

# Eletrromiografia do reto femoral e gastrocnêmio durante vibração de todo corpo e agachamento com e sem plantiflexão

## *Electromyography of rectus femoris and gastrocnemius through whole body vibration and squats with and without plantiflexion*

Alexandre Carvalho Barbosa<sup>1</sup>; Fernanda Coelho Pereira<sup>2</sup>; Amanda Roberta Gonçalves<sup>2</sup>; Fábio Luiz Mendonça Martins<sup>1</sup>; Débora Fernandes de Melo Vitorino<sup>1</sup>; Michelle Cristina Sales Almeida Barbosa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professores Doutores Adjuntos do Departamento de Fisioterapia – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG – Brasil.

<sup>2</sup> Fisioterapeutas – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG – Brasil.

<sup>3</sup> Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ensino em Saúde – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, MG – Brasil.

### Endereço para correspondência

Alexandre Wesley Carvalho Barbosa  
Rodovia MGT 367, Km 583, nº 5.000, Alto da Jacuba  
39100-000 – Diamantina – MG [Brasil]  
alexwbarbosa@yahoo.com.br

### Resumo

**Objetivo:** Comparar a atividade eletromiográfica do reto femoral (RF) e gastrocnêmio medial (GM), submetidos à vibração corporal (VTC), ausência de VTC e plantiflexão de 25°, separada ou conjuntamente. **Métodos:** Dez voluntários foram submetidos ao agachamento: sem VTC (S1), sem VTC e com plantiflexão (S2), com VTC (S3), com VTC e plantiflexão (S4), monitorados por eletrromiografia. O teste Kruskal Wallis foi usado para localizar diferenças, e o coeficiente Spearman, para correlações entre dados ( $p < 0,05$ ). **Resultados:** Ocorreram diferenças entre S1 e S2, S1 e S4, para RF; e entre S4 e as demais situações, para GM. Correlações para RF entre S1 e S2, S2 e S3, S2 e S4, S3 e S4 foram notadas. Para GM não foram encontradas correlações significativas, exceto em S2. **Conclusão:** A VTC com plantiflexão aumenta a atividade mioelétrica do RF e GM, podendo ser utilizada terapêuticamente nos parâmetros estudados (40 Hz – 2 mm).

**Descritores:** Articulação do tornozelo; Exercício; Reabilitação; Vibração.

### Abstract

**Objective:** To compare the *rectus femoris* (RF) and medial *gastrocnemius* (MG) electromyographic activity, submitted to whole body vibration (WBV), WBV absence and 25° of plantiflexion, separately or jointly. **Methods:** Ten volunteers were submitted to squat: without WBV (S1), WBV and plantiflexion (S2), with WBV (S3), with WBV and plantiflexion (S4), monitored by electromyography. The Kruskal Wallis test was used to find differences and the Spearman coefficient for correlations between data ( $p < 0.05$ ). **Results:** Differences occurred between S1 and S2, S1 and S4 for RF. For MG, differences between S4 and the other situations occurred. Correlations for RF between S1 and S2, S2 and S3, S2 and S4, S3 and S4 were noted. For MG, significant correlations were not found, except in S2. **Conclusion:** The WBV with plantiflexion increases the RF and MG myoelectric activity, and can be used therapeutically with the parameters studied (40 Hz – 2 mm).

**Key words:** Ankle joint; Exercise; Rehabilitation; Vibration.

## Introdução

A vibração pode ser entendida como movimento oscilatório, sendo repetido em torno de um referencial de posição<sup>1</sup>. As vibrações vêm sendo utilizadas para aumentar características de força e potência<sup>2</sup>. Apesar de sua ampla utilização no esporte e na reabilitação, as respostas fisiológicas do exercício de vibração permanecem inconclusivas, pois os estudos não apresentam protocolos padronizados, com diferentes parâmetros de vibração e duração do treinamento<sup>3</sup>.

