

Efeitos de oito semanas de treinamento com estimulação elétrica neuromuscular nas razões de ativação muscular / torque de idosas com osteoartrite

Effects of eight weeks of neuromuscular electrical stimulation training on muscle activation / torque ratios in elderly women with osteoarthritis

Fábio Juner Lanferdini^{1,2}
Julio Cezar Lima da Silva¹
Caroline Pieta Dias³
Alexandre Mayer¹
Marco Aurélio Vaz¹

ARTIGOS ORIGINAIS / ORIGINAL ARTICLES

Resumo

Introdução: O envelhecimento causa prejuízos no sistema musculoesquelético que podem ocasionar a osteoartrite, provocando degeneração da cartilagem articular e, conseqüentemente, perdas funcionais a idosos acometidos. Por outro lado, a estimulação elétrica neuromuscular é utilizada como treinamento para fortalecimento muscular. **Objetivo:** Investigar o efeito de oito semanas de treinamento com *neuromuscular electrical stimulation* (NMES) nas razões de ativação *root mean square* (RMS) / torque dos músculos extensores do joelho em idosas com osteoartrite. **Metodologia:** Vinte e quatro idosas foram divididas em dois grupos: grupo saudável (SAU; n=12) e grupo osteoartrite (OA; n=12). O grupo OA foi submetido a oito semanas de treinamento com NMES e tempo de aplicação variando de 18 a 32 minutos e frequência semanal de três vezes. **Resultados:** No grupo OA, ocorreu um aumento dos valores RMS pós-treinamento comparado com o pré-treinamento ($p < 0,05$). O grupo SAU permaneceu igual ao grupo OA pós-treinamento ($p > 0,05$). O torque do quadríceps aumentou pós-treinamento no grupo OA no ângulo de 90° de flexão do joelho, contudo, o grupo SAU apresentou maior produção de torque em todos os ângulos avaliados ($p < 0,05$). No grupo OA, houve aumento das razões RMS / torque após o treinamento para os ângulos de 60°, 75° e 90° de flexão do joelho ($p < 0,05$), mas não diferindo do grupo SAU ($p > 0,05$). **Conclusão:** Oito semanas de treinamento com NMES aumentaram a ativação muscular e torque dos músculos extensores do joelho no grupo osteoartrite, mas não foram capazes de gerar adaptações suficientes para igualar os mesmos ao grupo saudável.

Palavras-chave: Estimulação Elétrica Neuromuscular; Osteoartrite; Idoso; Root Mean Square (RMS)/torque.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Laboratório de Pesquisa do Exercício. Porto Alegre, RS, Brasil.

² Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Curso de Educação Física. Santo Ângelo, RS, Brasil.

³ Faculdade da Serra Gaúcha, Curso de Educação Física. Caxias do Sul, RS, Brasil.

Financiamento: Chamada Pública MCT/FINEP – Ação Transversal – Tecnologias Assistivas – 09/2005, processo nº 2.265/05 e Convênio FAURGS Nº 105074400.

Abstract

Introduction: Aging affects the musculoskeletal system, which can lead to osteoarthritis, causing degeneration of the articular cartilage and consequently resulting in functional impairment among elderly patients. However, neuromuscular electrical stimulation (NMES) training can be used as a mode of muscle strengthening. **Objective:** To investigate the effects of eight weeks of NMES training of the knee extensors on the RMS/torque ratio of elderly persons with osteoarthritis. **Methods:** Twenty-four elderly women were assigned into two groups: a healthy group (HE; n=12) and an osteoarthritis group (OA; n=12). The OA group was submitted to eight weeks of NMES training. **Results:** In the OA group, the RMS values increased from the pre-training to the post-training periods ($p<0.05$). The HE group did not differ from the OA group in the post-training period ($p>0.05$). Quadriceps torque was higher in the OA group in the post-training period at 90° of knee flexion ($p<0.05$) but the torque in the HE group remained higher than in the OA group for all the angles evaluated ($p<0.05$). The RMS/torque ratios increased in the post-training period at 60°, 75° and 90° of knee flexion ($p<0.05$), but did not differ between the HE and OA groups ($p>0.05$). **Conclusion:** Eight weeks of NMES training resulted in a significant increase in the RMS and torque values of the quadriceps, but these neural adaptations were not sufficient to improve the osteoarthritis group to levels similar to the healthy group.

