

Artigo Original
Original Article

Lilian Gerdi Kittel Ries¹
Maylli Daiani Graciosa¹
Licerry Palma Soares¹
Fabiana Flores Sperandio¹
Gilmar Moraes Santos¹
Viviane Veroni Degan²
Inaê Caroline Gadotti³

Descritores

Músculos Mastigatórios
Fadiga Muscular
Eletromiografia
Transtornos da Articulação
Temporomandibular
Transtornos Craniomandibulares

Keywords

Masticatory Muscles
Muscle Fatigue
Electromyography
Temporomandibular Joint Disorders
Craniomandibular Disorders

Endereço para correspondência:

Lilian Gerdi Kittel Ries
Centro de Ciências da Saúde e do
Esporte, Universidade do Estado de
Santa Catarina
Rua Pascoal Simone, 358,
Coqueiros, Florianópolis (SC), Brasil,
CEP: 88080-350.
E-mail: lilian.ries@udesc.br

Recebido em: Abril 23, 2015

Aceito em: Julho 27, 2015

Efeito do tempo de contração e repouso na atividade dos músculos masseter e temporal anterior em indivíduos com DTM

Effect of time of contraction and rest on the masseter and anterior temporal muscles activity in subjects with temporomandibular disorder

RESUMO

Objetivo: O principal objetivo deste estudo foi investigar o efeito do tempo de contração e repouso na atividade dos músculos masseter e temporal. **Métodos:** 49 sujeitos do sexo feminino com idade entre 18 e 30 anos foram divididos em grupos DTM (n: 26) e controle (n: 23). A eletromiografia de superfície foi utilizada para avaliar os músculos temporal anterior e masseter durante protocolos de contração e repouso muscular. Foram analisados os parâmetros eletromiográfico raiz quadrada da média, frequência mediana e o coeficiente da inclinação da reta de regressão linear. **Resultados:** Foi encontrado efeito significativo do tempo no protocolo de contração e de repouso muscular. No protocolo de contração, sujeitos com DTM apresentaram significativa diminuição da frequência mediana no masseter direito e do coeficiente de inclinação do músculo temporal direito comparados ao grupo controle. **Conclusão:** Apesar de os sujeitos com DTM apresentarem maior suscetibilidade à fadiga, comparados aos controles, ambos os grupos devem respeitar o tempo máximo de 5 s de contração voluntária máxima e no mínimo 30 s de repouso entre sucessivas contrações da musculatura mastigatória durante protocolos de avaliação clínica ou de pesquisa.

ABSTRACT

Purpose: The main objective of this study was to investigate the effect of time of contraction and rest on the masseter and temporal muscles activity. **Methods:** 49 female subjects between 18 and 30 years of age were divided into TMD (n: 26) and control groups (n: 23). Surface electromyograph was used to evaluate the anterior temporal and masseter muscles during contraction and rest protocols. The root means square, median frequency and slope coefficient of the linear regression line parameters were analyzed. **Results:** A significant effect of time in the contraction and rest muscle protocols was found. TMD patients showed a significant decrease in median frequency in the right masseter muscle and the slope coefficient in the right temporal muscle during the contraction protocol to control subjects. **Conclusion:** Despite the TMD patients presented with higher fatigue susceptibility compared to the control group, both groups must meet the maximum time of 5 s of maximum voluntary contraction and at least 30 s rest between successive contractions of masticatory muscles during clinical or research assessment protocols.

Trabalho realizado no Centro de Ciências da Saúde, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC), Brasil.

¹Centro de Ciências da Saúde, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC), Brasil.

²Programa de Pós-graduação em Odontologia, Fundação Herminio Ometto – UNIARARAS – Araras (SP), Brasil.

³Department of Physical Therapy, Nicole Wertheim College of Nursing and Health Sciences, Florida International University, Miami, Florida, United States.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Conflito de interesses: nada a declarar.

INTRODUÇÃO

A Disfunção Temporomandibular (DTM), também denominada Disfunção Craniomandibular (DCM), é um termo abrangente e que determina múltiplas alterações clínicas e funcionais nas estruturas musculares associadas à articulação temporomandibular. Fatores como o estresse emocional e a tensão corporal contribuem para o aparecimento do problema e dificultam o processo resolutivo como um todo⁽¹⁾.

A dor bilateral ou unilateral é a queixa mais frequente sendo desencadeada durante a palpação ou a movimentação da mandíbula⁽²⁾. Há evidências de que a dor miofacial esteja relacionada com a hiperatividade muscular^(3,4) e as alterações no comportamento motor durante o ato mastigatório. Sujeitos com DTM apresentam maior assimetria na atividade mastigatória^(5,6) e maior amplitude de ativação muscular durante o repouso⁽⁷⁻⁹⁾. Portadores de DTM apresentam maior amplitude de ativação dos músculos mastigatórios devido a sua menor eficiência funcional e predisposição à fadiga muscular a comparados com sujeitos considerados assintomáticos ao executarem as mesmas atividades⁽⁷⁾.

Entende-se que tal comportamento motor possa afetar o desempenho mastigatório na DTM. Os eventos de fadiga são acompanhados de aumento na concentração de metabólitos e mudanças tanto na velocidade de condução da fibra muscular quanto no número de unidades motoras recrutadas⁽¹⁰⁾. Movimentos típicos e usuais do ato mastigatório podem determinar sobrecarga dos músculos elevadores da mandíbula e as diferentes estratégias de controle motor elaboradas são, frequentemente, interpretadas como táticas de um mecanismo protetor⁽³⁾. Contudo, não está claro como o tempo de uma contração muscular interfere no comportamento da atividade mastigatória de sujeitos com DTM.