Ritzmann et al.<sup>4</sup> ressaltaram que a vibração de todo o corpo (VTC), produzida por plataforma vibratória, provoca reflexos de estiramentos nos músculos extensores da perna com aumento da atividade dos fusos musculares, em decorrência de os músculos esqueléticos serem submetidos a pequenas alterações no comprimento do músculo, importantes para potencializar tratamentos de patologias musculoesqueléticas ou de problemas neurológicos, incrementando significativamente a atividade muscular dos músculos da perna em comparação com os mesmos exercícios sem a VTC<sup>5</sup>. Esta vibração, entretanto, se propaga por muitos tecidos antes de chegar aos músculos ou ossos que se pretende atingir, uma vez que a exposição a esta se dá pelo contato das extremidades distais dos segmentos corporais com o aparato vibratório<sup>3,6</sup>.

Neste sentido, o exercício com VTC parece ser uma modalidade interessante para aumentar respostas fisiológicas de reflexo, atividade e função muscular, sobretudo, se for para fins terapêuticos e de manutenção da saúde<sup>3</sup>.

Vale destacar que a ativação muscular durante a vibração pode ser monitorada pela eletromiografia de superfície (sEMG) dos músculos-alvo, sem interferência no sinal captado, mesmo durante a vibração<sup>2,4</sup>.

O agachamento é um exercício multiarticular em cadeia cinética fechada, que ocorre por uma ação simultânea de flexão do quadril, joelho e tornozelo. Alguns estudos<sup>7,8</sup> mostraram que a estabilidade dinâmica durante esse

movimento tem como um dos principais fatores a atuação de cocontração de diversos músculos. Neste sentido, o quadríceps mostrou-se sensível à magnitude do ângulo de inclinação de tornozelo, manifestando maior atividade no agachamento declinado. Porém, em nenhuma das comparações entre as taxas de cocontração foram encontradas diferenças significativas. Recentemente, a estratégia de realizar o agachamento com ênfase na contração excêntrica, sobre superfícies inclinadas a 25°, ou agachamento declinado, tem sido apontada como padrão ouro para reabilitação de tendinopatias da patela, apesar de os dados disponíveis na literatura sobre a eficácia deste procedimento ainda serem raros<sup>9</sup>. Estudos que envolvam a ação muscular conjunta do gastrocnêmico e do reto femoral em inclinação associada à plataforma vibratória não foram encontrados em buscas bibliográficas, embora evidências demonstrem que músculos localizados mais próximos do contato com a plataforma vibratória apresentam maior efeito de vibração<sup>5</sup>.

Diante do exposto, neste estudo, deu-se ênfase ao músculo reto femoral e gastrocnêmio no exercício de agachamento em plataforma declinada a 25 graus sobre plataforma vibratória. Tendo como objetivo comparar a resposta da atividade elétrica destes músculos submetidos à vibração, ausência de vibração e inclinação de tornozelo, conjunta ou separadamente.

## Métodos

### Amostra

Este estudo transversal foi realizado com uma amostra composta por dez voluntários de ambos os sexos, entre 18 e 35 anos de idade, sendo desenvolvido na clínica-escola do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), na cidade de Diamantina (MG). Os sujeitos foram recrutados pelos pesquisadores junto à população local e estudantes da UFVJM mediante convite informal. Os voluntários fo-



ram avaliados por fisioterapeuta e não poderiam apresentar problemas musculoesqueléticos, dor e diminuição de amplitude de movimento em membros inferiores.

Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início do protocolo de avaliação, o qual foi previamente aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da UFVJM (Parecer 112/11). Além disso, os pesquisadores responsáveis por este trabalho seguiram as orientações para pesquisas com seres humanos, conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

## Instrumentação

O voluntário foi orientado a respeito dos procedimentos em relação a sua participação na pesquisa, obtendo assim, maior familiarização com os equipamentos e comandos verbais para a execução dos exercícios. Antes do posicionamento dos eletrodos de sEMG, foi realizada a tricotomia da pele, esfoliação com lixa fina e limpeza com álcool 70%.

Foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos da marca Miotec®, modelo Miotool® 400, de quatro canais com entradas analógicas. A conversão dos sinais analógicos para digitais foi realizada por uma placa A/D com faixa de entrada de 14 *bits* de resolução, frequência de amostragem de 2 kHz, módulo de rejeição comum maior que 100 dB, taxa de ruído do sinal menor que 3µV RMS e impedância do sistema de 109 Ohms. O sinal foi captado por eletrodos ativos diferenciais de superfície (SDS500) e registrado pela raiz quadrada da média (RMS) em µV, com distância fixa de 20 mm, dispostos perpendicularmente em relação à direção das fibras musculares. Os canais são compostos por filtros com banda de frequência entre 10 Hz (filtro passa-alta) e 500 Hz (filtro passa-baixa). O ganho do condicionador configurado a 100 vezes.

O sistema utilizou computador com processador Intel Core i5®, com 8 GB de memória RAM e interface de plataforma Windows 7

Professional, e a análise do sinal captado foi feita pelo *software* Miograph®.

Os músculos analisados pela sEMG foram o reto femoral (RF) e o gastrocnêmio medial (GM) do membro inferior não dominante.

Nas áreas investigadas, foram utilizados eletrodos de superfície autoadesivos, espaçados 2 cm entre si, contato de Ag/AgCl e geometria circular (diâmetro de 20 mm), sendo fixados na região dos músculos RF na região anterior da coxa, na metade da distância entre a espinha ilíaca anterior superior e a articulação do joelho; já, para o GM, foram posicionados dois eletrodos abaixo da interlinha articular do joelho, 2 cm medial em relação à linha média<sup>9,10</sup>.

Os valores médios, em µV, foram normalizados no domínio da amplitude de acordo com o pico do valor RMS atingido durante a contração isométrica nos exercícios propostos (normalização com menor coeficiente de variação) e expressos em porcentagem.

## Procedimentos

O participante foi solicitado a manter agachamento padrão em superfície horizontal com flexão de joelho e quadril até 90 graus (aferidos por goniometria manual e estabelecendo-se limite por anteparo físico – barra horizontal móvel para melhor adaptação à altura de agachamento do paciente) em três situações: (S1) sobre plataforma vibratória desligada, (S2) sobre prancha inclinada a 25 graus e com plataforma desligada, (S3) sobre plataforma vibratória ligada e sem declinação, e (S4) sobre prancha inclinada a 25 graus e plataforma vibratória ligada. Foram efetuadas três repetições isométricas de cada situação por dez segundos, com intervalo de cinco minutos entre as execuções. A plataforma vibratória foi ajustada em 40 Hz de frequência e 2 mm de amplitude de vibração. O voluntário foi posicionado com os pés afastados a 14 cm do eixo de vibração. Esta posição dos pés foi rigorosamente mantida, uma vez que qualquer posicionamento aquém ou além desse valor poderia influenciar a amplitude de movimento com consequente

alteração nos valores de aceleração<sup>11</sup>. Os testes foram realizados com os pacientes descalços, evitando-se interferência do calçado na realização do exercício.

