utilizando tanto as dilatações como as translações no domínio do tempo, resultando na localização espacial do sinal eletromiográfico nos domínios do tempo/frequência e sua intensidade de energia [10].

Nos escalograma fornecido pela TW foi possível analisar de forma qualitativa a intensidade de energia gerada, representadas pelas ZAIE. Na análise RGB, na qual foi empregado o escalograma na escala cinza, são consideradas apenas as MMIE, ou seja, pixels que apresentam somente o valor de zero (cor

negra) [12, 14]. No presente estudo foram observados ZAIE e MMIE nas baixas e altas frequências. Tanto as ZAIE quanto os MMEI nas baixas frequências são indicativos da ativação das fibras musculares do tipo I, pois essas fibras são de pequenos calibres, baixa velocidade de ativação (baixa frequência) e alta concentração de triglicerídeos, e são comumente empregadas nos movimentos de resistência [23, 24]. Já as ZAIE e MMEI nas altas frequências podem ser um indicativo da ativação das fibras do tipo IIb, que possuem um grande estoque de fosfocreatina e glicogênio e por isso possuem grande capacidade de gerar força, mas pouca resistência à fadiga [23, 24].

A alta ativação dessas fibras, principalmente do tipo IIb, mesmo quando o paciente está em repouso, pode ser explicada pela hiperatividade muscular, característica dos pacientes com DTM, que pode ser desencadeada por vários fatores, incluindo aspectos psicológicos (ansiedade e estresse emocional), má-oclusão e trauma [3, 4]. A hiperatividade muscular age na perpetuação e propagação dos sintomas dolorosos, pois inibe o fluxo sanguíneo normal dos tecidos musculares, resultando no acúmulo dos subprodutos do metabolismo nos tecidos musculares, ocasionando quadros de fadiga, de inflamação e de dor [24].

No protocolo de repouso foi constatada a diminuição das ZAIE e dos MMIE nas altas frequências após a terapia LED. Nas baixas frequências houve um discreto aumento nos MMIE, sugerindo o aumento da ativação de fibras mais resistentes à fadiga. Logo, no protocolo de movimento isométrico houve maior aumento das ZAIE e dos MMIE nas altas frequências, indicando o aumento do recrutamento das fibras tipo IIb. Correlacionando os dados de ZAIE com os MMIE é possível inferir uma melhora da situação muscular dos indivíduos com DTM submetidos a terapia LED, pois no protocolo de repouso houve uma redução da

atividade muscular e do acionamento das fibras do tipo II b (menos resistentes à fadiga). Já no protocolo de movimento isométrico, o aumento da ativação dessas fibras favoreceu o ganho da força mecânica das pacientes com DTM. Estes achados podem ser atribuídos aos efeitos positivos da terapia LED sobre o tratamento de DTM.

No presente estudo foi criada uma forma de análise dos escalogramas empregando RGB como auxílio de diagnóstico da avaliação do comportamento muscular, com base na obtenção da contagem do valor numérico de cada pixel na cor preta, o que permitiu a visualização dos MMIE. Kouadio et al. [21], também observaram a efetividade da análise RGB na avaliação por imagem do efeito da descoloração/coloração de vários enxagatatórios bucais à base de clorexidina sobre esmalte e marfim.

Embora com a limitação de uma pequena amostra, pode-se concluir que o método TW empregado no presente estudo pode contribuir para o diagnóstico e a avaliação do tratamento da DTM, pois constatou que a terapia LED promoveu modificações na atividade muscular. Estes dados preliminares, de empregabilidade da TW na análise da atividade muscular em indivíduos com DTM, podem subsidiar estudos futuros de diagnóstico e pesquisas clínicas com

um número amostral que permita conclusões com base em evidências. Concluiu-se que a análise TW detectou fatores fisiológicos relacionados não somente à ativação do músculo masseter, mas também à intensidade e à relação tempo/frequência, permitindo identificar os principais tipos de fibras ativadas durante os protocolos antes e após a terapia LED em pacientes com DTM.

NOTAS

Apoio financeiro

Davidson R. Costa recebeu bolsa de doutorado pelo Programa de Suporte à Pós-Graduação de Instituições de Ensino Particulares (PROSUP), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses relevantes ao conteúdo deste estudo.

Contribuições dos autores

Todos os autores fizeram contribuições substanciais para concepção, ou delineamento, ou aquisição, ou análise ou interpretação de dados; e redação do trabalho ou revisão crítica; e aprovação final da versão para publicação.

Disponibilidade dos dados e responsabilidade pelos resultados

Todos os autores declaram ter tido total acesso aos dados obtidos e assumem completa responsabilidade pela integridade destes resultados.