Considera-se que a fadiga muscular seja um fator de risco para alterações no desempenho mastigatório de sujeitos com esta disfunção⁽⁴⁾. A atividade dos músculos mastigatórios em indivíduos saudáveis se caracteriza por períodos de repouso entre sucessivas contrações dos músculos. O conhecimento de como a atividade muscular é modificada em função do tempo de contração e/ou de repouso, incluindo as diferentes estratégias de controle motor, pode auxiliar pesquisadores e clínicos no aperfeiçoamento dos procedimentos diagnósticos já existentes.

Até o presente momento não há informações seguras sobre os parâmetros eletromiográficos (EMG) de amplitude (root mean square – RMS) e frequência mediana (FM) durante protocolos de contração e/ou repouso de músculos mastigatórios de sujeitos com DTM nas avaliações e intervenções terapêuticas. Acredita-se que tais sujeitos apresentem alterações nos valores de RMS e FM durante esses protocolos, comparativamente a sujeitos sem sinais e sintomas de DTM. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do tempo de contração e repouso na atividade dos músculos masseter e temporal em indivíduos com DTM em comparação com sujeitos saudáveis.

MÉTODOS

Sujeitos

Trata-se de um estudo experimental, transversal, cuja amostra foi composta por 49 sujeitos do sexo feminino com idade entre 18 e 30 anos, selecionados de forma não probabilística intencional. Os sujeitos, recrutados por meio de anúncios locais, foram divididos em dois grupos: grupo com diagnóstico de DTM (grupo DTM, n: 26; idade: $23,58 \pm 3,85$ anos; massa: $59,5 \pm 9,9$ kg; altura: $163,65 \pm 6,24$ cm) e grupo sem diagnóstico ou sinais e sintomas de DTM (grupo controle, n: 23; idade: $21,65 \pm 2,76$ anos; massa: $56,27 \pm 6,54$ kg; altura: $161,83 \pm 6,14$ cm).

Os sujeitos foram avaliados por meio do Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorder (RDC/TMD)⁽¹¹⁾. A história e os critérios clínicos foram usados para o diagnóstico da DTM.

Foram incluídos no estudo sujeitos que apresentassem dentição permanente completa, considerando-se essa a presença de pelo menos 28 dentes.

Foram excluídos deste estudo sujeitos que apresentassem histórico de traumas na face, na articulação temporomandibular, na cintura escapular e cervical; alterações vestibulares; falhas dentárias; luxação; doenças sistêmicas como artrite e artroses; uso de aparelho ortodôntico e/ou ortopédico funcional; uso de medicamentos analgésicos e anti-inflamatórios.

Os participantes foram informados sobre os procedimentos e objetivos do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob número de parecer 149.333.

Eletromiografia

Após a assinatura do termo de consentimento e da coleta dos dados antropométricos, a atividade muscular foi avaliada. A captação do sinal EMG foi realizada por meio de um sistema de quatro canais (Miotool, MIOTEC, Porto Alegre, Brasil), com placa conversora analógico/digital de 14 bits de resolução, frequência de aquisição de 2.000 Hz, mínima relação de rejeição de modo comum de 110 dB e eletrodos de superfície Ag/AgCl (Meditrace 200, Kendall™, EUA).

Para a coleta dos dados, os sujeitos permaneceram sentados numa cadeira com a cabeça posicionada em relação ao plano de Frankfurt, mãos apoiadas sobre as coxas e alinhadas com o ombro, encosto na altura das escápulas e joelhos e quadris a 90° graus.

Eletrodos de superfície foram posicionados longitudinalmente às fibras musculares e fixados sobre a pele, na região dos músculos temporal (parte anterior) (TA) e masseter (parte superficial) (MA), bilateralmente. O eletrodo de referência foi fixado sobre o manúbrio do osso esterno. Para localizar o músculo TA e MA solicitou-se contração isométrica dos músculos elevadores da mandíbula^(12,13). Com o intuito de diminuir a impedância elétrica da pele, o local para a colocação de eletrodos foi limpo com algodão hidrófilo embebido em solução alcoólica a 70%⁽¹⁴⁾. Para a aquisição dos dados foram utilizadas barras de Parafilme M (Pechinery Plastic Packaging, Batavia, IL, USA) dobradas 15 vezes no tamanho de 1,5 cm por 3,5 cm e posicionadas entre

as faces oclusais do primeiro e segundo molares superior e inferior, bilateralmente⁽¹⁵⁾.

O efeito do tempo na atividade muscular foi avaliado durante protocolos de contração (PC) e/ou repouso (PR) mastigatório⁽⁴⁾. O PC compreendeu uma contração voluntária máxima (CVM) com o apertamento dentário em máxima intercuspidação durante 45 s. Na sequência, para avaliar o tempo de repouso foi realizado o PR. Nesse protocolo, a aquisição EMG também ocorreu durante uma CVM ao longo de 8 períodos (de 3 s) com intervalos de repouso progressivamente maiores: 5 s (2x), 10 s (2x), 30 s (2x) e 1 min (2x), totalizando 4 min e 59 s. Para a recuperação muscular, intervalos de repouso permitem o restabelecimento dos níveis de força muscular, a redução da demanda metabólica e a recuperação das fontes de energia⁽¹⁶⁾. Durante todo o procedimento de coleta, os sujeitos receberam um comando verbal com o objetivo de estimular a CVM, além da informação visual do monitor para manter a máxima amplitude de contração. Antes do início de cada coleta foi realizado um treinamento dos sujeitos selecionados para o procedimento de aquisição EMG. O procedimento de aquisição de dados está representado na Figura 1.