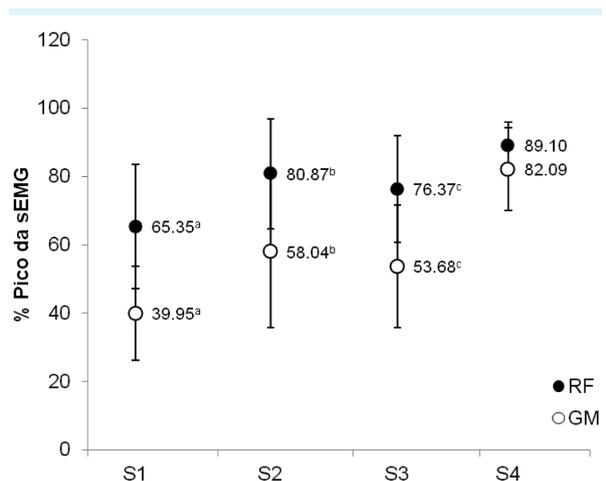
Os dados foram analisados pelo pacote estatístico BioEstat (versão 5.0, Belém, PA, Brasil). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, que demonstrou dados não paramétricos. Para a comparação entre os resultados, utilizou-se o teste de Kruskal Wallis, com *post hoc* de Student-Newman-Keuls para localização de diferenças, e o coeficiente de Spearman para localização de correlações entre os dados, admitindo-se  $p < 0,05$ . Utilizou-se também o *software* G-Power® (versão 3.1.5, Universidade Kiel, Alemanha) para encontrar o poder amostral a partir do coeficiente de determinação, sendo encontrado um tamanho de efeito de 0,82 e um poder de 0,97 para uma amostra de oito indivíduos.

## Resultados

A Tabela 1 demonstra os valores médios obtidos após normalização da sEMG, tanto para o músculo RF quanto para o GM. Observaram-se diferenças significativas entre S1 e S2 ( $p=0,049$ ) e entre S1 e S4 ( $p=0,0016$ ), quando analisado o RF. Demonstrando que a inclinação de 25° proporcionou aumento da atividade eletromiográfica, mas sem predominância, quando confrontadas às situações com a VTC. Já para o GM, foram percebidas diferenças entre S1 e S2 ( $p=0,0309$ ), S1 e S4 ( $p=0,0001$ ), S2 e S4 ( $p=0,0052$ ) e entre S3 e S4 ( $p=0,0012$ ). Os resultados demonstram que, para o GM, houve influência da flexão plantar no aumento da ati-

vidade elétrica, mas a VTC ocasionou aumento nesta atividade apenas quando associada à inclinação.

Comparando a atividade elétrica do RF com a do GM em cada situação (Figura 1), encontrou-se predomínio da atividade do RF em todas as situações (S1:  $p=0,0409$ ; S2  $p=0,0258$ ; S3:  $p=0,0421$ ), exceto em S4, em que a proporção de ativação elétrica não é diferente para os dois grupamentos musculares ( $p=0,3557$ ).



**Figura 1:** Atividade elétrica entre reto femoral (RF) e gastrocnêmio medial (GM) / de S1 a S4. Diferenças significativas assinaladas (<sup>a</sup> $p=0,0409$ ; <sup>b</sup> $p=0,0258$ ; <sup>c</sup> $p=0,0421$ )

Ao analisarem-se os valores de correlação, encontrou-se significância para o RF entre S1 e S2 ( $r_s=0,69$ ;  $p=0,0379$ ), S2 e S3 ( $r_s=0,75$ ;  $p=0,0198$ ), S2 e S4 ( $r_s=0,82$ ;  $p=0,006$ ), e entre S3 e S4 ( $r_s=0,71$ ;  $p=0,0318$ ). Para o músculo GM, não foram encontradas correlações significativas entre as diferentes avaliações realizadas; entretanto, entre S2 de ambos os músculos houve correlação ( $r_s=0,70$ ;  $p=0,0339$ ).

**Tabela 1:** Média e desvio-padrão dos valores da sEMG após normalização do reto femoral (RF) e gastrocnêmio medial (GM) entre situações de agachamento: sem vibração (S1), sem vibração e com flexão plantar (S2), com vibração (S3), e com vibração e flexão plantar (S4)

|    | S1             | S2             | S3           | S4               |
|----|----------------|----------------|--------------|------------------|
| RF | 65,35±18,19a,b | 80,87±16,06a   | 76,37±15,59  | 89,10±6,93b      |
| GM | 39,95±13,80c,d | 58,04±22,28c,e | 53,68±17,98f | 82,09±12,10d,e,f |

Diferenças estatísticas assinaladas: <sup>a</sup> $p=0,049$ ; <sup>b</sup> $p=0,0016$ ; <sup>c</sup> $p=0,0309$ ; <sup>d</sup> $p=0,0001$ ; <sup>e</sup> $p=0,0052$ ; <sup>f</sup> $p=0,0012$ .

