

## EFEITO AGUDO DA APLICAÇÃO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO NA FORÇA MUSCULAR DE MEMBROS SUPERIORES

### ACUTE EFFECT OF WHOLE BODY VIBRATION IN THE UPPER LIMBS STRENGTH

Mariana Paulino Oliveira<sup>1</sup>, Hans-Joachim Karl Menzel<sup>1</sup>, Marcos Daniel Motta Drummond<sup>1</sup>, Severino Leão de Albuquerque<sup>2</sup>, Leszek Antoni Szmuchowski<sup>1</sup>, Tane Kanope Ferreira Serpa<sup>1</sup>, Mônica Souza<sup>2</sup> e Bruno Pena Couto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil.

#### RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar o efeito agudo da aplicação de vibração de corpo inteiro (VCI) sobre o impulso e sobre a força máxima de membros superiores. Vinte voluntários do sexo masculino, treinados, com idade:  $23,8 \pm 3,3$  anos, foram submetidos a 3 sessões (uma sessão de familiarização e duas sessões de intervenção). Em cada uma das sessões de intervenção os voluntários realizaram uma contração voluntária máxima (CVM) de flexores do cotovelo sem aplicação de vibração e duas CVM com adição de vibração. Foram utilizadas 4 frequências de VCI (10, 20, 30 e 40Hz) distribuídas de maneira aleatória nas 4 CVM realizadas com vibração nas duas sessões de coleta. Os resultados encontrados mostraram que a força máxima e o impulso gerados na contração sem vibração foram significativamente maiores do que a força máxima e o impulso gerados durante a contração realizada com aplicação de VCI. Para o treinamento de força, a aplicação de VCI, nas frequências testadas na presente investigação, representou um menor estímulo de treinamento para os membros superiores, uma vez que gerou uma redução na força máxima e no impulso dos músculos flexores do cotovelo.

**Palavras-chave:** Contração Isométrica. Força Muscular. Vibração.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate, from a protocol of maximal isometric contractions of the elbow flexors, the effect of WBV in the maximal force and of impulse in strength-trained individuals. Twenty male volunteers, age:  $23.8 \pm 3.3$  years, performed 3 sessions (one familiarization session and two intervention session). The sessions were composed by 3 MVC of the elbows flexor muscles with 5 minute of rest between them. The first CVM was performed without vibration and the others, applying aleatory WBV with 10, 20, 30, 40Hz, and amplitude of 6mm. The results showed that the maximal force and of impulse obtained during the MVC without vibration was significantly higher than the maximal force and of impulse recorded during the application of WBV. For strength training, the application of WBV, in the adopted frequencies, was not able to generate sufficient stimulus to induce acute adaptations in muscle strength of upper limbs.

**Keywords:** Isometric contraction. Muscle Strength. Vibration.

#### Introdução

A aplicação de vibrações mecânicas em programas de treinamento esportivo tem se tornado um recurso cada vez mais utilizado. O treinamento com adição de vibração mecânica se baseia na presença do “reflexo tônico à vibração”, que consiste em um reflexo medular incitado pelos sucessivos alongamentos musculares ocorridos durante a aplicação da vibração e que favorece o aumento da força muscular<sup>1</sup>.

A vibração de corpo inteiro (VCI) é o tipo de estímulo de vibração mais utilizado em pesquisas científicas e na prática do treinamento<sup>2</sup>. Apesar de muitos estudos apontarem um aumento agudo no desempenho de membros inferiores em indivíduos submetidos à VC<sup>3,4</sup> tem sido reportada na literatura a ocorrência de uma importante atenuação do sinal vibratório durante a VCI para os membros superiores<sup>5</sup>. Rubin et al.<sup>6</sup> reportaram que o estímulo produzido por plataformas vibratórias é amortecido através do quadril e da coluna em aproximadamente 30% na posição em pé com 20° de flexão nos joelhos. Luo, Mcnamara e Moran<sup>7</sup> encontraram que o estímulo vibratório era drasticamente reduzido quando percorria os

tecidos corporais, resultando em um estímulo insuficiente para causar um aumento da atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos do membro superior.