Key words: Neuromuscular Electrical Stimulation; Osteoarthritis; Elderly; Root Mean Square RMS/Torque.

INTRODUÇÃO

O envelhecimento provoca diversas alterações no sistema musculoesquelético, como a redução da massa muscular e a perda da capacidade de ativação muscular, provocando diminuição na capacidade de produção de força.^{1,2} A redução da capacidade de produção de força associada a outros fatores (alterações nos tecidos ósseos, cartilagosos e conjuntivos) ocasiona desequilíbrios na estrutura musculoesquelética, podendo ocasionar ou agravar os processos degenerativos da mesma.³

Entre as várias doenças degenerativas que afetam os idosos, a osteoartrite (OA) tem a maior prevalência nessa população.^{4,5} A OA caracteriza-se por afetar os condrócitos e a matriz cartilaginosa, resultando em perdas estruturais e funcionais da cartilagem. Esse processo leva a uma compensação do tecido ósseo, ocasionando um remodelamento do mesmo que pode agravar o processo degenerativo.^{6,7}

Uma das articulações mais afetadas na OA é a articulação do joelho. A OA provoca perda na capacidade de produção de força e redução

na ativação dos músculos que compõem o quadríceps, levando a uma sobrecarga mecânica na articulação devido à incapacidade dos extensores do joelho de absorver impactos durante as atividades de vida diária em consequência dessa redução na força e na ativação.⁸

Com o objetivo de reverter o processo de fraqueza muscular, diferentes métodos de reabilitação têm sido propostos. Entre os diversos métodos, a *neuromuscular electrical stimulation* (NMES) vem sendo utilizada como tratamento para reduzir os fatores de risco associados ao desenvolvimento e agravamento do processo degenerativo da OA. Seu objetivo principal é o ganho de força da musculatura que se encontra inibida devido à dor articular, por meio da geração artificial de contração muscular.⁹⁻¹⁴ Entretanto, existem poucas evidências relatando o uso de NMES e sua relação com a melhora das propriedades neuromusculares e mecânicas em idosos com OA, assim como o entendimento dos efeitos do treinamento com NMES nas razões *root mean square* (RMS) / torque ainda não está elucidado.

A hipótese do presente estudo é que a NMES provocará uma melhora das razões RMS / torque que ficarão mais próximas dos valores de idosos saudáveis e assintomáticos para OA após o treinamento com NMES. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência de oito semanas de treinamento com NMES na função neuromuscular, que será avaliada por meio das razões RMS / torque dos músculos extensores do joelho em idosos com OA de joelho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

A amostra foi composta por 24 idosas, selecionadas em um hospital e duas clínicas ortopédicas. O presente estudo teve por característica ser do tipo semiexperimental, e os indivíduos foram divididos intencionalmente de forma pareada em dois grupos: grupo osteoartrite (OA), n=12, massa corporal 76,17 kg ($\pm 11,82$), estatura 155,71 cm ($\pm 8,00$), idade 60,17 anos ($\pm 8,90$); e grupo saudável (SAU), n=12, massa corporal 66,83 kg ($\pm 6,64$), estatura 156,92 cm ($\pm 1,98$), idade 61,50 anos ($\pm 5,96$). Somente o grupo OA foi submetido a um protocolo de oito semanas de NMES dos músculos extensores do joelho. A osteoartrite no grupo OA foi classificada segundo Dejour et al.¹⁵ e diagnosticada por médico especialista na área de Traumatologia-ortopédica por meio de exame de raio X e avaliação clínica. Somente os pacientes com grau 2 (artrose inicial com redução do espaço articular ao raio X, condensação subcondral e presença de osteófitos) ou 3 (artrose em fase de rápida evolução, em que se evidencia um desequilíbrio articular pelo alto grau de degeneração óssea) foram incluídos no estudo. Os critérios de exclusão foram: (1) contraindicação médica para a participação em testes de esforço máximo, (2) presença de qualquer doença neurológica, metabólica, cardiovascular ou neoplásica.

