

ANÁLISE DA IRRADIAÇÃO EM MÚSCULOS HOMÓLOGOS E CONTRALATERAIS DURANTE ATIVIDADE UNILATERAL DE EXTENSÃO DE PUNHO

A. M. Freitas*, L. M. D. Luiz*, M. B. Silva*, D. C. S. Pelet**, L. F. R. M. Fernandes**, A. B. Soares*

*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

**Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil

e-mail: amanda.medeirosf@yahoo.com.br

Resumo: A Irradiação é caracterizada pela presença de sinais eletromiográficos em músculos homólogos e contralaterais durante a realização de contração voluntária máxima. O objetivo deste estudo foi analisar a existência de irradiação nos músculos extensor radial longo do carpo e extensor ulnar do carpo durante a contração isométrica voluntária máxima unilateral de extensão do punho. Os resultados mostraram diferença significativa entre os valores de RMS dos momentos de repouso e de irradiação, com um aumento de 192,82% da atividade mioelétrica no músculo ulnar esquerdo. A análise estatística mostra ainda que não houve diferença significativa entre irradiações do membro dominante em relação ao não dominante.

Palavras-chave: Irradiação, facilitação neuromuscular proprioceptiva, contração isométrica voluntária máxima.

Abstract: Motor irradiation is characterized by the presence of electromyographic signals in homologous and contralateral muscles during the performance of maximal voluntary contraction. The aim of this study was to analyze the existence of motor irradiation on extensor carpi radialis longus and extensor carpi ulnaris during unilateral maximal voluntary isometric contraction of wrist extension. The results showed significant differences between resting and irradiation, with an increase of 192.82% measured in the left ulnar muscle. No significant differences were observed between irradiation from dominant members with respect to non-dominants.

Keywords: Motor irradiation, proprioceptive neuromuscular facilitation, maximal voluntary isometric contraction.

Introdução

A Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) é um método terapêutico que tem como objetivo melhorar (facilitar) o desempenho do sistema neuromuscular por meio de estimulação dos proprioceptores musculares e articulares [1, 2]. Essa facilitação é alcançada por meio de técnicas fisioterápicas, como a irradiação motora. O fenômeno da irradiação é decorrente da execução de contração voluntária máxima de forma resistida, na qual os padrões de ativação musculares não se restringem apenas à musculatura agonista, mas irradiam para músculos homólogos e contralaterais [3], podendo

beneficiar e trazer qualidade de vida a indivíduos com queimaduras, fraturas, artrites, lesões desportivas e neuromotoras, fortalecendo a musculatura fraca e lesionada por meio da musculatura íntegra e forte, o que justificaria sua utilização na prática clínica.

A ativação muscular decorrente da irradiação pode ser quantificada por meio da eletromiografia de superfície, posicionando eletrodos sobre os músculos de interesse no membro contralateral. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a existência de sinal eletromiográfico no membro contralateral à contração isométrica voluntária máxima (CIVM) contra resistência, analisando também se a dominância do membro superior interfere no nível de irradiação. Este estudo, diferente dos trabalhos que o precedem [3-6], propõe analisar a irradiação comparando os momentos de contração em relação aos momentos de repouso, considerando apenas o membro contralateral. O que se vê em trabalhos anteriores é a comparação entre os momentos de contração, analisando o membro contralateral em relação ao membro em atividade.

Materiais e métodos

Amostra

Participaram do estudo 9 sujeitos saudáveis sem histórico de trauma nos membros superiores. Dos 9 sujeitos, 7 eram do sexo masculino e 2 do sexo feminino. A faixa etária dos participantes foi de 21 a 35 anos. Todos voluntários possuíam dominância no membro superior direito. As coletas foram realizadas no Laboratório de Engenharia Biomédica (BIOLAB) da Universidade Federal de Uberlândia e no Laboratório de Biomecânica e Controle Motor (LABCOM) do Departamento de Fisioterapia Aplicada da Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido segundo protocolo de número 2713 aprovado pelo Comitê de Ética.