Hazell, Jakobi e Kenno<sup>8</sup> investigaram os efeitos da VCI, simultaneamente, nos membros superiores e inferiores e em exercícios dinâmicos e estáticos. Foram investigados os exercícios semi-agachamento isométrico, agachamento dinâmico e flexão de cotovelos dinâmica e estática sobre a plataforma vibratória. Esses autores não encontraram aumento da atividade eletromiográfica (EMG) para o músculo bíceps braquial durante o exercício estático de bíceps com adição de VCI. Entretanto, para o exercício dinâmico, esses mesmos autores encontraram um pequeno aumento da atividade EMG do bíceps braquial de 0,6-0,8%. Tendo em vista que a VCI pode ser utilizada na prática esportiva com o intuito de gerar um aumento agudo na força máxima ou no impulso produzidos durante o treino de força, o objetivo do presente trabalho foi analisar o efeito agudo da aplicação de VCI sobre o impulso e sobre a força máxima de membros superiores.

## Métodos

### *Participantes*

A amostra foi composta por vinte voluntários do sexo masculino (idade:  $23,8 \pm 3,3$  anos, massa corporal:  $85,1 \pm 22,9$  Kg e estatura:  $1,71 \pm 0,27$  m), estudantes do curso de Educação Física e praticantes de treinamento de força há pelo menos seis meses. Cada voluntário recebeu todas as informações sobre o experimento antes da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O projeto deste trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP/UFMG), sob parecer número 0472.0.203.000-10.

### *Procedimentos*

O estudo foi constituído de três sessões: uma sessão para a familiarização e duas sessões de intervenção. No encontro para familiarização foram mensurados os dados antropométricos dos voluntários (estatura e massa corporal). Em seguida, foi realizada uma familiarização à CVM sem vibração e com VCI a 10, 20, 30 e 40Hz. Para tal, foram realizadas 5 CVM, sendo a primeira realizada sem vibração e as quatro seguintes com aplicação de VCI. Cada CVM teve a duração de 10 segundos (4 segundos para estabilização do platô de força sem vibração e 6 segundos com aplicação de vibração). O intervalo adotado entre as CVM foi de 5 minutos. A amplitude da vibração foi fixa em 6 milímetros (mm). A ordem de aplicação das diferentes frequências de vibrações foi randomizada entre os sujeitos. Durante todas as CVM foi registrado o valor da força por meio da célula de força. Foi fornecido um encorajamento verbal para todos os voluntários em todas as CVM e a curva força-tempo, exibida por um monitor de computador posicionado à frente do voluntário.

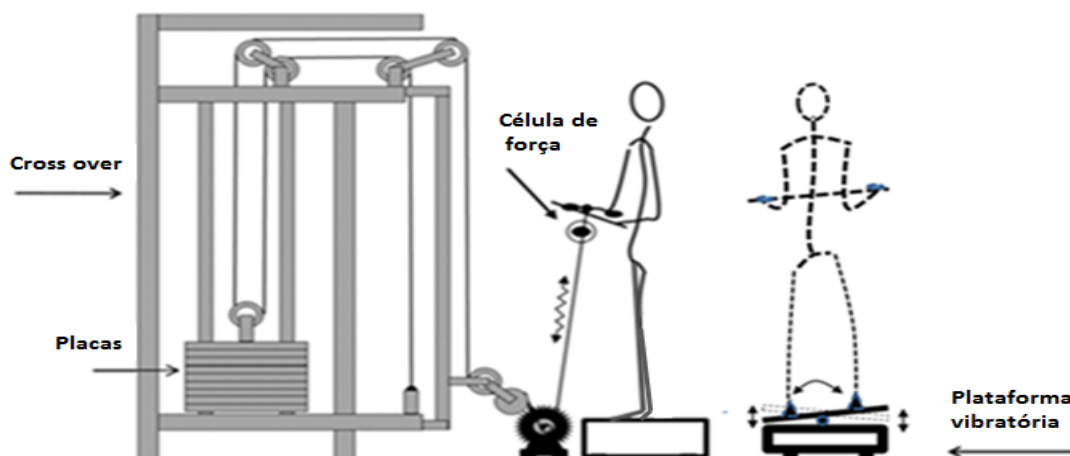
Após um intervalo de 4 dias, foram iniciadas as sessões de intervenção, que consistiram na repetição dos mesmos procedimentos da familiarização, sendo, desta vez, uma CVM sem vibração e 2 CVM com adição de VCI (10, 20, 30 ou 40Hz). Foi respeitado um intervalo de pelo menos 2 dias entre as sessões de intervenção. Para a realização das CVM dos flexores do cotovelo, os voluntários se posicionaram em frente ao equipamento de *cross over* sobre a plataforma de vibração. O exercício de flexão de cotovelos constituiu da flexão bilateral desta articulação em posição isométrica a  $90^\circ$  de flexão (figura 1). O controle do ângulo de flexão dos cotovelos foi realizado a partir de um goniômetro manual fixado no lado esquerdo no plano sagital do voluntário. As mãos foram posicionadas em uma barra reta, na posição supinada, à largura dos ombros. Em todas as sessões realizadas, os indivíduos mantiveram uma posição inicial, na qual permaneceram de pé sobre a plataforma vibratória,

