

EFEITOS DO EXERCÍCIO COM VIBRAÇÃO CORPORAL TOTAL SOBRE O SISTEMA NEUROMUSCULAR: UMA BREVE REVISÃOEnio Gonçalves Junior¹, Bruno Manfredini Baroni¹, Marco Aurélio Vaz¹**RESUMO**

A utilização de plataformas vibratórias para fins de treinamento e reabilitação vem tomando grande proporção nos últimos anos. Seu potencial para estimular o aparato musculoesquelético tem sido estudado em trabalhos avaliando adaptações agudas e crônicas em diferentes populações. Alterações significativas em força muscular, potência muscular, flexibilidade, densidade mineral óssea além de outras variáveis, são observadas na literatura. É preciso considerar que a exposição exagerada à vibração implica em danos ao organismo humano de ordem neurológica, vascular e musculoesquelética. Assim, o presente artigo objetiva: (1) apresentar e discutir informações atualizadas sobre os mecanismos fisiológicos e biomecânicos que embasam a resposta neuromuscular ao estímulo vibratório; (2) expor os possíveis problemas relativos à exposição do homem à vibração; e (3) discutir as razões pelas quais a vibração pode ser considerada útil no âmbito do treinamento e reabilitação. Os resultados dos artigos científicos consultados sugerem que o treinamento vibratório tem grande potencial de aplicação nas áreas do exercício físico e reabilitação. O completo entendimento sobre os mecanismos de resposta neuromuscular à vibração ainda carece de mais estudos. Outra limitação encontrada é a falta de protocolos específicos para cada população e tipo de esforço, levando em consideração as variáveis envolvidas como frequência, amplitude, magnitude e tempo de exposição. A compreensão sobre os efeitos negativos da vibração no corpo humano é fundamental para que se possa utilizar, de forma segura, o treinamento vibratório como estímulo de condicionamento físico.

Palavras-chave: Plataforma vibratória, Músculo esquelético, Reflexo tônico vibratório, Vibração ocupacional.

1-Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ABSTRACT

Effects of whole body vibration exercise on the neuromuscular system: a brief review

The use of vibration platforms for training purposes and rehabilitation has taken large proportions in recent years. Its potential to stimulate the muscle apparatus has been studied while evaluating acute and chronic adaptations in different populations. Significant alterations in muscular strength, power, flexibility, bone mineral density, besides other variables, are observed in the literature. However, it is also important to consider that exaggerated exposure to vibration can cause neurological, vascular and musculoskeletal damage to the human organism. Thus, this manuscript aims at discussing: (1) up-to-date information on physiological and biomechanical mechanisms related to the neuromuscular responses to the vibratory stimulus; (2) potential problems relating to human exposition to vibration; and (3) the reasons why vibration can be considered useful in the context of training and rehabilitation. The results of the reviewed scientific studies suggest that vibration training has great application potential in the fields of physical fitness and rehabilitation exercises. The complete understanding of the neuromuscular mechanism of vibration responses or adaptive response to whole body vibration still needs further investigation. A limitation found in the reviewed literature is the lack of specific protocols for each population and their effort type, taking into consideration the variables involved such as frequency, displacement, magnitude and time of exposition. It is also necessary a better understanding regarding the negative effects of vibration in the human body so that we can use, in a safe way, the vibration training as a stimulus for physical training.

Key words: Vibration platform, Skeletal muscle, Tonic vibration reflex, Occupational vibration.

INTRODUÇÃO

Vibração é um estímulo mecânico caracterizado por um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo. A intensidade da vibração é determinada por três variáveis: frequência, amplitude e magnitude. A frequência representa o número de vezes que o movimento se repete no período de um segundo, sendo expressa em hertz. A amplitude representa o deslocamento que o movimento realiza, e é expressa em unidades de medida de comprimento (ex.: milímetros). A magnitude é determinada pela aceleração da gravidade (Cardinale e Bosco, 2003).

O efeito da vibração sobre o organismo humano tem sido relatado há bastante tempo pela medicina ocupacional. A exposição prolongada à vibração, tanto de forma localizada como de corpo inteiro, pode resultar em danos significativos para vasos sanguíneos, nervos periféricos e articulações (Vendrame, 2007).

Trabalhadores expostos a vibrações por períodos prolongados ou de grande magnitude, podem desenvolver severos problemas que incluem alterações no controle sensorio-motor, equilíbrio postural, reflexos medulares e ritmo cardiorrespiratório (Jordan e colaboradores, 2005).

