

# Fadiga dos músculos extensores do punho diminui a força de preensão palmar

*Fatigue of the wrist extensor muscles decreases palmar grip strength*

*La fatiga de los músculos extensores de muñeca disminuye la fuerza de prensión palmar*

Vitor Kinoshita Souza<sup>1,3</sup>, Adrian Freitas Claudino<sup>1</sup>, Heloyse Uliam Kuriki<sup>1,3</sup>, Alexandre Marcio Marcolino<sup>1,2,3</sup>, Marisa de Cássia Registro Fonseca<sup>2</sup>, Rafael Inácio Barbosa<sup>1,2,3</sup>

**RESUMO** | O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de um protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho na força de preensão e da pinça lateral através da dinamometria e eletromiografia de superfície (EMG). Foram selecionados 40 indivíduos do sexo masculino, divididos em dois grupos: preensão ou pinça lateral. O protocolo de fadiga foi baseado no teste de 1 Repetição Máxima (1-RM), seguido da realização do movimento de extensão de punho repetidas vezes com carga de 75% da 1-RM. Os voluntários realizaram as tarefas de preensão ou pinça lateral associadas à dinamometria. A EMG foi realizada para ambos os grupos, analisando o comportamento, segundo o protocolo, pela frequência mediana (FM) do extensor radial do carpo (ERC), do extensor ulnar do carpo (EUC) e do flexor superficial dos dedos (FD). A dinamometria de preensão ou pinça lateral e a EMG foram realizadas antes e após o protocolo de fadiga para ambos os grupos. O protocolo de fadiga foi eficaz na diminuição da força de preensão palmar (43,5±3,85 kgf inicial e 36,50±5,1 kgf final) e da pinça lateral (10,26±1,01 kgf inicial e 8,54±0,86 kgf final), bem como na diminuição da FM, sugerindo uma condição de fadiga do EUC no grupo preensão. Os achados do presente estudo possibilitam relacionar a fadiga dos extensores de punho à diminuição de força em atividades funcionais, como a preensão, o que pode implicar em disfunções musculoesqueléticas do membro superior.

**Descritores** | Força da Mão; Força de Pinça; Fadiga; Eletromiografia.

**ABSTRACT** | The objective of this study was to evaluate the effects of a wrist extensor muscles fatigue protocol at the handgrip and lateral pinch strength through dynamometry and surface electromyography (EMG). Forty male individuals were divided into two groups: handgrip and lateral pinch group. The fatigue protocol was based on the 1 Maximal Repetition (1-MR) test, followed by wrist extension movement repeated multiple times with a load of 75% of 1-MR. The volunteers performed hand grip and lateral pinch with a dynamometer. Surface EMG was performed by both groups to analyze the behavior of median frequency (MF) during a fatigue protocol. The muscles extensor *carpi radialis longus* and *brevis*, extensor *carpi ulnaris*, extensor *digitorum* and flexor *digitorum superficialis* were analyzed. The strength and EMG evaluations were carried out before and after the fatigue protocol in both groups. The fatigue protocol was effective on hand grip strength reduction (43.5±3.85 kgf in baseline and 36.50±5.1 kgf final) and lateral pinch strength reduction (10.26±1.01 kgf in baseline and 8.54±0.86 kgf final) ( $p<0.05$ , 95% CI). At the EMG analysis, using median frequency, an ulnaris carpal extensor muscle fatigue at the handgrip group was evidenced. The findings indicate that wrist extensors fatigue can decrease the strength in functional activities such as handgrip, resulting in upper limb dysfunctions.

**Keywords** | Hand Strength; Pinch Strength; Fatigue; Electromyography.

<sup>1</sup>Laboratório de Avaliação e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Universidade Federal de Santa Catarina (LARAL/UFSC) – Araranguá (SC), Brasil.

<sup>2</sup>Laboratório de Pesquisa Clínica da Mão e do Membro Superior da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (LabMão-USP) – Ribeirão Preto (SP), Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação da Universidade Federal de Santa Catarina – Araranguá (SC), Brasil.

Endereço para correspondência: Rafael Inácio Barbosa – UFSC, Campus Mato Alto – Rua Pedro João Pereira, nº 150, Araranguá (SC), Brasil – CEP: 88905-120 – E-mail: rafael.barbosa@ufsc.br – Fonte de financiamento: Nada a declarar – Conflito de interesse: Nada a declarar – Apresentação: nov. 2016 – Aceito para publicação: mar. 2017 – Aprovado pelo parecer do Comitê de Ética nº 122645/2015.