Instrumentação

Para quantificar a irradiação, foi utilizado o eletromiógrafo Myosystem® da empresa DataHominis Tecnologia Ltda. O equipamento possui razão de rejeição de modo comum de 92dB, conversor analógico digital de 16 bits, eletrodos ativos bipolares com ganho de 20 vezes e distância de 10mm entre as barras de captação. O filtro passa faixa do equipamento foi

ajustado para uma banda de frequência entre 15 e 4KHz, com taxa de amostragem de 8KHz .

Uma célula de carga de 20 kg da marca MK® Controle e Instrumentação Ltda, acoplada a uma barra metálica em forma de “T” foi utilizada para medição da força de contração, proporcionando ainda a resistência necessária para execução da contração isométrica voluntária máxima. A célula de carga permaneceu fixada a uma mesa de madeira confeccionada e adaptada exclusivamente para o estudo (Figura 1).

Protocolo experimental

Finalizados os procedimentos de tricotomia, abrasão e limpeza da pele, seguindo as recomendações do projeto SENIAM [7], os eletrodos de eletromiografia foram posicionados sobre os músculos responsáveis pelo movimento de extensão de punho, que são: extensor ulnar do carpo e extensor radial longo do carpo. Os eletrodos foram posicionados nos dois membros superiores respeitando o protocolo proposto por Johnson, Pease e Lew [8], no entanto, foram respeitadas as variações anatômicas de cada indivíduo, proporcionando assim uma confiabilidade do posicionamento entre os sujeitos.

O voluntário permaneceu sentado em uma cadeira posicionada à frente da mesa confeccionada para o estudo. Os membros superiores foram posicionados sobre a mesa com apoio bilateral do antebraço, formando um ângulo de aproximadamente 140° entre braço e antebraço.

O experimento proposto no estudo consistia em realizar Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM) de extensão de punho tracionando a célula de carga, como pode ser visto na Figura 1. Foram realizadas duas tarefas: na Tarefa 1 (T1) a CIVM foi executada com o membro superior direito, enquanto na Tarefa 2 (T2), a contração foi efetuada pelo membro esquerdo. Durante as duas tarefas, o membro contralateral à atividade de contração permaneceu em repouso e os sujeitos foram orientados para que não realizassem movimento com esse membro. Além disso, o mesmo foi ocultado por uma caixa de madeira para evitar que o sujeito visualizasse alguma possível contração involuntária decorrente da irradiação.



Figura 1 – Tração da célula de carga com o membro superior esquerdo e caixa de madeira para ocultar o membro contralateral (Tarefa 2).

O tempo total de cada tarefa foi de 55 segundos, sendo os 10 primeiros segundos de repouso, seguidos

por 5 segundos de CIVM tracionando a célula de carga, mais 10 segundos de repouso, e assim sucessivamente, completando 4 momentos de repouso e 3 momentos de CIVM.

Análise dos dados EMG

Os sinais eletromiográficos foram processados de forma *off-line* utilizando o *software* Matlab®. Primeiramente os dados foram filtrados utilizando um filtro Butterworth passa faixa de quarta ordem, com frequência de corte de 15Hz e 500Hz. Para minimizar a interferência eletromagnética na análise dos dados, também foi implementado um filtro *notch* de 60Hz do tipo Butterworth de segunda ordem.

Para análise dos dados, foram desprezados 2 segundos iniciais e finais de cada momento de repouso, resultando em 6 segundos de repouso. Dos momentos de CIVM, foram desconsiderados 0,5 segundos iniciais e finais, resultando em 4 segundos de CIVM (Figura 2). Para cada janela dos sinais foi calculado o valor quadrático médio (RMS).