O estudo foi realizado no setor de Plasticidade Neuromuscular do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

(UFRGS). O período de coleta de dados ocorreu entre outubro e dezembro de 2012.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (parecer nº 2007791/2008). Todas as participantes da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Protocolo de avaliação

O questionário *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC)¹⁶ foi utilizado para avaliar a dor dos indivíduos com OA pré e pós-treinamento com NMES.

Somente o membro inferior direito dos indivíduos de ambos os grupos foi avaliado. Um dinamômetro isocinético da marca *Biodex System 3 Pro* (*Biodex Medical System*, Shirley – New York, EUA) foi utilizado para avaliar o torque isométrico dos extensores do joelho. Inicialmente as participantes foram posicionadas sentadas na cadeira do dinamômetro e fixadas com tiras de velcro, mantendo o ângulo do quadril a aproximadamente 90° de flexão e posicionando o eixo aparente da articulação do joelho com o eixo de rotação do dinamômetro.¹⁶

Previamente à realização dos testes, foi realizado um protocolo de familiarização que consistia na realização de duas séries com três repetições concêntricas (nas velocidades angulares de 120°/s e 60°/s) e uma contração isométrica (no ângulo de 60° de flexão do joelho). Após a familiarização, o torque foi mensurado por meio de três contrações voluntárias máximas isométricas (CVMI) no ângulo de 60° e uma CVMI dos músculos extensores do joelho (randomizadas) nos ângulos de 30°, 45°, 75° e 90°. Um intervalo de dois minutos foi adotado entre contrações consecutivas para evitar possíveis efeitos da fadiga.

Para a obtenção do sinal eletromiográfico, foi utilizado um sistema de eletromiografia de oito canais (AMT-8, *Bortec Biomedical Ltda.*, Canadá). O sinal eletromiográfico (EMG) foi

adquirido dos músculos reto femoral, vasto lateral e vasto medial, por meio de pares de eletrodos de superfície passivos (*Meditrace* – 100; Ag/AgCl; diâmetro de dois centímetros) em configuração bipolar. O sistema Dataq (*Dataq Instruments Inc.*, Akron, EUA) foi utilizado para a aquisição de dados. Os sinais EMG e torque foram digitalizados com uma frequência de 2000 Hz por canal por meio de uma placa analógico-digital DI-720 (*Dataq Instruments Inc.*, Akron, EUA). Os sinais EMG foram processados matematicamente por meio de uma rotina em Matlab®. Primeiramente os sinais foram filtrados com um filtro de terceira ordem passa banda *Butterworth* com frequência de corte de 20 a 500 Hz. Após a filtragem foram calculados os valores *root mean square* (RMS) de cada porção do músculo quadríceps. A média dos valores RMS das três porções do músculo quadríceps foi considerada a ativação dos extensores do joelho.