**RESUMEN** | En este estudio se evalúa los resultados de un protocolo de fatiga de los músculos extensores de muñeca en la fuerza de presión y de pinza empleando la dinamometría y la electromiografía de superficie (EMG). Se eligieron a cuarenta hombres, los cuales fueron divididos en dos grupos: el de presión y el de pinza lateral. Se basó el protocolo de fatiga en la prueba de 1 Repetición Máxima (1RM), y se realizó el movimiento de extensión de muñeca muchas veces con carga del 75% de la 1RM. Los participantes realizaron la tarea de presión o de pinza lateral asociada a la de dinamometría. La EMG fue realizada por ambos grupos, en los que se evaluó el comportamiento ante el protocolo de la frecuencia mediana (Fm) del extensor radial del carpo (ERC), del extensor cubital del carpo (ECC) y del flexor

superficial de los dedos (FD). Se realizaron la dinamometría de presión o de pinza lateral y la EMG antes y después del protocolo de fatiga en ambos grupos. El protocolo de fatiga fue eficaz en la disminución de la fuerza de presión palmar ( $43,5 \pm 3,85$  kgf inicial y  $36,50 \pm 5,1$  kgf final) y de pinza lateral ( $10,26 \pm 1,01$  kgf inicial y  $8,54 \pm 0,86$  kgf final), así como en la disminución de la Fm, lo que demuestra una condición de fatiga del ECC en el grupo de presión. Los resultados de este estudio permiten relacionar la fatiga de los extensores de muñeca a la disminución de fuerza en las actividades funcionales, lo que puede causar trastornos musculoesqueléticos del miembro superior.

**Palabras clave** | Fuerza de la Mano; Fuerza de Pellizco; Fatiga; Electromiografía.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as afecções traumato-ortopédicas do membro superior vêm merecendo destaque na literatura científica, com o aumento da incidência de lesões traumáticas<sup>1,2</sup> e de diferentes patologias relacionadas à sobrecarga musculoesquelética<sup>3,4</sup>. Na avaliação dos resultados de pacientes tratados por doenças do membro superior, são utilizados vários parâmetros clínicos, entre os quais destacamos a força de preensão palmar e da pinça lateral<sup>5,6</sup>. Indivíduos com disfunção na preensão palmar e na pinça lateral apresentam prejuízo nas atividades de vida diária, sendo necessário o retorno da força a esse segmento corporal<sup>7,8</sup>.

A capacidade sensorial – combinada com a agilidade – é indispensável para a execução diária dos movimentos do segmento distal do membro superior. Os músculos dessa região são de extrema importância, pois viabilizam a prática de movimentos como a pinça lateral e a preensão, para os quais é necessário um conjunto de ações musculares, como a ativação de músculos extensores de punho associada à contração de flexores dos dedos<sup>9-11</sup>.

Bawa et al.<sup>12</sup> descrevem o sinergismo existente entre a musculatura extensora de punho e flexora dos dedos, no qual os músculos extensores atuam na estabilização do punho em extensão durante as atividades de preensão e pinça. Estudos que investiguem essa relação sinérgica em atividades funcionais são importantes para o entendimento da fisiopatologia e para delinear a prevenção e os protocolos de tratamento em disfunções musculoesqueléticas, como a epicondilite lateral<sup>5,13</sup>.

Caporrino et al.<sup>14</sup>, em um estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar® para a população brasileira, definiram que a média de força de preensão palmar no lado dominante é de  $44,2 \pm 8,9$  kgf para o sexo masculino e  $31,6 \pm 7,5$  kgf para o feminino. Com o mesmo objetivo, Araujo et al.<sup>15</sup> realizaram um estudo populacional da força de pinça com um dinamômetro pinch gauge™ e concluíram que a força de pinça lateral no sexo masculino apresenta uma média de  $9,9 \pm 1,9$  kgf e, no feminino,  $6,7 \pm 1,4$  kgf. Estudos referentes a dados normativos para preensão e pinça são apresentados em diferentes países e servem como referência na prática clínica no intuito de comparar possíveis alterações de força de preensão e pinça decorrentes de diferentes lesões do membro superior<sup>6,16</sup>. Tang et al.<sup>17</sup> descrevem que mudanças nos parâmetros biomecânicos do punho podem ser um importante causador de patologias e disfunções; Alizadehkhayat et al.<sup>18</sup> descreve a fadiga como uma possível etiologia de disfunções do punho e do cotovelo.