Nas últimas duas décadas uma nova visão a respeito do assunto vem sendo estudada em várias partes do mundo. Neste período, surgiram muitos trabalhos de pesquisa investigando os efeitos da vibração como instrumento auxiliar na área do treinamento e da reabilitação física por meio de exercícios realizados sobre plataformas vibratórias. Sua eficiência em relação ao ganho de força, potência muscular, flexibilidade e equilíbrio, assim como os mecanismos fisiológicos que induziriam a esses ganhos, tornaram-se alvo de diversas investigações (Cardinale e Bosco, 2003; Jacobs e Burns, 2009; Torvinen e colaboradores, 2002; Cardinale e Lin, 2003; Blotner e colaboradores, 2006; De Ruiter e colaboradores, 2003; Sands e colaboradores, 2006).

A compreensão sobre os efeitos da vibração corporal total na saúde é determinante para a utilização de plataformas vibratórias como forma de auxílio ao condicionamento físico. Os profissionais que trabalham com esse tipo de equipamento

podem se beneficiar a partir do conhecimento gerado pelo estudo e, conseqüentemente, beneficiar seus atletas, alunos e/ou pacientes com planejamentos e rotinas de exercícios mais personalizadas e seguras.

Dessa forma, a realização do presente estudo justifica-se pela importância do entendimento a respeito da interação do organismo humano com a vibração, e se propõe a apresentar e discutir estudos disponíveis sobre o assunto na busca de esclarecimentos sobre os fatores fisiológicos e biomecânicos envolvidos, assim como a efetividade do estímulo vibratório para o corpo e os possíveis problemas advindos da exposição à vibração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os artigos utilizados na presente revisão foram selecionados a partir da base de dados PubMed. Foram incluídos artigos publicados no período entre 1999 e 2010 que apresentavam as palavras chave *whole-body vibration*, *strength*, *muscle performance*, *vertical jump*, *flexibility*, *bone mineral density* e *postural control*. Fontes adicionais foram obtidas através das referências encontradas nos artigos primários.

Vibração e o corpo humano

Vibração é um estímulo natural que está presente em vários tipos de atividades laborais, esportivas ou de vida diária, sendo considerado um movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade (Vendrame, 2007).

A vibração no corpo humano pode ser definida como toda vibração produzida por um evento externo atuando sobre o corpo (Balbinot, 2001).

Nossos corpos estão frequentemente interagindo com situações que provocam aplicação de forças externas aos tecidos esqueléticos, gerando adaptações específicas. Podemos experimentar vibrações aplicadas ao corpo inteiro (vibração corporal total) ou a uma parte específica do corpo (vibração segmentar).

Exemplos típicos desse efeito são os impactos sofridos por nossos pés contra o solo em uma corrida, a sensação de um ciclista ao descer uma trilha ou o impacto de uma parte do corpo contra algum tipo de equipamento

esportivo, direta ou indiretamente (Cardinale e Wakeling, 2005).

A vibração no ambiente ocupacional está presente em vários setores como indústria, construção, transporte e navegação, podendo ser exemplificada pela experiência de trabalhadores com certos tipos de máquinas, veículos ou ferramentas manuais.

Estudos sobre a interação do homem com vibrações requerem conhecimento proveniente de diversas áreas da ciência tais como: engenharia, física, fisiologia, ergonomia, medicina, matemática, psicologia e estatística (Jordan e colaboradores, 2005).

O corpo humano é uma estrutura biomecânica complexa, e sua sensibilidade à vibração pode envolver vários fatores tais como postura, tensão muscular, frequência, amplitude, direção da vibração e tempo de exposição (Balbinot, 2001).

A modulação da transmissão de forças de impacto através do corpo, assim como vibrações, inclui a participação dos ossos, cartilagens, fluido sinovial, tecido conjuntivo e ativação muscular (Cardinale e Wakeling, 2005).

É importante salientar que o corpo humano possui uma vibração natural, com cada parte vibrando em uma frequência característica. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre ressonância entre as duas e, conseqüentemente, amplificação do movimento. Nestes casos a energia vibratória é absorvida pelo corpo que tenta atenuá-la através dos tecidos e órgãos (Vendrame, 2007).

Os órgãos humanos, por exemplo, vibram em frequências que variam entre cinco e 20HZ.

Dessa forma, sempre que o corpo for submetido a vibrações dentro dessa faixa de variação, tentará amortecer essas frequências utilizando-se de um mecanismo de defesa que envolve a participação dos ossos, cartilagens, fluido sinovial, tecido conjuntivo e atividade muscular (Totosty de Zepetnek, Giangregorio e Craven, 2009).