mantendo os joelhos semiflexionados a aproximadamente 10° e os pés paralelos e posicionados em local pré-determinado (19 cm do eixo principal) para controle da amplitude pico-a-pico durante a VCI.

### Instrumentos

A série temporal da força foi medida por meio de uma célula de força da marca JBA (ZbStaniak, Polônia) com capacidade de 10.000N, a qual foi calibrada e conectada a um amplificador (WTM 005 - 2T/2P, Jaroslaw Doliriski Systemy Mikro procesorowe, Polônia). O amplificador, por sua vez, foi conectado ao computador, em interface com o programa MAX (versão 5.5, JBA, ZbStaniak, Polônia), que permite a análise *online* do gráfico da força-tempo. A partir do registro da curva de força-tempo na contração voluntária máxima (CVM) foram obtidos os valores do impulso e força máxima com e sem vibração. A força máxima sem vibração foi identificada a partir do maior valor registrado na curva força-tempo da CVM sem vibração e a força máxima durante a vibração foi obtida extraindo o maior pico no intervalo determinado da análise da curva. O impulso foi calculado a partir da *root meansquare (RMS)* da força durante 5 segundos da CVM (com ou sem vibração) multiplicada pelo tempo de análise.

Para aplicação da VCI foi utilizada uma plataforma vibratória da marca Planet for Fitness (modelo PT 004 Profissional) adaptada com um motor da marca WEG (modelo IP55, 2 CV de potência, 60Hz de frequência e rotação máxima de 3600 rpm) e um inversor de frequência da marca WEG (modelo CFW 09). A plataforma vibratória foi posicionada próxima a um equipamento de *crossover* (Pedaling, modelo compacto, Divinópolis, Minas Gerais, Brasil) a uma distância que permitia ao cabo apresentar uma trajetória vertical e paralela ao corpo do voluntário (Figura 1). O estímulo de vibração possuía amplitude de 6mm e frequências de 10, 20, 30 e 40 Hz.



**Figura 1.** Posicionamento da plataforma para aplicação da VCI, vista lateral e vista frontal

Fonte: De Almeida, 2015

As análises de força foram realizadas pelo *software* Qt- Creator desenvolvido em linguagem C++, criado exclusivamente para este estudo com uma amostragem 1.000Hz.

### Análise estatística

Inicialmente foi realizada a análise descritiva dos dados. A normalidade dos dados foi verificada utilizando o teste *Shapiro-Wilk* e a homogeneidade a partir do teste de Levene. Para comparação dos valores de força máxima e o impulso nas diferentes situações (sem vibração, 10, 20, 30 e 40Hz) foi utilizada uma ANOVA *one-way* com medidas repetidas. A análise do

tamanho do efeito das significâncias foi realizada por meio do Teste de Cohen, no qual os valores superiores ou iguais a 0,8 representam tamanho de efeito grande; entre 0,8 e 0,2 são considerados médios e inferiores a 0,2 pequenos (Lindenau & Guimaraes, 2012). O nível de significância adotado foi de 0,05. As análises estatísticas foram realizadas no *software* SPSS 20.0.