A fadiga muscular é comumente descrita como um decréscimo gradual, decorrente da atividade, da função contrátil que reduz a capacidade muscular de gerar força. Esta pode apresentar origem central ou periférica, sendo que, na origem periférica, ocorre o aumento no potássio extracelular, na quantidade de fosfato inorgânico, na produção de espécies reativas de oxigênio, nos níveis de lactato e na concentração de íons de hidrogênio e fosfato inorgânico. Devido ao consumo energético, os níveis de adenosina trifosfato (ATP) diminuem devido à utilização do substrato em forma de energia. A quebra de ATP resulta em adenosina difosfato (ADP), o que justifica o aumento de sua concentração durante a fadiga muscular<sup>19</sup>.

A avaliação eletromiográfica (EMG) busca investigar parâmetros que envolvem a ação muscular, tais como: fadiga, velocidade de condução, diagnóstico de doenças musculares e o padrão de recrutamento muscular<sup>20-22</sup>. A frequência mediana (FM) é o parâmetro mais confiável para a mensuração das mudanças dos espectros da EMG, uma vez que este parâmetro é menos sensível a ruídos e mais sensível a mudanças fisiológicas relacionadas à fadiga muscular, como o acúmulo de lactato e potássio extracelular. Este acúmulo metabólico leva à redução da velocidade de condução do potencial de ação, resultando em um declínio nos valores de FM uma vez que o músculo entra em fadiga<sup>23-25</sup>. Estudos demonstram a dificuldade em se avaliar a EMG da musculatura do antebraço devido à proximidade entre o compartimento extensor e o flexor<sup>26,27</sup>. Rota et al.<sup>28</sup> descrevem a influência da fadiga na performance muscular de atletas de tênis e relatam a importância da eletromiografia de superfície na avaliação da ativação e da fadiga nos músculos do membro superior nessa população.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar o padrão da EMG de superfície em um protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho e a relação desse protocolo na alteração da força de preensão e da pinça lateral.

## METODOLOGIA

O estudo caracterizou-se como controlado randomizado, com uma proposta de avaliação de indivíduos antes e após um protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho, tendo como desfechos a força de preensão palmar, a pinça lateral e a atividade eletromiográfica em diferentes grupos, e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Catarina (parecer nº 122645/2015). Todos os sujeitos recrutados assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

## SUJEITOS

Foram voluntários e incluídos na pesquisa 40 indivíduos do sexo masculino com idade entre 18 e 25 anos, não praticantes de atividade física regular, os quais foram subdivididos em dois grupos de 20 indivíduos: Grupo Preensão e Grupo Pinça Lateral.

Como critérios de não recrutamento, considerou-se o histórico de lesões nervosas associadas a lesões complexas múltiplas, ósseas ou articulares, presença de lesão do sistema nervoso central, doenças reumáticas, Hanseníase e qualquer afecção nos membros superiores.

A randomização para montagem dos grupos foi baseada em uma sequência de números aleatórios gerados pelo programa Excel®.

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Avaliação e Reabilitação do Aparelho Locomotor (LARAL) da UFSC Araranguá, sendo divididas em dois momentos: no primeiro dia, foi calculada a 1-RM (repetição máxima) para os músculos extensores de punho no membro superior dominante e, após uma semana, foi realizada a avaliação pré-fadiga (EMG associada à tarefa de preensão ou pinça lateral, dependendo do grupo), o protocolo de fadiga dos extensores e a avaliação pós-fadiga (EMG associada à tarefa de preensão ou pinça lateral).

## PROCEDIMENTOS

### Protocolo de Fadiga

Os participantes foram orientados a não realizar atividades físicas moderadas ou vigorosas 24 horas antes da coleta dos dados.

A carga utilizada para o protocolo de fadiga foi baseada no teste de 1-RM, que consistiu na maior carga com que o voluntário conseguiu realizar a extensão completa de punho, partindo de uma flexão total deste.

O protocolo de fadiga consistiu na realização dos movimentos de flexão e extensão de punho nas amplitudes máximas, com o cotovelo em extensão (Figura 1), com carga de 75% da 1-RM, predefinida para cada voluntário, associado ao uso de um metrônomo com frequência de 50 bpm, sendo interrompido quando o voluntário foi incapaz de manter a frequência em dois movimentos consecutivos ou três alternados ou não conseguiu realizar a amplitude máxima<sup>29,30</sup>.

Para o cálculo da RM e da fadiga, foram utilizadas caneleiras (0,5, 1,0, 2,0 e 5,0 Kg) adaptadas a uma corrente e fixadas a um tirante, o qual foi posicionado no dorso do punho dos voluntários. O posicionamento do tirante no dorso da mão foi usado para evitar a contração dos músculos flexores de dedos durante o protocolo de fadiga, o que ocorreria se fosse utilizado um halter para tal proposta.