As conseqüências negativas para o corpo a partir da exposição prolongada à vibração são amplamente documentadas (Vendrame, 2007; Jordan e colaboradores, 2005; Kroemen e Grandjean, 2005).

Os efeitos fisiológicos podem ser divididos em várias categorias: função

cardiovascular, função respiratória, função endócrina e metabólica, função motora e sensorial e função musculoesquelética. Em estudos com animais, onde se utilizaram altas magnitudes de vibração, foram percebidos severos danos ao organismo como sangramento gastrointestinal e hemorragia cardíaca levando à morte dos animais (Jordan e colaboradores, 2005).

Em seres humanos, relatos a respeito de problemas severos a partir de grandes cargas vibratórias incluem dor no peito e sangramento gastrointestinal (Jordan e colaboradores, 2005).

As patologias induzidas por vibração ainda incluem desordens neurológicas, danos a articulações e ossos e hipertrofia das paredes dos vasos sanguíneos resultando em estreitamento dos mesmos (Jordan e colaboradores, 2005).

Um exemplo de patologia induzida por excesso de tempo de exposição à vibração é a síndrome da vibração de mãos e braços (HAVS). Este problema é frequente em mineradores que podem passar por períodos diários de exposição à vibração de até três horas manipulando britadeiras. Sujeitos que desenvolvem essa patologia apresentam disfunção neurológica nas mãos e, em estágios avançados da doença, pode ocorrer também disfunção vascular (Jordan e colaboradores, 2005).

Vibração aplicada ao exercício físico

A partir da década de 1990 vários estudos vêm sendo realizados para testar a vibração como forma de intervenção no contexto do exercício físico, principalmente associada a ganhos de força e potência de membros inferiores (Jacobs e Burns, 2009; Bosco e colaboradores, 2000; Cochrane e Stannard, 2005; Cormie e colaboradores, 2006; Fagnani e colaboradores, 2006).

Pesquisas envolvendo diversas variáveis foram realizadas para entender os efeitos agudos e crônicos da vibração como forma de estímulo neuromuscular.

Vários tipos de instrumentos podem ser utilizados para aplicar vibração ao corpo, como hastes e halteres; porém, atualmente o tipo de equipamento mais utilizado para treinamentos com vibração são as plataformas vibratórias. Este equipamento pode ser programado para produzir vibração corporal

total com frequências entre 15 e 60 HZ e amplitudes de deslocamento entre 1 e 10 milímetros. Estas condições podem alcançar uma aceleração de até 15g, levando em consideração que 1g equivale a $9,8 \text{ m/s}^2$ (Cardinale e Wakeling, 2005).

Segundo Totosy de Zepetnek e colaboradores (2009), as plataformas vibratórias atualmente comercializadas produzem estímulo vibratório com dois tipos diferentes de deslocamento: vertical ou oscilatório alternado (Figura 1).

No primeiro tipo de deslocamento, a plataforma sobe e desce de forma linear e a vibração é mantida igualmente em todos os pontos da plataforma. No segundo tipo, a plataforma inclina-se de um lado para outro sobre um eixo central, elevando um lado do corpo enquanto o outro lado é deslocado para baixo, simulando desta forma a marcha humana. As dúvidas a respeito de qual dos dois movimentos é mais eficiente permanecem sem uma resposta precisa.

Segundo estudos de Abercromby e colaboradores (2007), o movimento oscilatório alternado produz maior ativação em extensores de membros inferiores (vasto lateral e gastrocnêmio) do que o movimento vertical. Por outro lado, a ativação do músculo tibial anterior (flexor dorsal do tornozelo)

demonstrou ser maior durante o movimento vertical.

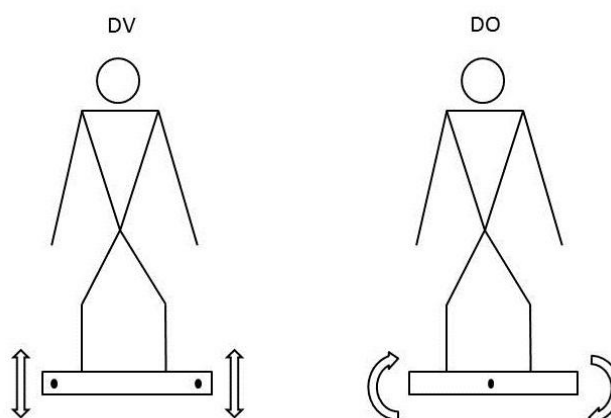
Essa tecnologia foi idealizada a partir de pesquisas com astronautas na intenção de minimizar os efeitos deletérios da ausência de gravidade para a massa muscular e a massa óssea. A ação da gravidade, assim como sua variação durante atividades/exercícios físicos, exerce um papel muito importante para a manutenção da integridade de nossos tecidos musculoesqueléticos.