## Discussão e conclusão

Os resultados indicam que a inclinação foi determinante para a ativação muscular de todos os voluntários estudados, discordando do estudo realizado sem VTC, avaliando-se agachamentos unipodais com inclinações em aclave e declive a 10 graus. Os achados deste estudo sugerem que diferentes tipos de posicionamento do pé não provocam alterações no padrão de recrutamento muscular nas condições relatadas<sup>12</sup>. Entretanto, outro trabalho mais recente demonstrou que a angulação de 25 graus gerou maior ativação do quadríceps no agachamento declinado em comparação ao realizado em superfície plana, ainda sem a associação da VTC, e o agachamento sendo efetuado com apoio unipodal somente na fase excêntrica<sup>9</sup>. Zwerver et al.<sup>13</sup> demonstraram que agachamento declinado produz forças verticais de reação do solo maiores, quando comparadas com agachamento em plano horizontal, com evidências de que as forças tensivas nos tendões também aumentam. Além disso, a co-contracção de músculos agonistas e antagonistas durante esse exercício são consideradas efetivas para desenvolvimento da força muscular em músculos das articulações do quadril, joelho e tornozelo, proporcionando maior estabilização articular<sup>14</sup>. Diversas pesquisas incluem ainda a VTC aos exercícios de agachamento, o que parece intensificar as respostas neuromusculares pela ativação do reflexo tônico vibratório, aumentando o sincronismo das unidades motoras e proporcionando maior eficiência neuromuscular<sup>15-19</sup>. Outro estudo recente demonstrou que, após a VTC, não foram observadas alterações significativas na cinemática mensurada pela acelerometria e sEMG, embora o tempo para estabilizar os membros inferiores tenha sido significativamente menor, após o treinamento de vibração. A análise da sEMG mostrou que não houve diferenças significativas na amplitude do sinal do músculo RF ou dos músculos isquiotibiais<sup>20</sup>. De fato, não se perceberam, na atividade eletromiográfica, alterações significativas para o RF nas condições propostas; entretanto, a corre-

ção moderada a boa, na progressão das atividades de S1 a S4, denota que uma possível alteração nos parâmetros poderia ocasionar alguma diferença perceptível na sEMG.

Ao analisar os resultados do GM, percebeu-se que a flexão plantar a 25 graus foi determinante no aumento da atividade elétrica, com a VTC potencializando este aumento na atividade, quando associada à inclinação, com S4 significativamente maior, em ativação muscular que as demais situações. Leporace et al.<sup>9</sup> e Kongsgaard et al.<sup>21</sup> relatam que, na comparação entre as atividades mioelétricas manifestas pelo GM em apoio horizontal e em declinado, não foram encontradas diferenças significativas, sem utilizar, contudo, a VTC associada ao agachamento. Os achados no atual estudo indicam, por conseguinte, que a VTC e a inclinação, em conjunto, interferiram nesta atividade mioelétrica, sugerindo efeitos neuromusculares interessantes na ativação e recrutamento de fibras, favorecendo a ativação durante o agachamento. Verifica-se também que, isoladas, ambas as técnicas parecem ser efetivas no aumento da atividade mioelétrica, quando comparadas ao agachamento horizontal; muito embora outro recente estudo indique que o treinamento de força isolado com VTC, durante quatro semanas, não ocasiona aumento de força ou da excitabilidade cortical-espinhal<sup>22</sup>. Ressalta-se que os parâmetros de aplicação da VTC variam bastante de acordo com a metodologia aplicada nas investigações e que estudos já sugerem dosagens ideais para o treinamento de desempenho muscular, mas também apresentando limitações quanto a técnicas usadas, aparelhos com tipos de vibração diferentes e grupamentos musculares estudados<sup>23,24</sup>.