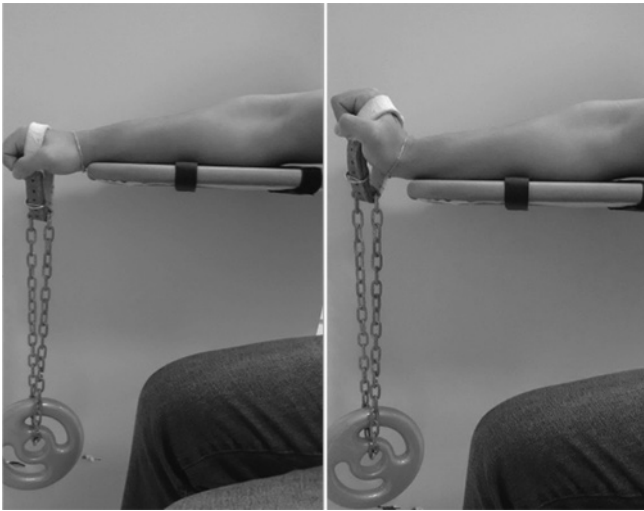


Figura 1. Posicionamento do membro superior e da resistência para execução do protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho.

### Tarefa de Preensão ou Pinça Lateral associada à EMG

As tarefas realizadas pelos voluntários foram: preensão palmar utilizando o dinamômetro Jamar® (Grupo Preensão) ou pinça lateral com o Pinch Gauge® (Grupo Pinça Lateral). O posicionamento do indivíduo para avaliação seguiu a recomendação da ASHT (*American Society of Hand Therapy*), a qual é seguida pela SBTM (Sociedade Brasileira de Terapia da Mão e do Membro Superior)<sup>31</sup>. Os indivíduos foram posicionados de maneira confortável em uma cadeira sem apoio para os braços, com os pés totalmente apoiados no chão, o braço paralelo ao corpo, cotovelo a 90° e antebraço em posição neutra. As avaliações ocorreram antes e após o protocolo de fadiga proposto.

O sinal elétrico do músculo foi captado pelo eletromiógrafo Miotool 400 (Miotec® – Porto Alegre (RS), Brasil), interfaciado com o software Miograph® (Miotec®), com um conversor analógico para digital (A/D) de 14 bits de resolução, aquisição amplificada em 2000 Hz e modo comum de rejeição de 100dB, com filtro passa banda de 10-500 Hz. Os eletrodos com contato bipolar de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata) e distância de 20 mm entre os polos (Medtrace®) foram posicionados nos músculos: extensor radial do carpo – curto e longo (ERC) –, extensor ulnar do carpo (EUC) e flexor superficial dos dedos (FD)<sup>32</sup> (Figura 2). Foram solicitadas três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) mantidas por 6 segundos, com intervalo de descanso de um minuto entre cada tarefa para ambos os grupos. As avaliações ocorreram antes e após o protocolo de fadiga, com o eletrodo de referência posicionado sobre o acrômio do membro dominante.



Figura 2. Posicionamento dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico dos músculos extensor ulnar do carpo (EUC), extensor radial do carpo (ERC) e flexor superficial dos dedos (FSD) durante a tarefa de preensão palmar e pinça lateral.

### Análise dos Dados

Os traçados eletromiográficos foram processados no domínio da frequência, sendo extraída a frequência mediana (FM) em Hertz. O tempo de exaustão do protocolo de fadiga foi calculado em segundos, e as medidas de força de preensão e pinça lateral mensuradas em kgf.

A análise estatística foi realizada pelo programa GraphPad Prism™, versão 6.0. A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk, tendo sido aplicado o teste ANOVA *One Way* com *pós-hoc* de Tukey, considerando a significância de 5%.

### RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados antropométricos e a idade da amostra, que se mostraram homogêneos entre os grupos.

Tabela 1. Características iniciais dos grupos.

	Preensão (n=20)	Pinça Lateral (n=20)
Idade (DP) – anos	22.32 (±3.58)	21.94 (±1.73)
Dominância (D/E)	17/3	18/2
IMC (DP) - kg/m <sup>2</sup>	24.75 (±2.15)	25.11 (±3.02)
1- RM (DP) – kg	12.35 (±2.32)	12.62 (±2.49)

IMC: Índice de Massa Corporal; RM: Repetição Máxima.