Estudos já demonstraram que a exposição à vibração corporal total, durante um período prolongado de permanência no espaço (microgravidade), ajudou na preservação da densidade mineral óssea (Totosy de Zepetnek, Giangregorio e Craven, 2009).

Os efeitos degenerativos da microgravidade para a massa óssea e muscular também podem ser exemplificados por situações envolvendo imobilização prolongada. Blottner e colaboradores (2006) realizaram um experimento utilizando uma plataforma vibratória especialmente projetada para ser usada na posição em decúbito, durante longos períodos de imobilização.

O estudo comprovou a manutenção da força máxima isométrica de flexores plantares após tratamento com vibração num período de 55 dias.

Figura 1 - Diferentes tipos de plataforma vibratória: DV= deslocamento vertical; DO= deslocamento oscilatório alternado.



Efeitos da vibração sobre o sistema neuromuscular

O músculo esquelético é um tecido que apresenta diferentes propriedades de

adaptação em resposta a diferentes estímulos. Neste sentido, a carga representada pela gravidade (força g) é de grande importância para a manutenção das propriedades celulares e, conseqüentemente, do desempenho

musculoesquelético frente às atividades de vida diária ou esportivas. O aumento da carga gravitacional (hipergravidade) amplia a resposta adaptativa do músculo e, conseqüentemente, sua capacidade funcional. Por outro lado, a diminuição da carga gravitacional (microgravidade) sobre o corpo exerce efeitos contrários, diminuindo a capacidade muscular de geração de força, assim como sua massa (Fitts, Riley e Widrick, 2001).

Programas de condicionamento físico voltados para ganhos de força e/ou potência muscular são caracterizados pela realização de exercícios que aumentam a carga gravitacional sobre os tecidos esqueléticos.

Os exercícios sobre plataforma vibratória têm a mesma característica de aumentar a ação da força g (hipergravidade) sobre os tecidos esqueléticos, induzindo a adaptações neuromusculares e neuroendócrinas (Cardinale e Bosco, 2003).

Cardinale e Bosco (2003) afirmam que a vibração pode representar um estímulo potente para estruturas musculoesqueléticas a partir da modulação da rigidez muscular necessária para dissipar as ondas de vibração aplicadas ao corpo.

Entre as prováveis explicações para este fenômeno, o reflexo tônico vibratório é referido como o mecanismo neuromuscular ativado em resposta ao efeito da vibração, tendo como consequência um aumento significativo no recrutamento de unidades motoras.

Além da deformação mecânica dos receptores primários de estiramento dos fusos musculares, outras estruturas proprioceptivas localizadas nas articulações e na pele estariam envolvidas com a ativação do sistema gama (modulador de tônus) provocando contração de fibras musculares intrafusais, que também estimulam receptores primários de estiramento.

Cardinale e Lim (2003) citam que a atividade dos fusos musculares, associada ao movimento oscilatório, é estimulada a partir de pequenas e rápidas alterações no comprimento da unidade músculo tendão, assim como na posição das articulações.

Os aumentos de performance relacionados a estas alterações proprioceptivas são decorrentes de adaptações em fatores neurais como:

recrutamento, sincronização e coordenação intermuscular e intramuscular.

Jordan e colaboradores (2005) descrevem o reflexo tônico vibratório da seguinte maneira: a vibração de um músculo estimula os receptores de estiramento primários do fuso muscular (aférentes Ia) que, através de seus nervos aferentes, estabelecem conexão sináptica com os motoneurônios alfa (eferentes), responsáveis pela inervação das fibras musculares extrafusais, resultando em contração muscular reflexa.

A intensidade de resposta do reflexo tônico vibratório depende de fatores como posição do corpo, frequência da vibração e nível de pré-contração muscular.

Um estudo realizado por Bosco, Cardinale e Tsarpela (1999) avaliou a influência da vibração em propriedades musculares de flexores dos cotovelos. O resultado demonstrou aumento significativo da potência média nos músculos submetidos à vibração, assim como da eficácia neuromuscular, demonstrada através da diminuição na taxa EMG/potência.