Análise

Os dados EMG foram analisados com o *software* Matlab (version R2009a, MathWorks Inc., EUA). No sinal EMG bruto utilizou-se filtro tipo Butterworth e passa-banda com frequência de corte de 20 Hz e 500 Hz. Foram analisados os parâmetros amplitude e frequência. A amplitude foi analisada por meio do RMS. A FM foi calculada por meio do espectro da densidade de potência depois do janelamento Hamming de 500 ms (1.000 dados), utilizando-se a técnica Transformada Rápida de Fourier (FFT). Na análise do PC (45 s) foram selecionados 9 períodos consecutivos de 5 s para análise. No PR foram selecionados 8 períodos de 3 s (Figura 1). O primeiro período analisado (PC1) foi considerado o valor padrão de CVM para os PC e PR muscular. Consequentemente, além do primeiro período, 16 janelas (8 períodos do PC e 8 períodos do PR) foram analisadas. Em todos esses períodos foram calculados os valores RMS e FM sobre os 1.000 dados iniciais (primeiros 500 ms de cada período). Com objetivo de evidenciar o efeito do tempo em cada músculo nos PC e PR muscular, todos os períodos analisados foram normalizados pelo PC1 [(cada período analisado do PC ou PR/PC1) X 100]. Para verificar o efeito do

primeiro intervalo de repouso no PR muscular, o último período do PC foi considerado o dado inicial.

Os sujeitos avaliados foram caracterizados por meio da estatística descritiva. A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Shapiro Wilks. O efeito do PC e do PR muscular foi analisado com a *two-way* (tempo e grupo) análise de variância de medidas repetidas (ANOVA), com pós-teste de Bonferroni. A regressão linear foi utilizada com vistas a analisar os 9 períodos do PC e do PR em cada músculo. O coeficiente de inclinação da reta de regressão linear foi calculado para os valores RMS e FM em relação aos períodos analisados. O teste t para dados independentes foi utilizado para verificar a diferença entre a média dos coeficientes de inclinação dos músculos bilaterais TA e MA entre os grupos DTM e controle. A análise foi realizada pelo programa estatístico SPSS 20.0 for Windows e, para todos os procedimentos, foi adotado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$), com distribuição bi-caudal.

RESULTADOS

A FM (%), o RMS (%) e o coeficiente de inclinação da reta da FM e do RMS de cada músculo e os períodos dos PC e PR do grupo DTM e do controle são mostrados nas Figuras 2-4, respectivamente.

Efeito do tempo e grupo na FM (%) nos PC e PR muscular

Observa-se na Figura 2 que a FM (%) diminui progressivamente durante o PC e aumenta no PR muscular. A análise de variância mostrou que tanto na contração quanto no repouso houve efeito significativo do tempo em todos os músculos ($p < 0,001$). No PC, em todos os músculos houve diferença significativa ($p < 0,05$) depois de 5 s de contração (entre: PC1 e PC2; PC2 e PC3). No PR, em todos os músculos houve diferença significativa ($p < 0,05$), principalmente depois de 5 s de repouso (entre PC9 e PR1), além de outros períodos. No PC, uma significativa diferença entre os grupos controle e DTM foi observada no músculo MA direito ($p = 0,047$). Não foi observado efeito interativo entre o tempo e o grupo em nenhum dos testes ($p > 0,05$).

Efeito do tempo e grupo no RMS (%) nos PC e PR muscular

Foi observado na Figura 3 que o RMS (%) diminui progressivamente durante o PC muscular. No PR, o RMS (%) aumenta principalmente depois do primeiro período de repouso.

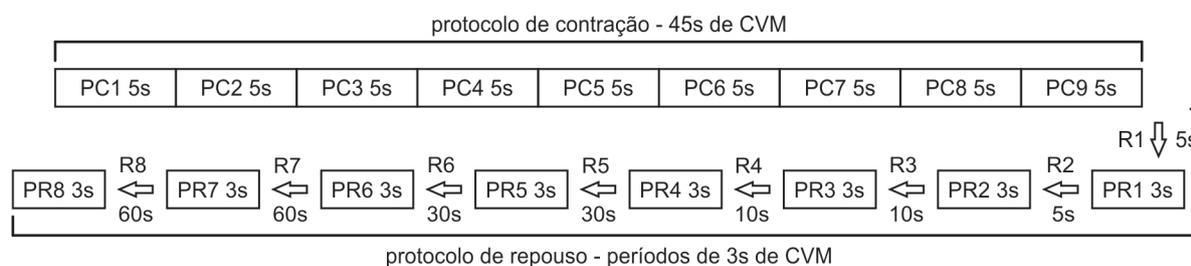


Figura 1. Representação do procedimento de aquisição de dados durante contrações voluntárias máximas (CVM) nos protocolos de contração (PC – 45 s divididos em 9 períodos de 5 s para análise) e de repouso muscular (PR – 8 períodos de 3 s), com intervalos de repouso (R) progressivamente maiores