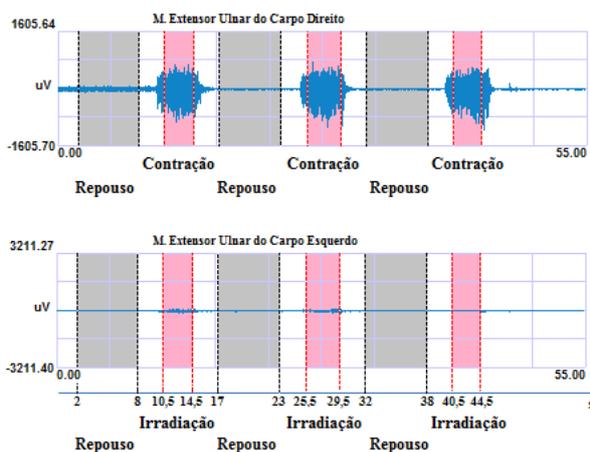


Figura 2 - Janelamento dos sinais coletados na T1

Análise estatística

Os resultados da CIVM e de repouso foram normalizados pela média dos valores RMS obtidos durante a contração isométrica voluntária máxima para cada músculo de cada membro. As análises foram realizadas para os resultados dos músculos contralaterais (Figura 3).

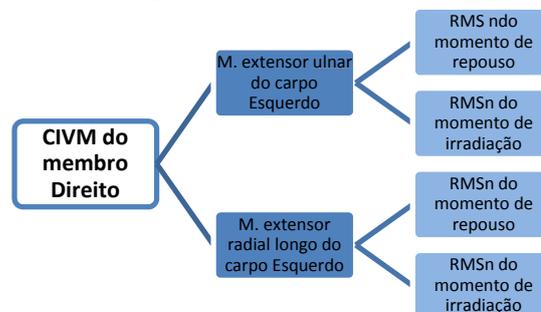


Figura 3 - Diagrama das variáveis de interesse durante a T1. O 3º nível indica os RMS normalizados (RMSn).

Como o objetivo do trabalho foi analisar a existência de sinal eletromiográfico no membro contralateral à

CIVM, foi realizada a análise estatística para comparar os valores de RMS entre repouso e contração, considerando cada músculo e membro. Primeiramente foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Wilk para as variáveis de interesse (3º nível do diagrama da Figura 3). Para avaliar se houve diferença significativa entre os valores de RMS de repouso e contração foi aplicado o Teste T pareado ou o teste de Wilcoxon pareado com 95% de confiabilidade, de acordo com a normalidade dos dados.

Posteriormente, foram aplicados os mesmos testes estatísticos para analisar a diferença entre a irradiação decorrente da contração do membro dominante (direito) e do não dominante.

Resultados

Os valores médios e os desvios padrões dos RMS normalizados estão representados na Figura 4. Pode-se observar que houve irradiação em todos os músculos analisados, sendo que no extensor ulnar do carpo, a irradiação foi ainda maior. A análise estatística mostrou que, para cada músculo de ambos os membros, os valores de repouso e de irradiação são significativamente diferentes entre si, com p-valor menor que 0,001. Como os valores foram significativamente diferentes, foi realizada a diferença matemática entre irradiação e repouso, resultando em valores positivos para a maioria dos dados, comprovando que além de diferentes, os valores obtidos na irradiação foram maiores que no repouso.

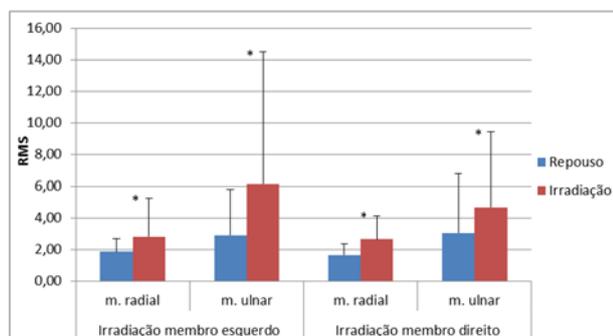


Figura 4 – RMS de repouso e de irradiação para os músculos de ambos os membros. *Diferença entre irradiação e repouso de cada músculo com p-valor < 0,01