Na avaliação da força de preensão palmar e pinça lateral, pode-se observar que houve diferença significativa quando comparada à avaliação pré e pós-protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho, evidenciando a diminuição da força em ambos os grupos (Figura 3).

Na avaliação do tempo de exaustão (em segundos) durante o protocolo de fadiga para ambos os grupos, pode-se observar que não houve diferença estatística, sendo que o tempo médio foi de 33 e 35 segundos para os grupos Preensão e Pinça Lateral, respectivamente.

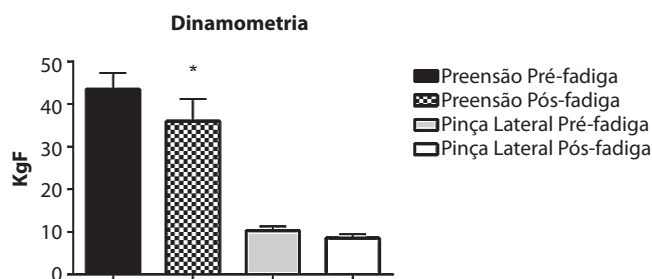


Figura 3. Valores médios (desvio padrão) da força em kilograma-força dos grupos preensão e pinça lateral nos momentos pré e pós-fadiga. \* $p < 0,05$  - IC 95% preensão pré-fadiga versus preensão pós-fadiga.

Na análise dos traçados eletromiográficos a partir dos valores de FM, pode-se observar que ocorreu uma maior frequência no EUC para ambos os grupos na avaliação inicial, quando comparada aos demais músculos. Vale ressaltar que apenas o EUC do Grupo Preensão apresentou uma diminuição significativa nos valores da FM, quando comparadas a avaliação inicial e a final (Figura 4).

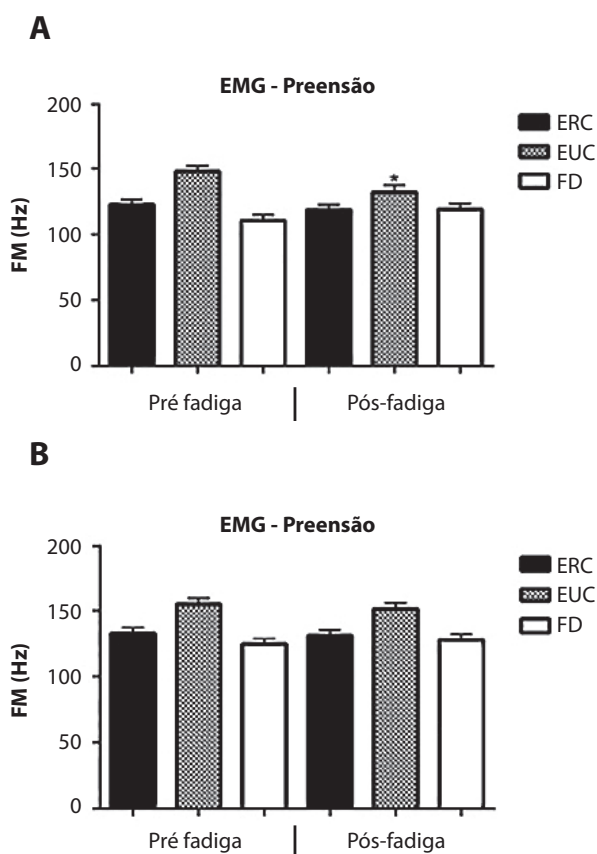


Figura 4. A - Valores médios da frequência mediana (FM) dos músculos extensor radial do carpo (ERC), extensor ulnar do carpo (EUC) e flexor superficial de dedos (FSD) para o grupo preensão. B - Valores médios da frequência mediana (FM) dos músculos extensor radial do carpo (ERC), extensor ulnar do carpo (EUC) e flexor superficial de dedos (FSD) para o grupo pinça lateral, \* $p < 0,05$  - IC 95% versus respectivo pré.

## DISCUSSÃO

As avaliações da força de preensão palmar e da pinça lateral são amplamente utilizadas para detectar incapacidades do membro superior, além da própria capacidade para o trabalho. Tarefas manuais como preensão palmar e pinça lateral são objetos de estudos pois a mão combina duas funções diferentes: a força e a destreza. Além disso, a força de preensão palmar é preditora de incapacidades futuras, morbidade e mortalidade, não apenas em idosos mas também em pessoas de meia-idade e jovens<sup>6,33-35</sup>, o que fortalece a importância de estudos nessa área.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos imediatos de um protocolo de fadiga nos músculos extensores de punho e sua relação com a força de preensão palmar e pinça lateral em diferentes grupos. Os indivíduos aceitaram bem o protocolo, não ocorrendo qualquer queixa com relação ao tempo de avaliação. Este mostrou ser eficaz na diminuição da força dos flexores dos dedos, evidenciando o efeito sinérgico entre os extensores de punho e os flexores de dedos. Corroborando o presente estudo, Danna-Dos Santos et al.<sup>36</sup> referem que a fadiga altera a força muscular e a coordenação dos músculos da mão.