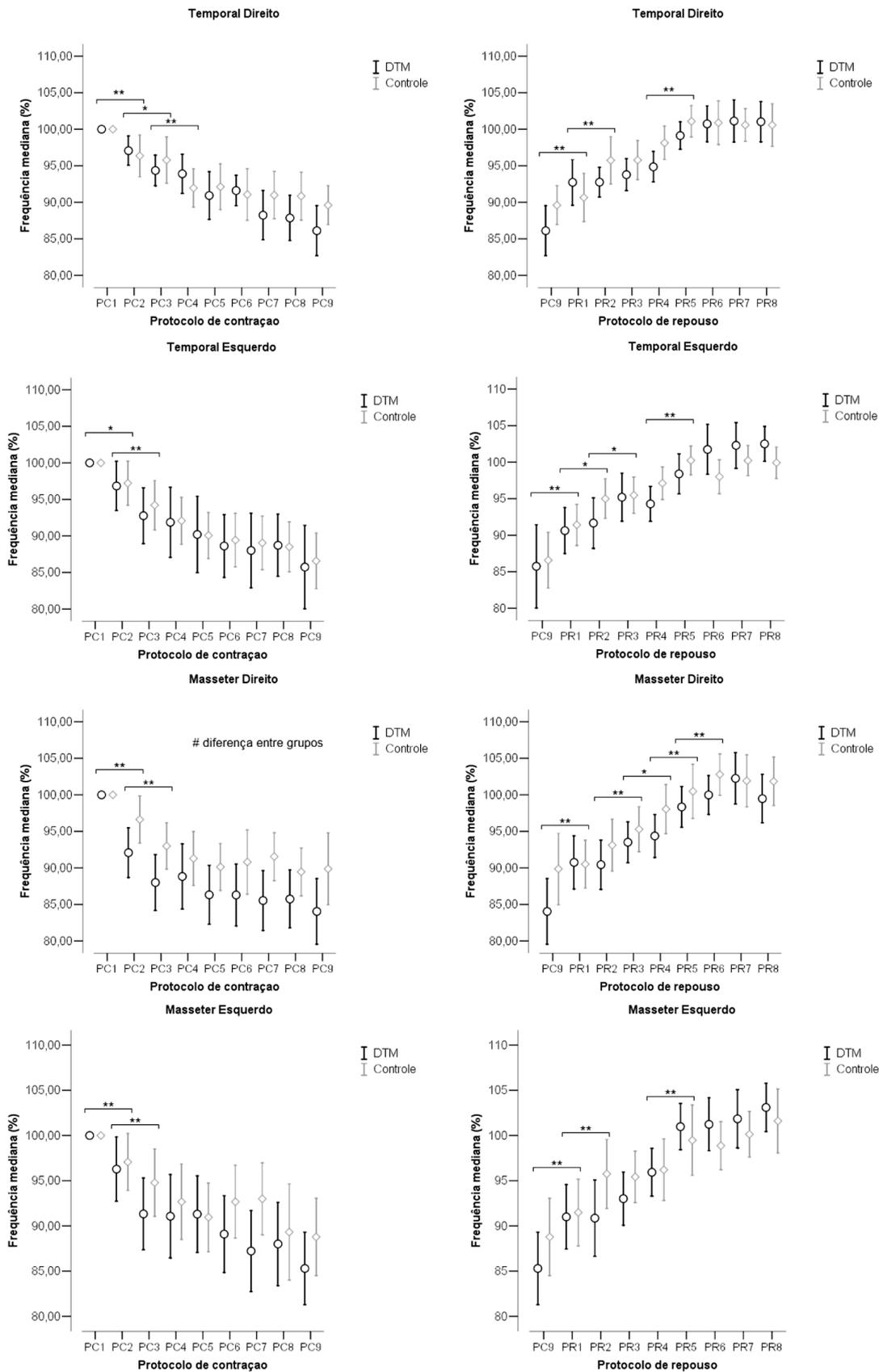


Figura 2. Intervalo de confiança das médias (95%) da frequência mediana (%) entre períodos do protocolo de contração (PC) e de repouso (PR) muscular do grupo DTM e controle
Legenda: *p < 0,05 entre períodos; **p < 0,01 entre períodos; # p < 0,05 entre grupos