Na comparação da atividade elétrica do RF com a do GM em cada situação, o predomínio da atividade do RF em todas as situações denota uma maior capacidade do músculo em gerar estabilidade para as articulações do joelho e do quadril; entretanto, em S4, em que a exigência externa pela aplicação da inclinação e da VTC é proporcionalmente maior que as demais situações, a atividade mioelétrica não apresentou di-

ferença na ativação de ambos os músculos, indicando que a cocontração mantém a estabilidade do joelho nas condições propostas. Isto corrobora os achados progressivos na ativação isolada do GM de S1 para S4, indicando que o músculo participa gradativamente de acordo com o nível de sobrecarga imposto ao membro inferior e ao corpo globalmente, apesar de a correção não ser estabelecida entre as situações propostas entre RF e GM. Este resultado, no entanto, apenas demonstra que não há uma relação direta entre os níveis propostos de dificuldade para os achados eletromiográficos ou que a progressão nesta atividade elétrica se comporta de forma não linear. Em S2, distintamente das demais situações, encontrou-se correlação entre os resultados e a diferença significativa, indicando proporcionalidade no aumento do recrutamento do RF em relação ao GM, quando a inclinação de 25 graus é aplicada. Leoporce et al.<sup>9</sup> afirmam que, em relação ao sinergismo das musculaturas do membro inferior, a direção da base e o valor de massa deslocada ocasionam alterações na taxa de participação de cada musculatura, e o gastrocnêmio medial apresentou um padrão de ativação diferenciado, quando comparado aos músculos do quadríceps. Pel et al.<sup>25</sup> relataram que não há modificações na aceleração da plataforma em indivíduos com diferentes massas corporais. Todavia, somente duas diferentes massas foram utilizadas (62 e 81 kg), e os autores não consideraram que atletas e sujeitos obesos que utilizam a vibração de todo o corpo tem diferentes massas. Consequentemente, os dados se mostram insuficientes para discutir efeitos da massa corporal na aceleração da plataforma. Outro trabalho demonstrou que instabilidades no joelho, como lassidão ligamentar, podem influenciar no aumento da ativação dos gastrocnêmios e do bíceps femoral para compensar a falta de controle passivo na articulação<sup>26</sup>. Como a VTC potencialmente é capaz de gerar instabilidades articulares, infere-se que esta ativação diferenciada do GM pode decorrer da ação vibratória, além do posicionamento do paciente e da inclinação.

Concluí-se, assim, que a vibração associada à inclinação, apesar dos padrões distintos em ambos os músculos, é capaz de aumentar a atividade mioelétrica dos músculos RF e GM, indicando que aplicações terapêuticas podem ser utilizadas a partir destas observações, de acordo com os parâmetros utilizados (40 Hz – 2 mm).

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo o apoio financeiro.

## Referências

1. Lam FM, Lau RW, Chung RC, Pang MY. The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*. 2012;72(3):206-13. doi: 10.1016/j.maturitas.2012.04.009.
2. Cardinale M, Lim J. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res*. 2003;17:621-4.
3. Cochrane DJ. Vibration exercise: the potential benefits. *J Inter Sports Med*. 2011;32:75-99.
4. Ritzmann R, Kramer A, Gruber M, Gollhofer A, Taube W. EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *Eur J Appl Physiol*. 2010;110:143-51.
5. Tankisheva E, Bogaerts A, Boonen S, Feys H, Verschueren S. Effects of intensive whole-body vibration training on muscle strength and balance in adults with chronic stroke: a randomized controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2014;95(3):439-46. doi: 10.1016/j.apmr.2013.09.009.
6. Marin PJ, Hazell TJ. Effects of whole-body vibration with an unstable surface on muscle activation. *J Musc Neuronal Interact*. 2014;14(2):213-9.
7. Krol P, Piecha M, Slomka K, Sobota G, Polak A, Juras G. The effect of whole-body vibration frequency and amplitude on the myoelectric activity of vastus medialis and vastus lateralis. *J Sports Sci Med*. 2011;10(1):169-74.