A compreensão sobre a ação do reflexo tônico vibratório passa necessariamente pelo entendimento do conceito de propriocepção e sua participação na função neuromuscular. Propriocepção pode ser definida como um conjunto de aferências sensoriais, originadas em estruturas denominadas proprioceptores, que atuam durante a execução dos movimentos provendo a noção de posição articular e movimento (Costantino, Pogliacomì, e Soncini, 2006).

Os proprioceptores são órgãos sensoriais cujas terminações nervosas estão localizadas nos músculos, tendões e estruturas articulares e que enviam impulsos nervosos para a medula espinhal e cérebro para a realização de funções específicas. Existem dois tipos de proprioceptores regulando a função muscular: fusos musculares, distribuídos nos ventres musculares, e órgãos tendinosos de Golgi, localizados nas junções miotendinosas (Costantino, Pogliacomì, e Soncini, 2006).

Os fusos musculares são responsáveis pela regulação dos reflexos de alongamento musculares. Quando um músculo é repentinamente alongado, a porção central do fuso muscular (saco nuclear) é deformada, transmitindo sinais para a medula

espinhal. Estes sinais geram uma sequência de eventos que promovem a contração das fibras musculares extrafusais, causando contração muscular e movimento articular (Costantino, Pogliacomì, e Soncini, 2006).

Esse sistema denominado reflexo miotático (do grego *myo*, "músculo", e *tatic*, "estimar") serve de alça de retroalimentação antigravitacional (Bear, Connors e Paradiso, 2008).

Os órgãos tendinosos de Golgi revelam a quantidade de tensão aplicada aos tendões, enviando sinais à medula espinhal e ao cérebro. Essas informações são usadas pelo sistema nervoso para regular a tensão muscular condizente com as necessidades²¹. A propriocepção dos órgãos tendinosos de Golgi representa um sistema de monitoramento da força de contração muscular denominado reflexo miotático inverso. Em condições extremas esse arco reflexo protege o músculo de uma sobrecarga excessiva produzindo uma inibição do mesmo (Bear, Connors e Paradiso, 2008).

Outros tipos de receptores, localizados em estruturas articulares, como corpúsculos de Pacini e Rufini, fornecem informações sobre posições articulares, movimentos articulares e velocidade de movimento. Segmentos de nosso corpo que são capazes de gerar grande quantidade de informação proprioceptiva são os pés. Essas informações derivam de receptores localizados no calcanhar, ao redor das cabeças dos metatarsos e nos músculos lumbricais. As solas dos pés, em diferentes partes, são capazes de detectar variações contínuas de pressão acompanhadas pela oscilação dos membros inferiores e do resto do corpo. A vibração aplicada nessa região pode incrementar a função neuromuscular de membros inferiores através de estimulação proprioceptiva contínua (Costantino, Pogliacomì, e Soncini, 2006).

Efeitos agudos e crônicos do exercício vibratório

A influência do exercício resistido nas propriedades neuromusculares tem sido estudada através dos anos. Adaptações em nível neural são consideradas como as primeiras modificações que ocorrem no conjunto de estruturas envolvidas, permitindo ganhos de força e potência muscular em

estágios iniciais de programas de treinamento físico. Fatores de ordem miogênica tornam-se mais importantes à medida que as adaptações continuam por vários meses (Bosco, Cardinale e Tsarpela, 1999).

Neste caso é preciso considerar a importância da especificidade do estímulo de treinamento na produção de cada tipo de adaptação (Bosco, Cardinale e Tsarpela, 1999).

Os efeitos agudos do treinamento vibratório são amplamente relatados por diversos trabalhos (Tabela 1) com foco voltado para ganhos em força, potência e flexibilidade de membros inferiores (Jacobs e Burns, 2009; Cardinale e Lim, 2003; Bosco e colaboradores, 2000; Bazet-Jones, Finch e Dugan, 2008).

Cochrane e Stannard (2005) reportam aumento de 8,1% na altura do salto vertical após aplicação de vibração corporal total por período de cinco minutos a 26 Hz de frequência, 6mm de amplitude e deslocamento oscilatório alternado. O experimento também relata aumento de 8,2% em flexibilidade utilizando o teste de sentar e alcançar. Estudos com diferentes protocolos e equipamentos (Jacobs e Burns, 2009; Cardinale e Lim, 2003; Blotner e colaboradores, 2003; Bosco e colaboradores, 2000; Cormie e colaboradores, 2006; Fagnani e colaboradores, 2006; Costantino, Pogliacomì e Soncini, 2006) atribuem à ação dos fusos musculares (deflagrando o reflexo tônico vibratório) como sendo o principal fator de resposta neuromuscular diante da necessidade do corpo em amortecer a vibração aplicada durante treinamento físico (Cardinale e Wakeling, 2005).