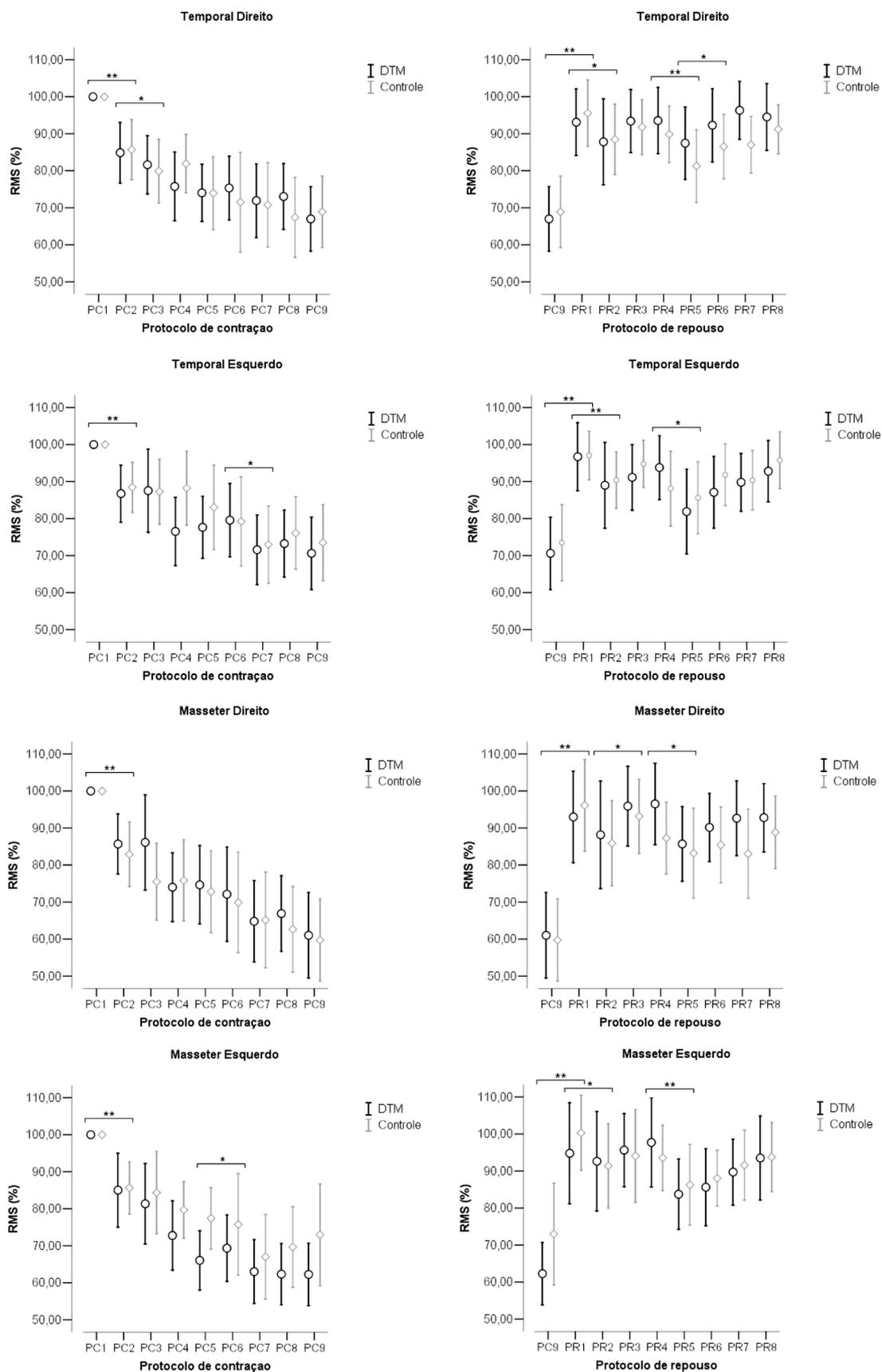


Figura 3. Intervalo de confiança das médias (95%) da atividade muscular (RMS%) entre períodos do protocolo de contração (PC) e de repouso (PR) muscular do grupo DTM e controle
Legenda: *p < 0,05 entre períodos; **p < 0,01 entre períodos