8. Sousa CO, Ferreira JJA, Medeiros ACLV, Carvalho AH, Pereira RC, Guedes DT, et al. Electromyographic activity in squatting at 40°, 60° and 90° knee flexion positions. *Rev Bras Med Esp.* 2007;13:280-6.
9. Leporace G, Pereira GR, Carmo RCR, Silva AC, Cabral RP, Filho NS, et al. Especificidade da atividade mioelétrica no agachamento excêntrico declinado em 25° e no agachamento padrão com diferentes sobrecargas. *Rev Bras Med Esp.* 2010;16:205-9.
10. Barbosa AC, Martins FL, Barbosa MC, dos Santos RT. Manipulation and selective exercises decrease pelvic anteversion and low-back pain: a pilot study. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013;26(1):33-6. doi: 10.3233/BMR-2012-0347.
11. Rittweger J, Ehrig J, Just K, Mutschelknauss M, Kirsch KA, Felsenberg D. Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med.* 2002;23:428-32.
12. Ribeiro G, Dionísio VC, Almeida GL. Atividade eletrmiográfica durante o agachamento unipodal associado a diferentes posiões do pé. *Rev Bras Med Esp.* 2007;13:43-6.
13. Zwerver J, Bredweg SW, Hof AL. Biomechanical analysis of the single leg decline squat. *Rev Bras Med Esp.* 2007;14:264-8.
14. Fonseca ST, Silva PLP, Ocarino JM, Ursine PGS. Analysis of an EMG method for quantification of muscular co-contraction. *Rev Bras Ciênc Mov.* 2001;9:23-30.
15. Bogaerts A, Delecluse C, Claessens AL, Coudyzer W, Boonen S, Verschueren SM. Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Med Sci.* 2007;62:630-5.
16. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35:1033-41.
17. Fjeldstad C, Palmer IJ, Bemben MG, Bemben DA. Whole-body vibration augments resistance training effects on body composition in postmenopausal women. *Maturitas.* 2009;63:79-83.
18. Roelants M, Delecluse C, Verschueren SM. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. *J Am Geriatr Soc.* 2004;52:901-8.
19. Trans T, Aaboe J, Henriksen M, Christensen R, Bliddal H, Lund H. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee.* 2009;16:256-61.
20. Sañudo B, Feria A, Carrasco L, De Hoyo M, Santos R, Gamboa H. Does whole body vibration training affect knee kinematics and neuromuscular control in healthy people? *J Sports Sci.* 2012;30:1537-44.
21. Kongsgaard M, Aagaard P, Roikjaer S, Olsen D, Jensen M, Langberg H, Magnusson SP. Decline eccentric squats increases patellar tendon loading 12 compared to standard eccentric squats. *Clin Biomech.* 2006;21:748-54.
22. Weier AT, Kidgell DJ. Strength training with superimposed whole body vibration does not preferentially modulate cortical plasticity. *ScientificWorldJournal.* 2012; doi: 10.1100/2012/876328.
23. Da Silva-Grigoletto ME, De Hoyo M, Sañudo B, Carrasco L, García-Manso JM. Determining the optimal whole-body vibration dose-response relationship for muscle performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25:3326-33.
24. Dabbs NC, Muñoz CX, Tran TT, Brown LE, Bottaro M. Effect of different rest intervals after whole-body vibration on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25:662-7.
25. Pel JJ, Bagheri J, van Dam LM, van den Berg-Emons HJ, Horemans HL, Stam HJ, van der Steen J. Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs. *Med Eng Phys.* 2009;31:937-44.
26. Shultz SJ, Carcia CR, Perrin DH. Knee joint laxity affects muscle activation patterns in the healthy knee. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14:475-83.