Adaptações agudas em nível de circulação periférica também são referidas. Um estudo feito por Kersch-Schindl e colaboradores (2001) demonstrou alterações significativas em volume sanguíneo nos músculos quadríceps e gastrocnêmio após aplicação de vibração corporal total em adultos saudáveis. A pesquisa descreve ainda um aumento no fluxo sanguíneo médio e diminuição na resistência vascular periférica de membros inferiores, aferidos na artéria poplítea.

Bosco e colaboradores (2000) relatam alterações agudas em concentrações hormonais e resposta neuromuscular após aplicação de vibração corporal total em homens. A avaliação das concentrações

plasmáticas de testosterona e hormônio do crescimento demonstrou aumentos significativos desses hormônios, assim como diminuição na concentração de cortisol. A potência mecânica de extensores de joelho também foi aumentada.

Jacobs e Burns (2009) examinaram o efeito agudo da vibração corporal total na força dinâmica e flexibilidade dos membros inferiores, assim como na frequência cardíaca. Nesse estudo, o efeito da vibração foi comparado ao efeito produzido pela realização de exercício em um cicloergômetro. O resultado demonstrou maior variação positiva tanto para força quanto para flexibilidade a partir do estímulo vibratório.

Tanto atletas quanto sujeitos moderadamente treinados ou destreinados vêm sendo testados sob o efeito da vibração, em condições específicas. Ganhos em flexibilidade, força dinâmica e potência muscular são relatados em diversos estudos (Cochrane e Stannard, 2005; Fagnani e colaboradores, 2006; Bosco, Cardinale e Tsarpela, 1999; Bazet-Jones, Finch e Dugan, 2008; Delecluse, Roelants e Verschueren, 2003; Di Gimniani e colaboradores, 2010).

Na área clínica, o formato de muitos estudos tem como objetivo a comprovação de

alterações significativas a partir de médios e longos períodos de treinamento/tratamento vibratório (Tabela 2).

Entre os principais objetivos almejados estão aumento de força muscular, melhora no equilíbrio e aumento de massa óssea.

Verschueren e colaboradores (2004) demonstraram os efeitos crônicos do treinamento vibratório na densidade mineral óssea do quadril e força muscular em mulheres pós-menopausa durante um período de seis meses. O estudo sugere um aumento de força causado pela atividade muscular induzida pela vibração, aumentando a quantidade de carga imposta aos ossos e, desta forma, melhorando a competência mecânica do esqueleto.

Roelants, Delecluse e Verschueren (2004) investigaram o efeito de um treinamento de 24 semanas de vibração corporal total na força muscular e velocidade de movimento em mulheres idosas. O resultado revelou aumento significativo tanto na força de extensores de joelho quanto na velocidade do movimento, considerando o treinamento vibratório como uma opção segura e de baixo impacto para situações onde existam contra-indicações para o treinamento resistido convencional.

Tabela 1 - Efeitos agudos do exercício vibratório

Autor	População	Protocolo de vibração	Resultados
Bazet-Jones, Finch e Dugan (2008)	Adultos jovens destreinados	4 x 45 seg, agachamento 90° flexão joelho; 30-50Hz; 2-6mm; Vertical	Mulheres: aumento na altura do salto vertical Homens: sem diferença significativa
Bosco e colaboradores (2000)	Homens jovens moderadamente treinados	10 x 1min/1min descanso, agachamento 100° flexão joelho; 26Hz; 4mm; Vertical	Aumento na concentração de testosterona e GH plasmáticos e na potência mecânica de extensores de joelho
Cochrane e Stanard (2005)	Mulheres atletas	5min, 6 posturas diferentes; 26Hz; 6mm; Oscilatório alternado	Aumento na altura do salto vertical e flexibilidade de MMII
Cormie e colaboradores (2006)	Homens jovens moderadamente treinados	30 seg, agachamento 100° flexão joelho; 30Hz; 2,5mm; Vertical	Aumento na altura do salto vertical
Jacobs e Burns (2009)	Adultos jovens	6min, mínima flexão joelho 26Hz; Oscilatório alternado	Aumento no torque extensor isocinético e flexibilidade de MMII
Kerschman-Schindl e colaboradores (2001)	Adultos jovens	9min, 3 posturas diferentes; 26Hz; 3mm; Oscilatório alternado	Aumento de volume sanguíneo muscular e fluxo sanguíneo de MMII