Diferentes estudos buscam observar as propriedades biomecânicas na relação sinérgica entre os extensores de punho e os flexores de dedos nas disfunções musculoesqueléticas, os quais buscaram avaliar a função dos músculos do antebraço em jogadores profissionais de tênis com ou sem epicondilite. Entre os achados, os autores relatam a necessidade de avaliar a ativação e a fadiga na musculatura extensora de punho na tentativa de identificar os jogadores mais suscetíveis ao desenvolvimento da epicondilite lateral<sup>18,37</sup>.

Nosso estudo buscou identificar em indivíduos normais a relação da fadiga dos extensores nas alterações da força de preensão e pinça lateral, sendo que os achados com relação à preensão indicam a necessidade de estudos futuros analisando o padrão em indivíduos com epicondilite lateral do cotovelo, comumente observada na população assistida pela fisioterapia.

A avaliação eletromiográfica vem sendo utilizada para a avaliação da musculatura do antebraço na busca de um padrão de recrutamento. Mesmo com uma grande variedade de estudos, pode-se observar que ainda não há um consenso sobre o posicionamento dos eletrodos e a influência de diferentes angulações do punho na tarefa de preensão palmar<sup>32,34,38,39</sup>.

Os processos fisiológicos musculares podem ser analisados pelo sinal eletromiográfico durante atividades padronizadas. Assim, o aumento da amplitude durante contrações sustentadas tem sido atribuído a um aumento da ativação neuromuscular, decorrente de um maior recrutamento de unidades motoras para compensar a saturação de fibras que já estão fadigadas, evitando, assim, a falência imediata do sistema<sup>24</sup>. Nossos achados eletromiográficos evidenciaram uma diminuição da frequência mediana do EUC em ambos os grupos, com diferença estatística para o grupo preensão após o protocolo de fadiga. Na avaliação do Grupo Preensão, apenas o EUC apresentou declínio na FM, o que sugere uma fadiga deste após o protocolo na semana 2 quando comparada à avaliação pré e pós-fadiga dos extensores de punho.

O declínio na FM também é observado no estudo de Da Silva et al.<sup>25</sup> em músculos da região lombar, quando os autores buscaram comparar os parâmetros da fadiga em jovens e idosos com dor lombar crônica. Larivière et al.<sup>40</sup> apontaram a mesma alteração sobre a FM no músculo glúteo máximo quando analisaram a especificidade de um exercício sobre a “cadeira romana” em pessoas saudáveis ou com dor lombar. Da Silva et al.<sup>41</sup> avaliaram a reprodutibilidade da FM na fadiga muscular localizada para os ventres do quadríceps e concluíram que a FM é um parâmetro reprodutível e sensível para a caracterização da fadiga muscular. Na mesma linha, Rota et al.<sup>28</sup> descrevem a influência da fadiga do músculo peitoral maior e dos músculos do antebraço na diminuição da performance de atletas de tênis.

Nosso estudo demonstra a importância da avaliação eletromiográfica dos músculos extensores do punho associada à força de preensão palmar ou pinça lateral como indicativo de fadiga muscular. Assim, sugere-se a incorporação dessas análises nas rotinas clínicas que envolvem a avaliação e o tratamento de pacientes com disfunções do membro superior, mais especificamente dos músculos extensores do punho e flexores dos dedos de indivíduos que executam movimentos resistidos e repetidos do punho.

Entre as limitações do estudo, consideramos o reduzido tempo de seguimento dos voluntários, o que sugere um efeito em curto prazo e a necessidade de comparação com outros modelos associados a patologias traumato-ortopédicas no membro superior.

## CONCLUSÃO

Na amostra e no modelo utilizados, podemos concluir que o protocolo de fadiga dos músculos extensores de punho foi eficaz na diminuição da força de preensão palmar e pinça lateral. Além disso, o extensor ulnar do carpo apresentou um decréscimo na frequência mediana, sugerindo a fadiga desse músculo. Os achados sugerem que novos estudos com essa metodologia podem trazer contribuições quando da sua avaliação sinérgica ou na relação agonista/antagonista desses grupos musculares, relacionando-a à etiologia e ao tratamento das disfunções musculoesqueléticas do antebraço e do punho.