Protocolo de fortalecimento muscular

Para determinação do ponto motor foi utilizado um estimulador elétrico com uma caneta e corrente farádica de intensidade e frequência suficientes para produzir uma contração tetânica (com uma frequência superior a 30 Hz) (EGF Carci, SP, Brasil). Para o protocolo de fortalecimento muscular foi utilizada a NMES, uma corrente simétrica bifásica com frequência de 80 Hz e largura de pulso de 500µs com um estimulador elétrico portátil especialmente desenvolvido para o estudo (UFRGS, RS, Brasil). As participantes permaneceram sentadas em 90° de flexão do joelho e os eletrodos autoadesivos (Valutrode; dimensões 10x5 cm) foram posicionados proximalmente sobre a pele que recobre o ponto motor e distal e sobre a pele que recobre a extremidade distal do músculo quadríceps (5 cm superior a borda da patela). O estímulo foi aplicado por um período de 10 segundos sobre o ponto motor do músculo quadríceps, seguido de um tempo de repouso que inicialmente era

de 50 segundos. O treinamento consistiu em três sessões semanais durante um período de oito semanas, com variações do tempo da sessão (inicialmente com 18 minutos, acrescidos dois minutos semanais, finalizando com 32 minutos) e do de repouso (inicialmente com 50 segundos, subtraindo-se 10 segundos a cada duas semanas de treinamento, finalizando com 20 segundos de repouso) ao longo do período de treinamento.¹⁶

Análise estatística

Os dados foram descritos por média e desvio-padrão das razões RMS / torque do quadríceps e ativação muscular (RMS médio) de três porções do quadríceps (reto femoral, vasto lateral e vasto medial) nos ângulos de 30°, 45°, 60°, 75° e 90° de flexão do joelho. O teste *t* dependente foi utilizado para comparar o grupo OA pré e pós-treinamento. Para a comparação entre o grupo OA e o grupo SAU foi utilizado um teste de Levene para testar a homogeneidade dos dados, seguido de um teste *t* independente. O *software* SPSS 10.0 para *Windows* com nível de significância de $p < 0,05$ foi utilizado para todas as análises.

RESULTADOS

Os resultados do questionário WOMAC¹⁶ demonstraram que houve redução da dor do período pré (11,7±3,2) para pós-tratamento com NMES (7,2±3,5); $p < 0,01$.

O valor RMS do quadríceps sofreu aumento após as oito semanas de treinamento com NMES nos ângulos de 45° ($p = 0,04$), 60° ($p < 0,01$), 75° ($p = 0,01$) e 90° ($p < 0,01$) na comparação entre pré e pós-treinamento do grupo OA. O grupo SAU apresentou maior valor RMS em comparação ao momento pré-treinamento do grupo OA em todos os ângulos articulares ($p = 0,03$). Em relação ao momento pós-treinamento, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$). (Figura 1).