## Resultados

Os dados apresentaram distribuição normal e homogeneidade. Foram encontradas diferenças significativas para a força máxima e o impulso medidos nas situações sem vibração e com aplicação de VCI, como mostrado pelas tabelas 1 e 2.

A força máxima registrada na situação sem vibração foi significativamente maior que a força máxima registrada na CVM com adição de VCI na frequência de 10Hz ( $p=0,016$ ), com tamanho do efeito pequeno ( $d=0,16$ ) e 30Hz ( $p=0,001$ ), com o tamanho do efeito de ( $d=0,26$ ) médio e inferior, como exibido na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados de força máxima e impulso (N)

Situação	Força Máxima (N)	Impulso (N.s)
Sem vibração	48,87 ± 11,25*	178,06 ± 45,84*
10Hz	44,98 ± 12,32	122,56 ± 65,25
20Hz	45,61 ± 14,34	148,46 ± 61,98§
30Hz	42,98 ± 10,95	123,70 ± 59,90
40Hz	47,63§ ± 11,50	157,46 ± 59,90&**

**Nota:** \*Diferença significativa entre a situação sem vibração e VCI com frequência de 10Hz ( $p=0,016$ ) ( $d=0,16$ ) e 30Hz ( $p=0,001$ ) ( $d=0,26$ )

**Fonte:** Os autores

O impulso registrado na situação sem vibração foi significativamente maior que o impulso registrado na CVM com adição de VCI com frequência de 10Hz ( $p=0,0001$ ), com tamanho do efeito médio e inferior ( $d=0,44$ ), 20Hz ( $p=0,004$ ) com tamanho do efeito médio e inferior ( $d=0,45$ ), 30Hz ( $p=0,0001$ ) com tamanho do efeito médio e inferior ( $d=0,26$ ) e 40Hz ( $p=0,038$ ) ( $d=0,2$ ) com tamanho do efeito pequeno.

**Tabela 2.** Resultados sobre os valores do impulso (N.s)

Situação	Média	Desvio Padrão
Sem vibração	178,06*	45,84
10Hz	122,56	65,25
20Hz	148,46§	61,98
30Hz	123,70	59,90
40Hz	157,46&**	54,68

**Nota:** \*\*Diferença significativa entre a situação sem vibração e VCI com frequência de 10Hz ( $p=0,000$ ) ( $d=0,44$ ) e 30Hz ( $p=0,000$ ) ( $d=0,26$ ), 20Hz ( $p=0,004$ ) ( $d=0,45$ ) e 40Hz ( $p=0,038$ ) ( $d=0,2$ ). § Diferença significativa entre a VCI 10Hz e 20Hz ( $p=0,024$ ) ( $d=-0,20$ ). & Diferença significativa entre a VCI 10Hz e 40Hz ( $p=0,005$ ) ( $d=-0,28$ ) e \*\* Diferença significativa entre a VCI 30Hz e 40Hz ( $p=0,022$ ) ( $d=-0,28$ )

**Fonte:** Os autores

## Discussão

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito agudo da VCI sobre a força máxima e o impulso dos membros superiores. Com base nos estudos anteriores que obtiveram resultados

positivos em relação ao aproveitamento do reflexo tônico da vibração durante a aplicação de VCI<sup>1,6,9</sup>, a hipótese formulada era de que ambas as variáveis analisadas (força máxima e o impulso) aumentariam durante a aplicação de VCI, comparado à situação sem vibração. Contudo, essa hipótese não foi confirmada. A aplicação de VCI reduziu a força máxima e o impulso produzidos pelos músculos flexores do cotovelo.

A provável justificativa para esses achados é a característica da transmissibilidade do sinal vibratório pelos tecidos corporais. Em geral, a transmissão da vibração é atenuada quando propagada pelo corpo<sup>10,11</sup>. Tankisheva et al.<sup>12</sup> documentaram que a transmissão do sinal vibratório para os membros superiores é significativamente baixa quando aplicada a VCI. Ainda no estudo de Tankisheva et al.<sup>12</sup>, foi observada uma alta amplificação da aceleração da vibração no tornozelo e, em seguida, uma significativa atenuação do sinal vibratório do joelho para a cabeça. O que pode justificar o fato da vibração não ter potencializado os valores de força no presente estudo é o fato de que a VCI foi aplicada nos pés e os músculos alvo investigados foram os flexores do cotovelo. Possivelmente, a magnitude da vibração que atingiu os músculos alvo não foi suficiente para provocar os efeitos desejados, corroborando com os achados de Luo et al.<sup>7</sup> e Hazell et al.<sup>8</sup>.