## REFERÊNCIAS

1. Avery DM, Rodner CM, Edgar CM. Sports-related wrist and hand injuries: a review. *J Orthop Surg Res.* 2016;11:99. doi: 10.1186/s13018-016-0432-8.
2. Rubin G, Peleg K, Givon A; Israel Trauma Group, Rozen N. Upper extremity fractures among hospitalized road traffic accident adult. *Am J Emerg Med.* 2015;33:250-3. doi: 10.1016/j.ajem.2014.11.048.
3. Henderson CJ, Kobayashi KM. Ulnar-sided wrist pain in the athlete. *Orthop Clin North Am.* 2016;47(4):789-98. doi: 10.1016/j.ocl.2016.05.017.
4. Dimitrios S. Exercise for tendinopathy. *World J Methodol.* 2015;5(2):51-4. doi: 10.5662/wjm.v5.i2.51.
5. Chourasia AO, Buhr KA, Rabago DP, Kijowski R, Irwin CB, Sesto ME. Effect of lateral epicondylitis on grip force development. *J Hand Ther.* 2012;25(1):27-36. doi: 10.1016/j.jht.2011.09.003.
6. Fain E, Weatherford C. Comparative study of millennials' (age 20-34 years) grip and lateral pinch with the norms. *J Hand Ther.* 2016;29(4):1-5. doi: 10.1016/j.jht.2015.12.006.
7. Vinjamuri R, Mao ZH, Sclabassi R, Sun M. Limitations of surface EMG signals of extrinsic muscles in predicting postures of human hand. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;1:5491-4. doi: 10.1109/IEMBS.2006.260329.
8. Krischak A, Krasteva F, Schneider D, Gulkin F, Gebhard M. Physiotherapy after volar plating of wrist fractures is effective using a home exercise program. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(4):537-44.
9. Hoozemans MJM, Van Dieën JH. Prediction of handgrip forces using surface EMG of forearm muscles. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(4):358-66. doi: 10.1016/j.jelekin.2004.09.001.
10. Finneran A, O'sullivan L. Effects of grip type and wrist posture on forearm EMG activity, endurance time and movement accuracy. *Int J Industr Ergon.* 2013;43(1):91-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2012.11.012>.
11. Shimose R, Matsunaga A, Muro M. Effect of submaximal isometric wrist extension training on grip strength. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(3):557-65. doi: 10.1007/s00421-010-1675-4.