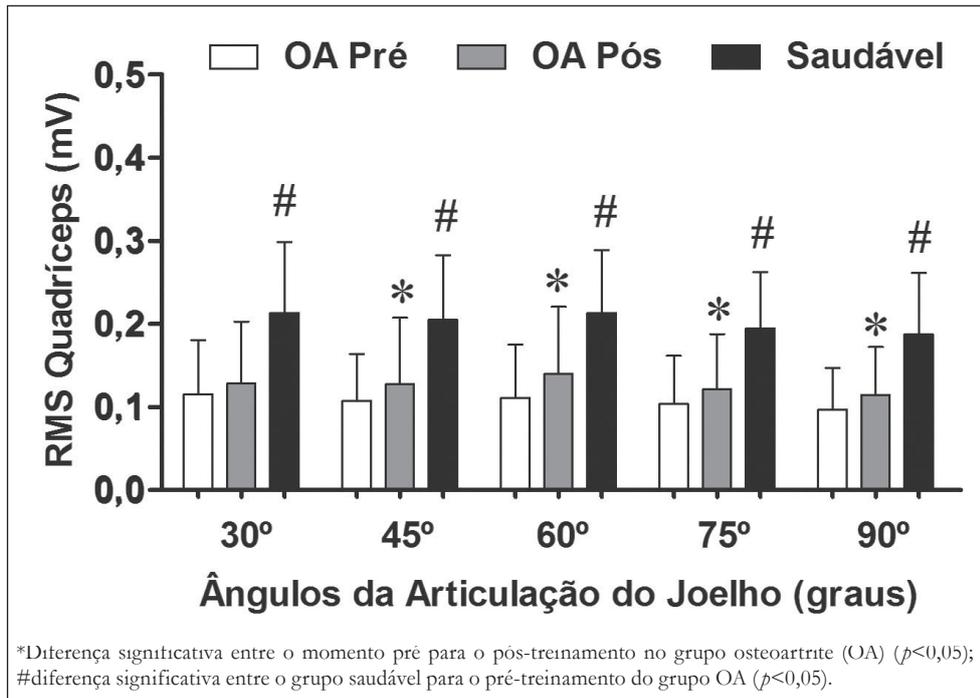


Figura 1. Média dos valores RMS (mV) dos músculos extensores do joelho (quadríceps) nos diferentes ângulos articulares. Porto Alegre, RS, 2012.

O torque isométrico produzido pelos extensores do joelho aumentou significativamente no ângulo de 90°, após o período de treinamento ($p=0,03$) no grupo OA. O grupo saudável apresentou maiores valores de torque em todos os ângulos articulares em relação ao grupo OA nos períodos pré e pós-treinamento ($p=0,04$). (Figura 2).

Em relação às razões RMS / torque dos extensores do joelho, foi observado, no grupo OA, aumento da razão nos ângulos de 60° ($p=0,03$), 75° ($p=0,02$) e 90° ($p=0,04$) após fortalecimento muscular com NMES. Quando comparado o grupo SAU ao grupo OA pré e pós-treinamento não foram observadas diferenças significativas para as razões nos ângulos avaliados ($p > 0,05$). (Figura 3).

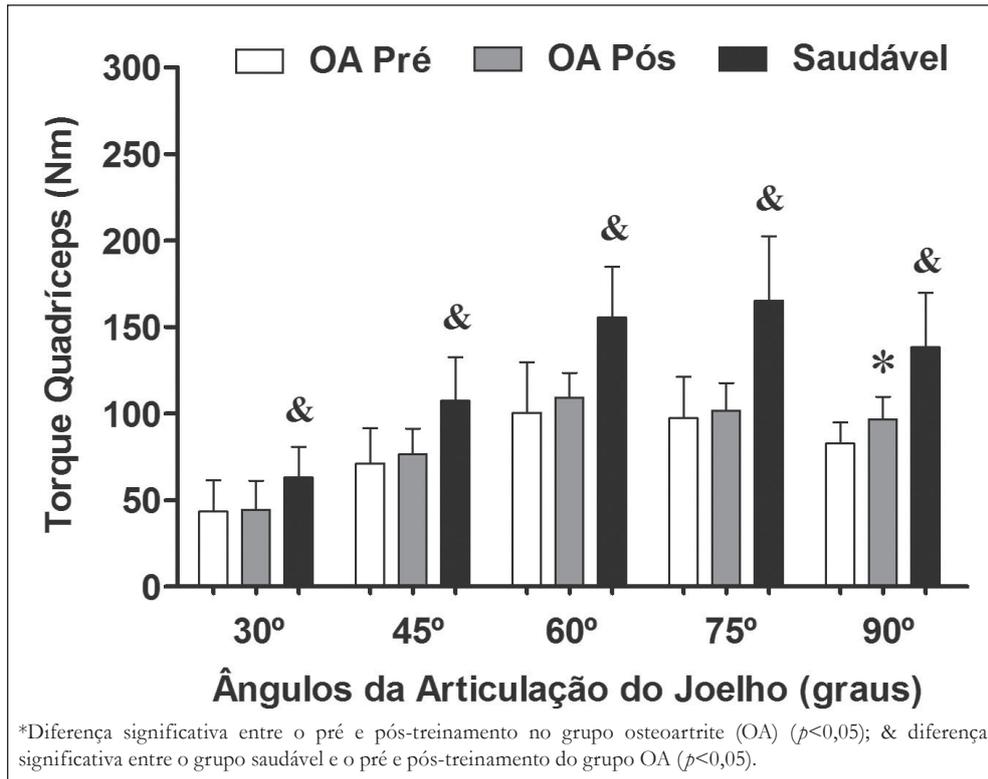


Figura 2. Torque isométrico máximo dos extensores do joelho (quadríceps) nos diferentes ângulos. Porto Alegre, RS, 2012.