REFERÊNCIAS

1. Magri LV, Carvalho VA, Rodrigues FC, Bataglioni C, Leite-Panissi CR. Effectiveness of low-level laser therapy on pain intensity, pressure pain threshold, and SF-MPQ indexes of women with myofascial pain. *Lasers Med Sci.* 2017;32(2): 419-28. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-2138-x>
2. Lora VR, Canales GL, Gonçalves LM, Meloto CB, Barbosa CM. Prevalence of temporomandibular disorders in postmenopausal women and relationship with pain and HRT. *Brazilian Oral Research.* 2016;22;30(1):e100. <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0100>
3. Okeson JP. *Tratamentos das Desordens Temporomandibulares e Oclusão.* 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier; 2012.
4. Demirkol N, Usumez A, Demirkol M, Sari F, Akcaboy C. Efficacy of Low-Level Laser Therapy in Subjective Tinnitus Patients with Temporomandibular Disorders. *Photomed Laser Surg.* 2017;35(8):427-31. <https://doi.org/10.1089/pho.2016.4240>
5. Costa DR, Ribeiro-Costa D, Pessoa DR, Masulo LJ, Arisawa EA, Nicolau RA. Efeito da terapia LED no tratamento da disfunção temporomandibular – estudo de caso. *Sci Med.* 2017;27(2):ID25872. <https://doi.org/10.15448/1980-6108.2017.2.25872>
6. Hermens HJ, Freriks B. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2000;10(5):361-74. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
7. Herpich CM, Leal-Junior EC, Amaral AP, Tosato JP, Glória IP, Garcia MB, Barbosa BB, El Hage Y, Arruda EE, Gomes CA, Rodrigues MS, Sousa DF, Carvalho P, Bussadori SK, Gonzalez TO, Politti F, Biasotto-Gonzalez DA. Effects of phototherapy on muscle activity and pain in individuals with temporomandibular disorder: a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2014;15(1):491-7. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-15-491>
8. Hotta PT, Hotta TH, Bataglioni C, Bataglioni SA, De Souza CEA, Siéssere S, Regalo SC. Emg analysis after laser acupuncture in patients with temporomandibular dysfunction (TMD): Implications for practice. *Complementary Therapies in Clinical Practice.* 2010;16(3):158-60. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2010.01.002>
9. Xu L, Fan S, Cai B, Fang Z, Jiang X. Influence of sustained submaximal clenching fatigue test on electromyographic activity and maximum voluntary bite forces in healthy subjects and patients with temporomandibular disorders. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2017;44(5):340-6. <https://doi.org/10.1111/joor.12497>

10. Chowdhury SK, Nimbarte AD, Jaridi M, Creese RC. Discrete wavelet transform analysis of surface electromyography for the fatigue assessment of neck and shoulder muscles. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2013;23(5):995-1003. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.05.001>
11. Napoli NJ, Mixco AR, Bohorquez JE, Signorile JF. An EMG comparative analysis of quadriceps during isoinertial strength training using nonlinear scaled wavelets. *Human Movement Science* 2015;40(1):134-53. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.12.009>
12. Costa DR, Mu-oz IS, Nicolau RA, Kelencz CA, Maciel TS, Masulo LJ, Paula Júnior AR. Transformada wavelet análise do efeito da fototerapia de baixa intensidade sobre a fadiga muscular mastigatória. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Biomédica (CBEB); 2014 out 24; Uberlândia-MG, Brasil, 2014. Available from: http://www.canal6.com.br/cbeb/2014/artigos/cbeb2014_submission_410.pdf
13. Souza Neto J, Carvalho JLA, Rocha AF, Junqueira Junior LF, Nascimento FAO. Computer-aided system for diagnosis of Chagas' disease based on scalograms and self-organizing neural networks. *Res Biom Eng*. 2013;29(3):242-53.
14. Mu-oz ISS, Motta AJ, Nicolau RA, Kelencz CA, Paula Júnior CA. Analysis of the temporal muscle electromyographic signals using wavelets. *Revista Univap*. 2012;18(32):5-14.
15. Shinozaki EB, Dos Santos MBF, Okazaki LK, Marchini L, Brugnera Junior A. Clinical assessment 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(4):434-38. <https://doi.org/10.20396/bjos.v9i4.8641726>
16. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *Cranio-mandib Disord*. 1992;6(4):301-55.
17. Gomes CFP, El Hage Y, Amaral AP, Politti F, Biasotto-Gonzalez DA. Effects of massage therapy and occlusal splint therapy on electromyographic activity and the intensity of signs and symptoms in individuals with TMD and sleep bruxism: a randomized clinical trial. *Chiropr Man Therap*. 2014;22(1):43. <https://doi.org/10.1186/s12998-014-0043-6>
18. Mu-oz ISS. Wavelet transform applied to electromyographic signals of masseter muscles in maximal isometric contraction and fatigue. Master's [dissertation]. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba; 2009.
19. Torrence C, Compo GP. A practical guide to Wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1998;79(1):61-78. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1998\)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1998)079<0061:APGTWA>2.0.CO;2)
20. Bolzan MJA. Análise da transformada em ondas aplicadas em sinal geofísico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. 2004;26(1):37-41. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172004000100006>
21. Kouadio AA, Struillou X, Bories C, Bouler JM, Badran Z, Soueidan A. An in vitro analysis model for investigating the staining effect of various chlorhexidine-based mouthwashes. *J Clin Exp Dent*. 2017;9(3):410-6. <https://doi.org/10.4317/jced.53375>
22. Cifrek M, Medved V. Surface emg based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clinical Biomechanics*. 2009;24(4):327-40. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.01.010>
23. Plowman, S.; Smith, D. *Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance*. Philadelphia: Lippincott USA; 2007.
24. Guyton NA, Hall C. *Tratado de Fisiologia Médica*. 12ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2011. 