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

Torvinen e colaboradores (2002)	Adultos jovens	4min (6 exercícios); 15-30Hz; 10mm; Oscilatório alternado	Aumento na altura do salto vertical, força isométrica de extensores de joelho e equilíbrio postural
de Ruitter e colaboradores (2003)	Adultos jovens destreinados	5 x 1min/2min descanso; 30Hz; 8mm; Oscilatório alternado	Diminuição na produção de força máxima isométrica de extensores de joelho

Tabela 2 - Efeitos crônicos do exercício vibratório

Autor	População	Protocolo de vibração	Resultados
Blotner e colaboradores (2006)	Homens jovens	55dias, 2 x 6min/dia; 19-25Hz; 5-10mm; Oscilatório alternado	Manutenção da força muscular e aumento da área das fibra I e II em MMII após período de imobilização
Fagnani e colaboradores (2006)	Mulheres atletas	8 semanas, 3 x semana; 3-4 séries de 20-60seg / intervalos de 30-60seg; 35Hz; 4mm; Vertical	Aumento na força máxima de extensão de joelho, flexibilidade de MMII e altura do salto vertical
Costantino, Pogliacomì e Soncinil (2006)	Mulheres jovens sedentárias	2 semanas, 10 x 1'/dia; 25Hz; Vertical	Aumento na força de flexores dorsais e plantares de tornozelo
Delecluse, Roelants e Verschueren (2003)	Mulheres jovens destreinadas	12 semanas, 3 x semana, 35-40Hz; 2,5-5mm	Aumento de força isométrica e dinâmica em extensores de joelho
Roelante, Delecluse e Verschueren (2004)	Mulheres pós-menopausa	24 semanas, 3 x semana, 3-30min; 35-40Hz; 2,5-5mm; Vertical	Aumento na força de extensão de joelhos, velocidade de movimento e altura do salto vertical
Di Giminiiani e colaboradores (2010)	Adultos jovens	8 semanas, 8 x 20seg/4min descanso; 20-55Hz; 2mm; Vertical	Aumento de flexibilidade e potência mecânica de membros inferiores
Verschueren e colaboradores (2004)	Mulheres pós-menopausa	24 semanas, 3 x semana; 35-40Hz; 1,7-2,5mm; Vertical	Aumento de força muscular isométrica e dinâmica de MMII; aumento de densidade mineral óssea no quadril
Bruyere e colaboradores (2005)	Idosos	6 semanas, 3 x semana, 4 x 1min/ 90seg descanso; Vertical	Melhora da marcha, equilíbrio, capacidade motora e percepção de qualidade de vida
Ahlborg, Andersson e Julin (2006)	Adultos portadores de diplegia espástica	8 semanas, 3 x semana; 6min; 25-40Hz; Vertical	Aumento na força muscular e função motora grosseira de MMII; diminuição na espasticidade de extensores de joelho

Rittweger e colaboradores (2002) avaliaram a aplicação de vibração corporal total em pacientes com dor lombar crônica, encontrando resultados positivos sobre a utilização dessa tecnologia. Este estudo sugere que a utilização controlada da vibração pode aumentar a atividade da musculatura do tronco, via reflexos de estiramento, melhorando a força e a capacidade de

estabilização da coluna vertebral. Nestas condições a vibração torna-se um agente de recuperação e não de dano para a coluna em portadores de dor lombar crônica.

O estudo de Bruyere e colaboradores (2005) concluiu que um tratamento com vibração corporal total por um período de seis semanas diminuiu o risco de quedas e melhorou a qualidade de vida de idosos em

um lar de repouso. O trabalho avaliou 42 voluntários divididos em dois grupos. O grupo experimental realizou três sessões de treinamento semanais com vibração, sendo o primeiro estudo a sugerir melhora sobre a marcha, equilíbrio, capacidade motora e percepção de qualidade de vida em idosos nestas condições.

Ahlborg, Andersson e Julin (2006) realizaram um estudo com adultos portadores de diplegia espástica em que oito semanas de tratamento com vibração corporal total aumentou a força muscular e melhorou a função motora e a espasticidade de extensores de joelho.