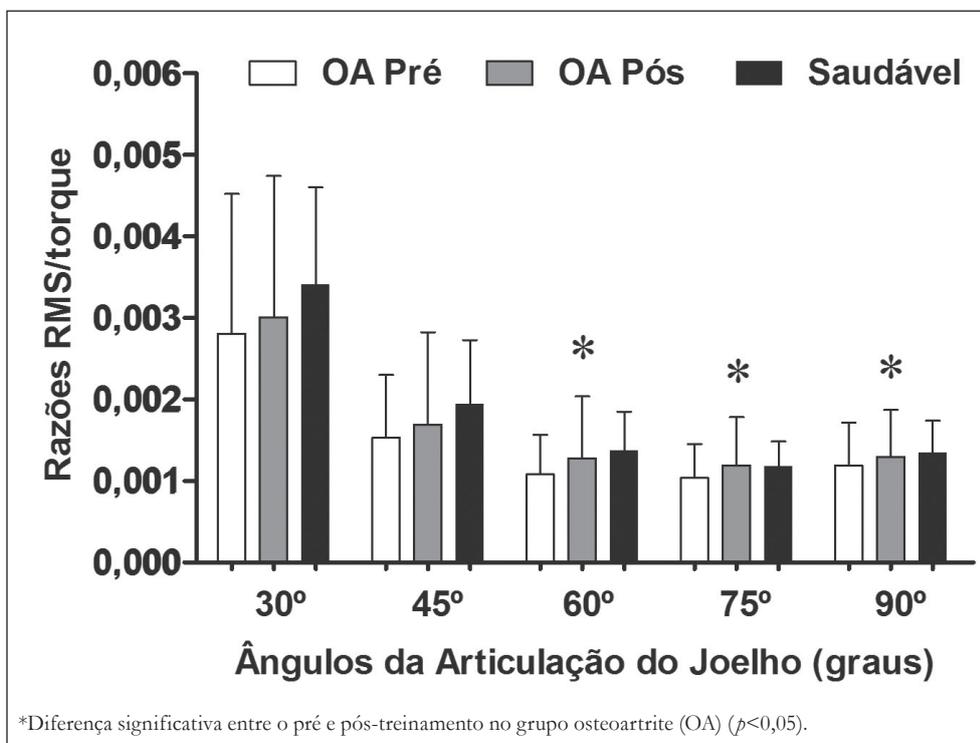


Figura 3. Razões *root mean square* (RMS) / torque dos extensores do joelho nos diferentes ângulos. Porto Alegre, RS, 2012.

DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo, apesar de ser com pacientes idosas, vão ao encontro do trabalho de Gondin et al.,¹⁷ que também observaram um aumento da atividade elétrica muscular em indivíduos jovens após oito semanas de treinamento com estimulação elétrica artificial. O grupo SAU apresentou uma maior ativação elétrica que o grupo OA no momento pré-treinamento, mas em relação ao momento pós-treinamento não foi observada diferença entre os grupos, sugerindo assim que o treinamento com NMES aumenta a atividade elétrica muscular, podendo chegar a níveis próximos de indivíduos saudáveis.

Bennell & Hinman¹⁸ sugerem que o envelhecimento gera adaptações específicas, provocando degeneração dos tecidos ósseo, cartilaginoso, conjuntivo e muscular. Esses fatores degenerativos (sarcopenia, perda de força muscular e diminuição da ativação muscular), associados ao processo de envelhecimento, são possíveis causadores de OA, que por sua vez gera disfunção, inibição, redução da ativação e da força muscular.