Durante a contração isométrica voluntária máxima unilateral realizada no estudo, 87% dos dados analisados obtiveram resultado favorável para a confirmação da irradiação, ou seja, dos 108 dados coletados, apenas 15 não apresentaram diferença positiva entre o momento de repouso e o de irradiação. Nos músculos extensor radial longo do carpo esquerdo e direito, houve um aumento de, respectivamente, 38,29% e 62,80% do valor mensurado no momento da irradiação em relação ao momento de repouso. Já nos músculos extensor ulnar do carpo esquerdo e direito, esse aumento foi de 192,82% e 101,14%, respectivamente.

Considerando a dominância do membro para analisar a irradiação, não houve diferença significativa entre valores.

Discussão

O princípio da irradiação é utilizado em programas de reabilitação e treinamento de força, nos quais a movimentação contra resistência mantida de um lado do corpo causa mudanças nos músculos sinérgicos ao movimento do lado oposto, de modo a facilitar a contração dos músculos fracos pela estimulação de músculos fortes [1, 6, 9]. Esse fenômeno pode estar envolvido com a interação das estruturas anatômicas em três níveis: muscular, medular e cortical [5]. Apesar da possibilidade de que a irradiação seja decorrente de um mecanismo muscular para equilibrar forças e posturas entre os dois lados do corpo, é pouco provável que a musculatura desempenhe uma contribuição significativa na transferência de atividade eletromiográfica [5, 10, 11]. Evidências sugerem adaptações nos níveis espinhais durante a realização de contração voluntária, principalmente quando o treinamento abrange força máxima e constante. Porém, não é possível determinar especificamente quais vias espinhais estão envolvidas com a transferência do sinal [12]. Conexões inter-hemisféricas e fibras corticoespinhais do córtex motor primário (M1) fornecem caminhos para a unidade neural estimular o músculo homólogo contralateral durante uma contração unilateral. O corpo caloso é um provável contribuinte para a propagação da irradiação motora, pois permite a interação entre os hemisférios cerebrais [6]. Além disso, vias corticoespinhais ipsilaterais podem desempenhar um papel importante na irradiação, pois aproximadamente 15% das fibras corticoespinhais não cruzam na decussação das pirâmides, podendo contribuir para a transferência de sinais excitatórios [5]. Estudos de estimulação magnética transcraniana (EMT) [13] sugerem que, enquanto a contração voluntária está sendo realizada, alterações na excitabilidade ocorrem em vias centrais relacionadas aos músculos agonistas, bem como nas áreas associadas aos músculos homólogos contralaterais [14, 15].

Zijdemind e Kerneel (2001) utilizaram a eletromiografia para quantificar a irradiação em 5 indivíduos saudáveis durante uma contração voluntária máxima (CVM) do primeiro interósseo dorsal. Durante a CVM unilateral, houve um valor substancial de atividade eletromiográfica no membro contralateral, que foi observada em 29 de 50 contrações realizadas. Apesar desse resultado, não houve diferença significativa dos valores da irradiação contralateral entre a mão dominante para a mão não dominante [3]. Sehm et. al. (2010) propôs um protocolo de coleta com extensão isométrica do punho direito, exercendo força de 10%, 20%, 30% e 70% da força máxima que o voluntário conseguia atingir. O efeito da irradiação muscular no membro contralateral foi mensurado com eletrodos de superfície de EMG nos seguintes músculos: flexor radial do carpo, extensor radial do carpo, bíceps

braquial e tríceps braquial. Em todos os músculos dos 12 voluntários analisados, foi possível observar o fenômeno da irradiação quando realizado força de contração com 70% da força máxima, sendo que em alguns músculos e indivíduos houve atividade muscular contralateral até mesmo na força de 20% [4].