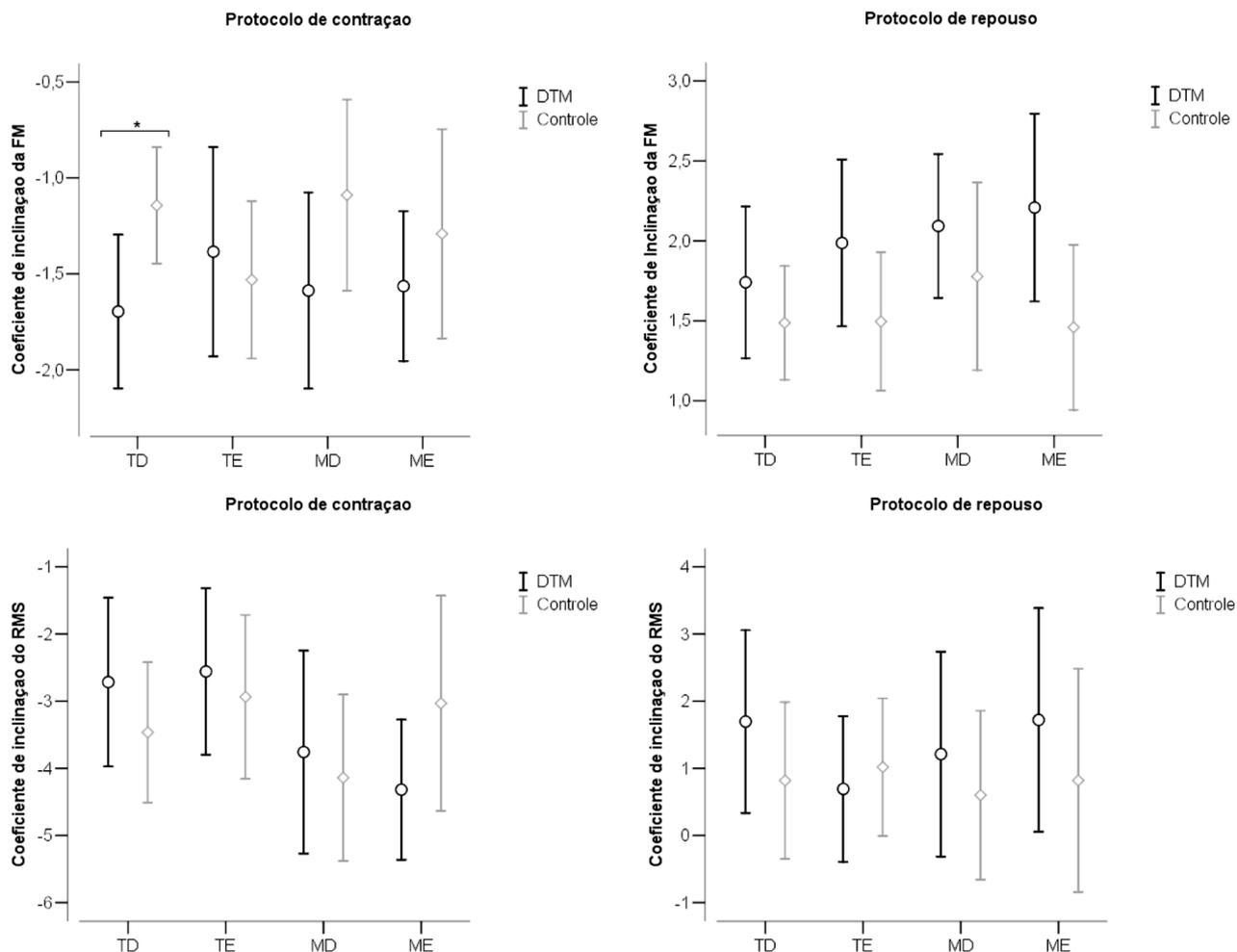


Figura 4. Intervalo de confiança das médias (95%) do coeficiente de inclinação da reta dos valores da frequência mediana (FM) e da raiz quadrada da média (RMS) dos músculos temporal direito (TD), temporal esquerdo (TE), masseter direito (MD) e masseter esquerdo (ME) nos protocolos de contração e de repouso

Legenda: * $p < 0,05$ entre grupos

A análise de variância mostrou que tanto no PC quanto no PR houve efeito do tempo em todos os músculos ($p < 0,001$). No PC, houve diferença significativa ($p < 0,01$) depois de 5 s de contração (T11 # T12). No PR houve diferença significativa ($p < 0,01$) principalmente depois de 5 s e 10 s de repouso (entre PC9 e PR1). Não foi observado efeito do grupo ($p > 0,05$) ou interativo entre grupo e tempo ($p > 0,05$) em nenhum dos testes.

Coeficiente de inclinação da FM (%) e RMS (%) entre grupos

Na Figura 4 observam-se valores negativos do coeficiente de inclinação da reta de regressão linear tanto para FM (%) quanto para RMS (%) em todos os músculos avaliados no PC muscular. No PR muscular esses valores foram positivos. Foi observada, ainda, diferença significativa entre os grupos no coeficiente de inclinação da FM (%) no músculo TD ($p = 0,03$) no PC muscular.

DISCUSSÃO

O presente estudo analisou o efeito do tempo de contração e repouso durante a atividade dos músculos masseter e temporal anterior entre sujeitos com e sem sinais de DTM. Os resultados mostraram um progressivo aumento da suscetibilidade a fadiga durante o PC nos músculos masseter e temporal anterior, bilateralmente, em ambos os grupos, com um significativo aumento depois de 5 s e 10 s de CVM. Uma recuperação significativa foi também observada em ambos os músculos dos dois grupos durante o PR, principalmente depois de 5 s e 10 s de repouso. Quando comparado ao grupo controle, sujeitos com DTM apresentaram maior suscetibilidade a fadiga com diferença significativa nos músculos masseter e temporal direito no PC muscular. Os resultados deste estudo mostram a importância de controlar o tempo de contração e repouso dos músculos mastigatórios durante os protocolos clínicos e de pesquisa.

Contrações musculares fáticas induzem alteração na atividade EMG, as quais são caracterizadas pela redução da FM⁽¹⁷⁾. Nos músculos mastigatórios foi observada uma consistente relação entre o processo da fadiga e a diminuição da FM⁽¹⁸⁾. Os resultados do presente estudo mostram que a FM é um bom indicador para analisar a suscetibilidade à fadiga dos músculos mastigatórios, já que houve progressiva diminuição desse parâmetro com o decorrer do PC. Adicionalmente, houve diminuição significativa na FM (%) dos músculos TD, TE, MD e ME logo nos primeiros 5 s e 10 s de CVM. A suscetibilidade à fadiga iniciou-se em um período anterior ao encontrado por Maton et al.⁽¹⁸⁾, de 10 s, independentemente de a força de mordida ser 15%, 30%, 45%, 60%, 75% ou 90% da máxima.

O progresso da fadiga promove aumento nos valores do RMS provocado pelo recrutamento de novas unidades motoras ativas e a sincronização do seu disparo⁽¹⁹⁾. Contudo, concomitante à diminuição da FM, observou-se progressiva diminuição do RMS no PC em todos os músculos mastigatórios avaliados, com diferença significativa logo após 5 s de CVM. A redução do valor do RMS, depois da instalação da fadiga muscular, também foi observada em outros estudos^(18,20,21). Maton et al.⁽¹⁸⁾ observaram diminuição do RMS durante a manutenção de 90% a 100% da força de mordida e relação entre o tempo de resistência isométrica e o nível de força de mordida.