O aumento do torque no ângulo de 90° observado após o período de treinamento sugere que houve uma melhora na função muscular com a NMES no ângulo de treinamento. As razões RMS / torque aumentaram após o período de treinamento nos ângulos de 60°, 75° e 90°, demonstrando melhora parcial da função neuromuscular, sugerindo que o aumento das razões ocorre também nos ângulos próximos ao ângulo de treinamento. A ausência de diferenças entre os grupos OA e SAU sugere que o comportamento das razões RMS / torque é semelhante entre os grupos. Contudo, cabe ressaltar que a ativação muscular e o torque dos extensores do joelho são menores no grupo OA em relação ao grupo SAU.

Roseff et al.¹⁴ utilizaram um protocolo com um tempo de repouso menor (5 seg) e encontraram um aumento na produção de força após o treinamento com estimulação elétrica

artificial. O maior torque observado no grupo SAU pode ser explicado por um maior recrutamento de unidades motoras. Petterson et al.¹⁹ ressaltam que sujeitos com OA apresentam degeneração na articulação envolvida, provocando instabilidade articular, gerando inibição muscular e perda na capacidade de produção de força.

Além disso, os resultados deste estudo corroboram parcialmente os de Bruce-Brand et al.,²⁰ que encontraram melhora da capacidade funcional e redução da dor após oito semanas de treinamento com estimulação elétrica artificial. Contudo, os autores não encontraram aumento significativo do torque isométrico após oito semanas de treinamento, o que difere dos resultados do presente estudo, no qual foi observado aumento significativo do torque isométrico no ângulo de treinamento após o treinamento com NMES. Esses resultados podem estar relacionados ao menor tempo de treinamento por sessão e à manutenção dos parâmetros de treinamento em todas as sessões, sem alterações do volume e intensidade utilizados por Bruce-Brand et al.,²⁰ comparados ao presente estudo.^{16,21,22}

Por outro lado, o presente estudo realizou treinamento com NMES em apenas um ângulo de flexão de joelho (90°), resultando em aumento do torque após o período de treinamento apenas nesse ângulo, caracterizando-se assim como uma possível limitação do estudo. Dessa forma, a fim de otimizar o treinamento com NMES, sugere-se para estudos futuros que o treinamento com NMES seja realizado em mais de um ângulo articular (exemplo: 30°, 60° e 90° de flexão do joelho), facilitando os ganhos de torque na maior amplitude articular possível e, conseqüentemente, melhorando a realização das atividades de vida diária de indivíduos com OA. Além disso, estudos que tenham por objetivo avaliações de parâmetros funcionais, tais como os testes de *Timed Up and Go*, Romberg e Sentar e Levantar pré e pós-treinamento com NMES, também são necessários, a fim de avaliar os efeitos benéficos desse tipo de treinamento sobre a capacidade funcional de idosos com osteoartrite.²⁰⁻²³

CONCLUSÃO

Oito semanas de treinamento com *neuromuscular electrical stimulation* no grupo osteoartrite provocaram aumento da ativação muscular nos ângulos de 60°, 75° e 90°, e aumento do torque produzido pelos músculos extensores do joelho no ângulo treinado (90°).

Essas adaptações neurais não foram suficientes para tornar idosas com osteoartrite de joelho semelhantes a idosas saudáveis em relação à ativação muscular e produção de torque. Contudo, o aumento da ativação muscular e torque do grupo osteoartrite após o treinamento não alterou as razões *root mean square* (RMS) / torque, mantendo os grupos osteoartrite e saudável semelhantes.