Os resultados do nosso estudo corroboram com os das pesquisas descritas acima, mostrando que houve irradiação no membro contralateral à atividade de CIVM, com destaque para um maior efeito perceptível para o músculo extensor ulnar do carpo dos dois membros. Contudo, não foram observadas diferenças significativas de irradiação quando avaliadas as dominância dos membros.

Conclusão

O presente estudo comprovou a existência de sinal eletromiográfico em músculos homólogos contralaterais aos músculos extensores ulnar do carpo e radial longo do carpo durante atividade de contração isométrica voluntária máxima de extensão do punho direito e esquerdo. Embora os valores encontrados comprovem o fenômeno da irradiação, não é possível afirmar que a dominância do membro superior interfira significativamente no nível de propagação da irradiação.

Apesar de bem documentado o fenômeno da irradiação, não há consenso sobre quais estruturas anatômicas são responsáveis por este efeito. Ainda assim, diversos autores sugerem que este princípio pode beneficiar e trazer qualidade de vida a indivíduos com queimaduras, fraturas, artrites, lesões desportivas e neuromotoras, fortalecendo a musculatura fraca e lesionada por meio da musculatura íntegra e forte, o que justificaria sua utilização na prática clínica.

Agradecimentos

À FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES, pelo apoio financeiro para realização deste projeto.

Referências

1. Cruz-Machado, S., A. Cardoso, and S. Silva, *O uso do princípio de irradiação da facilitação neuromuscular proprioceptiva em programas de reabilitação: uma revisão*. XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação–Universidade do Vale do Paraíba, 2007.
2. Meningroni, P.C., et al., *Irradiação contralateral de força para ativação do músculo tibial anterior em portadores da doença de Charcot-Marie-Tooth: efeitos de um programa de intervenção por PNF*. Rev Bras Fisioter, 2009. **13**(5): p. 438-43.
3. Zijdewind, I. and D. Kernell, *Bilateral interactions during contractions of intrinsic hand muscles*. Journal of Neurophysiology, 2001. **85**(5): p. 1907-1913.
4. Sehm, B., et al., *Functional neuroanatomy of mirroring during a unimanual force generation task*. Cerebral Cortex, 2010. **20**(1): p. 34-45.
5. Hendy, A.M., M. Spittle, and D.J. Kidgell, *Cross education and immobilisation: mechanisms and implications for injury rehabilitation*. Journal of science and medicine in sport, 2012. **15**(2): p. 94-101.
6. Hortobagyi, T., *Cross education and the human central nervous system*. Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE, 2005. **24**(1): p. 22-28.
7. *Preparation of the skin* Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles [cited 2014 June 10th]; Available from: <http://www.seniam.org/>.
8. Johnson, E.W., W.S. Pease, and H.L. Lew, *Johnson Eletromiografia Prática*. 4 ed. 2008.
9. Enoka, R.M., *Bases Neuromecânicas da Cinesiologia*. 2000.
10. Hortobagyi, T., et al., *Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans*. Journal of Applied Physiology, 1996. **80**(3): p. 765-772.
11. Houston, M., et al., *Muscle performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: a one leg model*. European journal of applied physiology and occupational physiology, 1983. **51**(1): p. 25-35.
12. Carroll, T.J., et al., *Neural adaptations to strength training: moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies*. Acta Physiologica, 2011. **202**(2): p. 119-140.
13. Taylor, J.L., J.E. Butler, and S. Gandevia, *Altered responses of human elbow flexors to peripheral-nerve and cortical stimulation during a sustained maximal voluntary contraction*. Experimental brain research, 1999. **127**(1): p. 108-115.
14. Hess, C., K. Mills, and N. Murray, *Magnetic stimulation of the human brain: facilitation of motor responses by voluntary contraction of ipsilateral and contralateral muscles with additional observations on an amputee*. Neuroscience letters, 1986. **71**(2): p. 235-240.
15. Muellbacher, W., et al., *Changes in motor cortex excitability during ipsilateral hand muscle activation in humans*. Clinical Neurophysiology, 2000. **111**(2): p. 344-349.