Apesar de haver diminuição na amplitude da atividade muscular durante a CVM observou-se diminuição da FM. Uma hipótese que pode ser considerada é que o processo de fadiga inclui tanto uma diminuição da amplitude de contração quanto um aumento do tempo de relaxamento das unidades motoras fáticas, compensado pela redução na sua taxa de disparo⁽¹⁸⁾. Então, se o objetivo for prevenir a fadiga dos músculos mastigatórios, tempos inferiores a 5 s devem ser considerados durante uma CVM. Durante a avaliação clínica é necessário evitar a fadiga muscular para prevenir alterações funcionais que comprometeriam a correta análise do sistema mastigatório.

Observa-se que o coeficiente de inclinação da reta para FM foi maior no músculo TD do grupo DTM. Contudo, a análise da progressão da FM (Figura 2) mostra que o músculo MD do grupo DTM foi significativamente menor comparado com o grupo controle. São índices que exibem diferentes aspectos da atividade muscular. A suscetibilidade à fadiga do músculo temporal anterior ocorreu de forma mais progressiva e a do músculo masseter apresentou-se mais intensa nos primeiros períodos para, depois, evoluir lentamente. Em síntese, os músculos MD e ME, principalmente do grupo DTM, foram rapidamente suscetíveis à fadiga. O músculo masseter superficial apresenta maior concentração de fibras tipo IIB, consideradas menos resistentes à fadiga⁽²²⁾. Durante uma CVM, outro estudo encontrou significativa correlação entre o declínio da FM e o acúmulo de metabólitos em consequência da fadiga muscular⁽²³⁾. Acredita-se, então, que tais alterações ocorram de forma mais intensa no grupo DTM.

No protocolo de repouso ocorreu uma progressiva recuperação muscular por meio do aumento da frequência mediana e aumento da amplitude da atividade, havendo diferença significativa, principalmente depois de 5 s (entre PC9 e PR1) e 30 s (entre PR4 e PR5) de repouso. A amplitude da atividade muscular (RMS%)

apresentou recuperação mais acentuada depois de 5 s de repouso e a recuperação (Figura 2) foi, igualmente, mais gradual durante o protocolo de aquisição de dados.

Observou-se que houve recuperação muscular (FM% e RMS%) no PR em todos os músculos e que não houve diferença significativa entre os grupos. Observou-se que, apesar de haver solicitação de uma CVM, os voluntários não conseguiram voltar aos níveis de 100% da atividade inicial ao final do protocolo. Já os níveis de FM, na finalização do PR, ultrapassaram os 100% do começo do protocolo, demonstrando haver recuperação muscular, com níveis de atividade menores aos encontrados inicialmente.

Os resultados do presente estudo mostram que no PC, depois de 5 s de CVM dos músculos mastigatórios, ocorre significativa diminuição da FM e diminuição da atividade muscular nos dois grupos. Já durante o PR, depois de 5 s de repouso, ocorre significativo aumento da FM, concomitantemente ao aumento da atividade muscular nos dois grupos. Contudo, depois de 30 s de repouso, os parâmetros da FM de todos os músculos voltam ao nível inicial, isto é, ao nível do primeiro período analisado. Este estudo recomenda, para fins clínicos e de pesquisa, não ultrapassar 5 s de CVM e considerar o mínimo de 30 s de repouso entre as contrações da musculatura mastigatória, para evitar o aparecimento da fadiga, tanto no grupo controle quanto no grupo DTM.

Uma das limitações deste estudo é a falta de mensuração da força de mordida durante as CVMs. Durante o PC e PR muscular, além do comando verbal do pesquisador, o sujeito contava com a informação visual do monitor para estimular a máxima amplitude de contração. Como não houve monitoramento da força de mordida, não se pôde afirmar a constatação do fenômeno da fadiga. Contudo, mudanças na frequência da atividade elétrica mostram a suscetibilidade à fadiga muscular durante a aquisição eletromiográfica⁽²⁴⁾. Futuros estudos poderiam investigar se os níveis de fadiga e comportamento muscular são diferentes entre sujeitos com nível severo de dor.

CONCLUSÃO

O tempo de CVM e de repouso dos músculos masseter e temporal durante o PC e de PR exerceram um maior efeito depois de 5 s em cada um dos protocolos. Apesar de os sujeitos com DTM apresentarem maior suscetibilidade à fadiga, comparados ao grupo controle, ambos os grupos devem respeitar o tempo máximo de 5 s de CVM e de, no mínimo, 30 s de repouso entre as sucessivas contrações da musculatura mastigatória durante protocolos de avaliação clínica ou de pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Iniciação Científica da Universidade do Estado de Santa Catarina (PROBIC-UDESC) pelas bolsas de estudos recebidas.

REFERÊNCIAS

- Schiffman EL, Friction JR, Haley D. Relationship of occlusion, parafunctional habits and recent life events to mandibular dysfunction in a non-patient population. *J Oral Rehabil.* 1992;19(3):201-23. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2842.1992.tb01095.x>. PMID:1500964.