12. Bawa P, Chalmers GR, Jones KE, Seggaard K, Walsh MI. Control of the wrist joint in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2000;83(2):116-27.
13. Coombes BK, Bisset L, Vicenzino B. Management of lateral elbow tendinopathy: one size does not fit all. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015;45(11):938-49. doi: 10.2519/jospt.2015.5841.
14. Caporrino FA, Faloppa F, Santos JBG, Réssio C, Soares FHC, Couto FH, et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar®. *Rev Bras Ortop*. 1998;33(2):150-4.
15. Araújo MP, Pola MP, Caporrino FA, Faloppa F, Albertoni M. Estudo populacional das forças das pinças polpa-a-polpa, tripode e lateral. *Rev Bras Ortop*. 2002;37(11/12):496-504.
16. Steiber N. Strong or weak handgrip? Normative reference values for the german population across the life course stratified by sex, age, and body height. *PLoS ONE*. 2016;11(10):e0163917.
17. Tang JB, Ryu J, Han J, Omokawa S, Kish V, Wearden S. Biomechanical changes of the wrist flexor and extensor tendons following loss of scaphoid integrity. *J Orthop Res*. 1997;15(1):69-75. doi: 10.1002/jor.1100150111.
18. Alizadehkhayat O, Fisher AC, Kemp GJ, Vishwanathan K, Frostick SP. Upper limb muscle imbalance in tennis elbow: a functional and electromyographic assessment. *J Orthop Res*. 2007;25:1651-7. doi: 10.1002/jor.20458.
19. Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev*. 2008;88:287-332. doi: 10.1152/physrev.00015.2007.
20. Reaz MBI, Hussain MS, Mohd-yasin F. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biol Proced Online*. 2006;8(1):11-35. doi: 10.1251/bpo115.
21. Pinter IJ, Bobbert MF, Soest AJKV, Smeets JBJ. Isometric torque-angle relationships of the elbow flexors and extensors in the transverse plane. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20(5):923-31. doi: 10.1016/j.jelekin.2010.05.001.
22. Keir PJ, Brow MM. Force, frequency and gripping alter upper extremity muscle activity during a cyclic push task. *Ergonomics*. 2012;55(7):813-24. doi: 10.1080/00140139.2012.668947
23. Bonato P, Roy SH, Knaflitz M, De Luca CJ. Time-frequency parameters of the surface myoelectric signal for assessing muscle fatigue during cyclic dynamic contractions. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2001 Jul;48(7):745-53. doi: 10.1109/10.930899.
24. De luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal Applied Biomechanics*. 1997;13:135-163.
25. Silva RA et al. Back muscle fatigue of younger and older adults with and without chronic low back pain using two protocols: a case-control study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(6):928-936.
26. Mogk JPM, Keir PJ. The effects of posture on forearm muscle loading during gripping. *Ergonomics*. 2003;46(9):956-975.
27. Kong Y, Hallbeck MS, Jung M. Crosstalk effect on surface electromyogram of the forearm flexors during a static grip task. *J Electromyogr Kinesiol*. 2010;20:1223-1229. doi: 10.1016/j.jelekin.2010.08.001.
28. Rota S, Morel B, Saboul D, Rogowski I, Hautier C. Influence of fatigue on upper limb muscle activity and performance in tennis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2014;24: 90-7. doi: 10.1016/j.jelekin.2013.10.007.
29. Bruniera CAV, Rogério FRPG, Rodacki ALF. Stabilometric response during single-leg stance after lower limb muscle fatigue. *Braz J Phys Ther*. 2013;17(5):464-9. doi: 10.1590/S1413-35552012005000119.
30. Leal Junior EC, Lopes-Martins RA, Dalan F, Ferrari M, Sbabo FM, Generosi RA, et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. *Photomed Laser Surg*. 2008;26:419-424. doi: 10.1089/pho.2007.2160.
31. Mathiowetz V, Wiemer DM, Federman SM. Grip and pinch strength: norms for 6- to 19-year-olds. *Am J Occup Ther*. 1986;40(10):705-11.
32. Marcolino AM, Barbosa RI, Rodrigues E, Tamanini G, Colombari F, Fonseca MC. Influence of volar and dorsal static orthoses in different wrist positions on muscle activation and grip strength in healthy subjects. *Hand Ther*. 2014;19(4):114-25.
33. Sayer AA, Kirkwood TB. Grip strength and mortality: a biomarker of ageing? *Lancet*. 2015;386:226-7. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)62349-7.
34. Tanaka DM, Ferreira, Aline Miranda, Colombari F, Barbosa RI, Marcolino AM, Mazzer N, Fonseca MC. Muscles co-activation and wrist position during sustained grip in healthy subjects. *Revista do Instituto de Ciências da Saúde*. 2014;32:194-197.
35. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, Sayer AA. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011;40(4):423-9. doi: 10.1093/ageing/afr051.
36. Danna-Dos Santos A, Poston B, Jesunathadas M, Bobich LR, Hamm TM, Santello M. Influence of fatigue on hand muscle coordination and EMG-EMG coherence during three-digit grasping. *J Neurophysiol*. 2010;104(6):3576-87. doi: 10.1152/jn.00583.2010.
37. Alizadehkhayat O, Frostick SP. Electromyographic assessment of forearm muscle function in tennis players with and without Lateral Epicondylitis. *J Electromyogr Kinesiol*. 2015;25:876-86. doi: 10.1016/j.jelekin.2015.10.013.
38. Ferreira AM, Fonseca MCR, Tanaka DM, Barbosa RI, Marcolino AM, Elui VMC, Mazzer N. Should we think about wrist extensor after flexor tendon repair? *SAGE Open Med*. 2013;1:1-6. doi: 10.1177/2050312113494974.
39. Coldham F, Lewis J, Lee H. The reliability of one vs. three grip trials in symptomatic and asymptomatic subjects. *J Hand Ther*. 2006;19:318-27. DOI: 10.1197/j.jht.2006.04.002.
40. Larivière C, Da Silva RA, Arsenault AB, Nadeau S, Plamondon A, Vadeboncoeur R. Specificity of a back muscle roman chair exercise in healthy and back pain subjects. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(1):157-64. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181e96388.
41. Silva CR, Geres BS, Kuriki HU, Negrão Filho RF, Alves N, Azevedo FM. Análise da reprodutibilidade de parâmetros no domínio da frequência do sinal EMG utilizados na caracterização da fadiga muscular localizada. *Motriz*. 2012;18(3):456-64. http://dx.doi.org/10.1590/S1980-65742012000300006.