REFERÊNCIAS

- Doherty TJ. Invited review: aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003;95(4):1717-27.
- Yu F, Hedstrom M, Cristea A, Dalen N, Larsson L. Effects of ageing and gender on contractile properties in human skeletal muscle and single fibres. *Acta Physiol (Oxf)* 2007;190(3):229-41.
- Freemont AJ, Hoyland JA. Morphology, mechanisms and pathology of musculoskeletal ageing. *J Pathol* 2007;211(2):252-9.
- Belo JN, Berger MY, Reijman M, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM. Prognostic factors of progression of osteoarthritis of the knee: a systematic review of observational studies. *Arthritis Rheum* 2007;57(1):13-26.
- Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. *Rheum Dis Clin North América* 2008;34(3):515-29.
- Buckwalter JA. Osteoarthritis and articular cartilage use, disuse, and abuse: experimental studies. *J Rheumatol Suppl* 1995;43:13-5.
- Gur H, Cakin N. Muscle mass, isokinetic torque, and functional capacity in women with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84(10):1534-41.
- Esposito F, Cè E, Gobbo M, Veicsteinas A, Orizio C. Surface EMG and mechanomyogram disclose isokinetic training effects on quadriceps muscle in elderly people. *Eur J Appl Physiol* 2005;94(5-6):549-57.
- Fitzgerald GK, Oatis C. Role of physical therapy in management of knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 2004;16(2):143-7.
- Maurer BT, Stern AG, Kinossian B, Cook KD, Schumacher HR Jr. Osteoarthritis of the knee: isokinetic quadriceps exercise versus an educational intervention. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(10):1293-9.
- Mikesky AE, Mazzuca SA, Brandt KD, Perkins SM, Damush T, Lane KA. Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2006;55(5):690-9.
- Gaines JM, Metter EJ, Talbot LA. The effect of neuromuscular electrical stimulation on arthritis knee pain in older adults with osteoarthritis of the knee. *Appl Nurs Res* 2004;17(3):201-6.
- Laufer Y, Ries JD, Leininger PM, Alon G. Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Phys Ther* 2001;81(7):1307-16.
- Roseff MG, Schneeberger EE, Citera G, Sgobba ME, Laiz C, Schmulevich H, et al. Effects of functional electrostimulation on pain, muscular strength, and functional capacity in patients with osteoarthritis of the knee. *J Clin Rheumatol* 2004;10(5):246-9.
- Dejour H, Carret J, Walch G. Les gonarthroses. In: *7e Journées Lyonnaises de Chirurgie du Genou*; 1991. [S.l.: s.n];1991. p. [775-9].
- Vaz MA, Baroni BM, Geremia JM, Lanferdini FJ, Mayer A, Arampatzis A, et al. Neuromuscular electrical stimulation (NMES) reduces structural and functional losses of quadriceps muscle and improves health status in patients with knee osteoarthritis. *J Orthop Res* 2013;31(4):511-6.
- Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol* 2006;97(2):165-73.
- Bennell K, Hinman R. Exercise as a treatment for osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 2005;17(5):634-40.

19. Petterson SC, Barrance P, Buchanan T, Binder-Macleod S, Snyder-Mackler L. Mechanisms underlying quadriceps weakness in knee osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc* 2008;40(3):422-27.
20. Bruce-Brand RA, Walls RJ, Ong JC, Emerson BS, O'Byrne JM, Moyna NM. Effects of home-based resistance training and neuromuscular electrical stimulation in knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13(118):1-10.
21. Melo MO, Aragão FA, Vaz MA. Neuromuscular electrical stimulation for muscle strengthening in elderly with knee osteoarthritis: a systematic review. *Complement Ther Clin Pract* 2013;19(1):27-31.
22. Davis AM, MacKay C. Osteoarthritis year in review: outcome of rehabilitation. *Osteoarthr Cartil* 2013;21(10):1414-24.
23. Melo MO, Pompeo KD, Brodt GA, Baroni BM, Silva DP Junior, Vaz MA. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on the muscle architecture and functional capacity in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. In press 2014.

Recebido: 20/3/2014

Revisado: 08/2/2015

Aprovado:10/3/2015