2. Storm C, Wänman A. A two-year follow-up study of temporomandibular disorders in a female Sami population: validation of cases and controls as predicted by questionnaire. *Acta Odontol Scand.* 2007;65(6):341-7. <http://dx.doi.org/10.1080/00016350701742356>. PMID:18071955.
3. Farella M, Palumbo A, Milani S, Avecone S, Gallo LM, Michelotti A. Synergist coactivation and substitution pattern of the human masseter and temporalis muscles during sustained static contractions. *Clin Neurophysiol.* 2009;120(1):190-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2008.10.004>. PMID:19026593.
4. Ueda HM, Kato M, Saifuddin M, Tabe H, Yamaguchi K, Tanne K. Differences in the fatigue of masticatory and neck muscles between male and female. *J Oral Rehabil.* 2002;29(6):575-82. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.2002.00869.x>. PMID:12071927.
5. Ries LGK, Alves MC, Berzin F. Asymmetric activation of temporalis, masseter, and sternocleidomastoid muscles in temporomandibular disorder patients. *Cranio.* 2008;26(1):59-64. PMID:18290526.
6. Felício CMD, Mapelli A, Sidequersky FV, Tartaglia GM, Sforza C. Mandibular kinematics and masticatory muscles EMG in patients with short lasting TMD of mild-moderate severity. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(3):627-33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.01.016>. PMID:23477915.
7. Liu ZJ, Yamagata K, Kasahara Y, Ito G. Electromyographic examination of jaw muscles in relation to symptoms and occlusion of patients with temporomandibular joint disorders. *J Oral Rehabil.* 1999;26(1):33-47. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.1999.00356.x>. PMID:10080323.
8. Pinho JP, Caldas FM, Mora MJ, Santana-Penin U. Electromyographic activity in patients with temporomandibular disorders. *J Oral Rehabil.* 2000;27(11):985-90. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2842.2000.00571.x>. PMID:11106990.
9. Bodéré C, Téa SH, Giroux-Metges MA, Woda A. Activity of masticatory muscles in subjects with different orofacial pain conditions. *Pain.* 2005;116(1-2):33-41. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2005.03.011>. PMID:15927390.
10. Adam A, De Luca CJ. Firing rates of motor units in human vastus lateralis muscle during fatiguing isometric contractions. *J Appl Physiol.* 2005;99(1):268-80. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01344.2004>. PMID:16036904.
11. Dworkin SF, LeResche L. Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord.* 1992;6(4):301-55. PMID:1298767.
12. Sommerich CM, Joines SMB, Hermans V, Moon SD. Use of surface electromyography to estimate neck muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(6):377-98. [http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00033-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00033-X). PMID:11102841.
13. Ries LGK, Bérzin F. Asymmetric activation of temporalis and masseter muscles in children with cerebral palsy. *Fisioter Mov.* 2009;22(1):45-52.
14. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(5):361-74. [http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4). PMID:11018445.
15. Briesemeister M, Schmidt KC, Ries LGK. Changes in masticatory muscle activity in children with cerebral palsy. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23(1):260-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.09.002>. PMID:23063911.
16. Willardson JM. A brief review: factors affecting the length of the rest interval between resistance exercise sets. *J Strength Cond Res.* 2006;20(4):978-84. PMID:17194236.
17. Merletti R, Botter A, Cescon C, Minetto MA, Vieira TM. Advances in surface EMG: recent progress in clinical research applications. *Crit Rev Biomed Eng.* 2010;38(4):347-79. <http://dx.doi.org/10.1615/CritRevBiomedEng.v38.i4.20>. PMID:21133838.
18. Maton B, Rendell J, Gentil M, Gay T. Masticatory muscle fatigue: endurance times and spectral changes in the electromyogram during the production of sustained bite forces. *Arch Oral Biol.* 1992;31(1):521-9. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-9969\(92\)90134-T](http://dx.doi.org/10.1016/0003-9969(92)90134-T). PMID:1444896.
19. Tarata MT. Mechanomyography versus electromyography, in monitoring the muscular fatigue. *Biomed Eng Online.* 2003;2(1):3. <http://dx.doi.org/10.1186/1475-925X-2-3>. PMID:12625837.
20. Bajaj P, Madeleine P, Sjøgaard G, Arendt-Nielsen L. Assessment of postexercise muscle soreness by electromyography and mechanomyography. *J Pain.* 2002;3(2):126-36. <http://dx.doi.org/10.1054/jpai.2002.122945>. PMID:14622799.
21. Faller L, Nogueira Neto GN, Button VLSN, Nohama P. Avaliação da fadiga muscular pela mecanomiografia durante a aplicação de um protocolo de EENM. *Braz J Phys Ther.* 2009;13(5):422-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552009005000057>.
22. Sano R, Tanaka E, Korfage JAM, Langenbach GEJ, Kawai N, van Eijden TMGJ, et al. Heterogeneity of fiber characteristics in the rat masseter and digastric muscles. *J Anat.* 2007;211(4):464-70. PMID:17692082.
23. Laurent D, Portero P, Goubel F, Rossi A. Electromyogram spectrum changes during sustained contraction related to proton and diprotonated inorganic phosphate accumulation: a ³¹P nuclear magnetic resonance study on human calf muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993;66(3):263-8. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00235104>. PMID:8386617.
24. Woźniak K, Lipski M, Lichota D, Szyszka-Sommerfeld L. Muscle fatigue in the temporal and masseter muscles in patients with temporomandibular dysfunction. *BioMed Res Int.* 2015;2015:269734. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/269734>. PMID:25883949.

Contribuição dos autores

LGKR e ICG foram responsáveis pelo projeto, delineamento do estudo e orientação geral das etapas de execução e elaboração do manuscrito. MDG foi responsável pelo recrutamento dos participantes do estudo e pela coleta dos dados e elaboração do manuscrito. LPS, GMS, VVD e FFS foram responsáveis pelo processamento e análise dos dados, e elaboração do manuscrito.