Outro fator que pode ter contribuído para a exposição à vibração não ter aumentado a produção de força muscular como esperado e, neste caso, ter reduzido o desempenho em ambas as variáveis significativamente, é a instabilidade natural provocada pela plataforma durante a aplicação de VCI, combinada com a pouca experiência dos voluntários com o treinamento com vibrações. Por isso, talvez os voluntários tiveram que criar estratégias para manter o equilíbrio/estabilidade durante a CVM, o que pode ter favorecido para a redução nos valores de picos (força máxima) e a média (impulso) gerada na curva força-tempo. Além disso, durante a fase concêntrica de retorno à posição isométrica a produção de força tende a reduzir. Com base no fato de que durante a aplicação de vibração o que ocorre são sucessivas ações excêntricas-concêntricas, essas sequências de ações musculares fazem com que ocorram ciclos de aumento da produção de força (excêntrica) e posterior queda abrupta da força (concêntrica), que talvez gere, em média, valores menores de força.

Segundo Frick<sup>13</sup>, a resistência de força é influenciada pela grandeza de cada impulso e pela capacidade de manter o valor desse impulso elevado durante determinado tempo. Por isso, ainda segundo este autor, o melhor desempenho em resistência de força é determinado pelo impulso total durante um determinado tempo. No treinamento de resistência de força, mais importante do que gerar maiores valores de força máxima é gerar um maior impulso total. Mesmo para indivíduos treinados, manter um estímulo máximo por um tempo razoavelmente longo pode ser uma tarefa muito difícil. Dessa forma, normativas para resistência de força, comparadas às de força máxima, abrangem estímulos submáximos e com um número de repetições consideravelmente maior ou, no caso da CVM, manutenção de um determinado valor médio de força por um período mais longo. Como observado, a exposição à vibração repercutiu em uma redução significativa do impulso comparado à CVM sem vibração. Por isso, talvez para a capacidade de resistência de força, o treinamento com adição de VCI não seja o mais indicado. O mesmo ocorreu quando a força máxima foi analisada. Tendo em vista que a força máxima representa o maior valor da força obtido em uma curva força-tempo, um apropriado estímulo de treinamento para essa capacidade seria o alcance desse valor máximo durante o treino e, com a aplicação de vibração, talvez até mesmo uma superação dos valores máximos atingidos voluntariamente. Isso porque, durante o treinamento com vibrações, pode ocorrer um aumento na produção de força devido às mudanças rápidas de comprimento muscular que estimulam as terminações primárias do fuso<sup>14</sup>. Griffin et al.<sup>15</sup> e Martin e Park<sup>16</sup> também relatam um possível aumento da taxa de estimulação nervosa, já que o estiramento do fuso muscular gera um aumento na frequência de disparo das terminações

sensoriais. Contudo, isso não foi observado, uma vez que no presente trabalho foi verificada uma redução nos valores máximos de força gerados durante a aplicação de VCI.

Como no presente estudo tanto os valores de pico de força, quanto o impulso foram menores durante a contração realizada com VCI, a aplicação de vibração durante a CVM representou um menor estímulo de treinamento comparado à CVM sem vibração. Este fato permite sugerir que, para os membros superiores, o uso da VCI talvez não seja o mais adequado. Sugere-se que estudos futuros investiguem o efeito da VCI em indivíduos não treinados e outros protocolos (de frequência, amplitude e duração da exposição) em amostras treinadas.

## Conclusões

Através dos resultados da presente investigação conclui-se que a aplicação de vci, nas frequências testadas nesse estudo, não deve ser utilizada com o intuito de gerar aumento no desempenho de força de membros superiores, uma vez que a aplicação do método gerou uma redução na força máxima e no impulso dos músculos flexores do cotovelo. Dessa forma, possivelmente, a adição de vibração não representou um estímulo de treinamento suficiente para gerar as adaptações esperadas nos músculos flexores do cotovelo.

## Referências

1. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol* 2000;20(2):134-142. Doi:10.1046/j.1365-2281.2000.00238.x.
2. Di Giminiani R, Tihanyi J, Safar S, Scrimaglio R. The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies. *J Sports Sci* 2009;27(2):169-177. Doi: 10.1080/02640410802495344.
3. Zaidell LN, Mileva KN, Sumners DP, Bowtell JL. Experimental evidence of the tonic vibration reflex during whole-body vibration of the loaded and unloaded leg. *PLoS One* 2013;8(12):e85247. Doi: 10.1371/journal.pone.0085247.
4. 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(6):901-908. Doi: 10.1111/j.1532-5415.2004.52256.x.
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):439-446. Doi: 10.1016/j.apmr.2013.09.009.
6. Rubin C, Pope M, Chris Fritton J, Magnusson M, Hansson T, McLeod K. Transmissibility of 15-hertz to 35-hertz vibrations to the human hip and lumbar spine: Determining the physiologic feasibility of delivering low-level anabolic mechanical stimuli to skeletal regions at greatest risk of fracture because of osteoporosis. *Spine* 2003;28(23): 2621-2627. Doi: 10.1097/01.BRS.0000102682.61791.C9.
7. Luo J, McNamara BP, Moran K. A portable vibrator for muscle performance enhancement by means of direct muscle tendon stimulation. *Med Eng Phys* 2005;27(6):513-522. Doi: 10.1016/j.medengphy.2004.11.005.
8. Hazell TJ, Jakobi JM, Kenno KA. The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007;32(6):1156-1163. Doi: 10.1139/H07-116.
9. Seidel H. Myoelectric reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988;57(5):558-562. Doi: 10.1113/expphysiol.2008.042689.
10. Kiiski J, Heinonen A, Järvinen TL, Kannus P, Sievänen H. Transmission of vertical whole body vibration to the human body. *J Bone Miner Res* 2008;23(8):1318-1325. Doi: 10.1359/jbmr.080315.
11. Pollock RD, Woledge RC, Mills KR, Martin FC, Newham DJ. Muscle activity and acceleration during whole body vibration: Effect of frequency and amplitude. *Clin Biomech* 2010;25(8):840-846. Doi: 10.1016/j.clinbiomech.2010.05.004.
12. Tankisheva E, Jonkers I, Boonen S, Delecluse C, Harry van Lenthe G, Druyts HLJ, et al. Transmission of whole-body vibration and its effect on muscle activation. *J Strength Cond Res* 2013;27(9): 2533-41. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31827f1225.

13. Frick U. Kraftausdauerverhalten im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. [Theses]. Köln: Goethe-Universität Frankfurt am Main; 1993.
14. Brown MC, Engberg I, Matthews PBC. The relative sensitivity to vibration of muscle receptors of the cat. *J Physiol* 1967;192(3):773-800. Doi: 10.1113/jphysiol.1967.sp008330
15. Griffin L, Garland SJ, Ivanova T, Gossen ER. Muscle vibration sustains motor unit firing rate during submaximal isometric fatigue in humans. *J Physiol* 2001;535(3):929-936. Doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.00929.x.
16. Martin BJ, Park H-S. Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;75(6):504-511. Doi: 10.1007/s004210050196.

**ORCID** dos autores:

Mariana Paulino Oliveira: 0000-0001-7702-8202  
Hans-Joachim Karl Menzel: 0000-0001-7448-9636  
Marcos Daniel Motta Drummond: 0000-0002-5622-1297  
Severino Leão de Albuquerque: 0000-0002-7304-0527  
Leszek Antoni Szmuchrowski: 0000-0002-8715-4226  
Tane Kanope Ferreira Serpa: 0000-0003-3954-8834  
Mônica Vieira de Souza: 0000-0001-6850-2371  
Bruno Pena Couto: 0000-0003-1011-6405

Recebido em 19/10/17.

Revisado em 05/07/18.

Aceito em 10/07/18.

---

**Endereço para correspondência:** Bruno Pena Couto. Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-90. Belo Horizonte / MG / Brasil. brunopena@yahoo.com.br