Rauch (2009) argumenta que, em situações onde o risco de escorregões e quedas é bastante significativo como na terceira idade, a possibilidade de estimular ganhos em força muscular sem a necessidade de movimentação ampla pode ser um fator de segurança importante para a utilização do treinamento com vibração.

Blottner e colaboradores (2006) afirmam que a estrutura muscular e a produção de força das pernas, avaliando-se o músculo sóleo, pode ser mantida através de treinamento vibratório durante oito semanas de imobilização em uma cama. O estudo testou o efeito de pequenas sessões diárias de vibração na preservação do tamanho das fibras musculares, na distribuição fenotípica e na força muscular. Avaliações realizadas no músculo sóleo, após o período de imobilização, demonstraram manutenção da força máxima isométrica de flexão plantar assim como um aumento de tamanho das fibras I e II.

Por outro lado, é preciso frisar que ainda não há na literatura um consenso em termos de protocolo ideal de treinamento com vibração considerando frequência, amplitude e tempo de permanência para cada população, assim como para cada tecido ou órgão do corpo (Prisby e colaboradores, 2008).

A efetividade e segurança do estímulo vibratório para o exercício físico, assim como terapêutico, dependem do controle sobre as variáveis já citadas, além da postura do corpo. Caso contrário, o efeito da vibração no contexto do exercício poderia implicar danos a tecidos moles, fadiga muscular precoce, redução no recrutamento de unidades motoras e força muscular, diminuição de condução

nervosa e percepção reduzida (Cardinale e Wakeling, 2005).

Como já referido antes, frequências baixas, variando entre 5 Hz e 20 Hz, podem provocar ressonância com órgãos internos, representando prejuízo para o organismo humano. Por outro lado, frequências muito altas, acima de 70 Hz, podem causar danos em estruturas neuromusculares.

Portanto, para que o estímulo vibratório seja seguro, recomenda-se que a variação de frequência durante sua aplicação permaneça dentro de uma faixa entre 20 Hz e 70 Hz. Estudos que demonstram incrementos em força muscular utilizando treinamento vibratório têm empregado frequências entre 25 Hz e 45 Hz (Totosty de Zepetnek, Giangregorio e Craven, 2009).

CONCLUSÃO

As pesquisas sobre treinamento vibratório demonstram resultados promissores a respeito da aplicabilidade da vibração como estímulo neuromuscular, quer seja no contexto do esporte ou da reabilitação. Muitos trabalhos sugerem a capacidade da vibração em reduzir os efeitos deletérios do envelhecimento e do desuso sobre o músculo esquelético, incrementando a função neuromuscular.

Estudos voltados para o desempenho de atletas também podem ser considerados promissores, promovendo ganhos significativos sobre valências como força, potência e flexibilidade, com evidências demonstradas principalmente em estudos com efeito agudo. Por outro lado, devido à grande variedade de protocolos utilizados em experimentos que observam tanto efeitos agudos quanto efeitos crônicos, muitas informações podem parecer inconsistentes.

A determinação de protocolos específicos para cada população em termos de tempo, intensidade e volume de exercício com vibração, assim como o completo entendimento sobre os mecanismos de resposta neuromuscular, parece ser o próximo grande passo na elucidação das lacunas ainda existentes sobre o assunto.

A maioria dos estudos sugere uma ampla gama de possibilidades na aplicação do treinamento vibratório como estímulo corporal seguro, sem referir efeitos adversos.

Apesar desses resultados é preciso considerar todo o conhecimento a respeito dos

efeitos nocivos da vibração no organismo humano (vibração ocupacional) para uma utilização eficaz desta metodologia de treinamento.

Acredita-se que pesquisas futuras deverão focar esforços principalmente no entendimento dos efeitos adaptativos de longa duração, para que a vibração possa ser efetivamente considerada “parceira” das modalidades de treinamento tradicionais.

REFERÊNCIAS

- 1-Abercromby, A.F.J.; Amonete, W.E.; Layne, C.S.; Mcfarlin, B.K.; Hinman, M.R.; Paloski, W.H. Variation in Neuromuscular Response during Acute Whole-Body Vibration Exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 39. Núm. 9. p. 1642-1650. 2007.
- 2-Ahlborg, L.; Andersson, C.; Julin, P. Whole-Body Vibration Training Compared with Resistance Training: Effect on Spasticity, Muscle Strength and Motor Performance in Adults with Cerebral Palsy. *J Rehabil Med.* Vol. 38. p.302-308. 2006.
- 3-Balbinot, A. Caracterização dos Níveis de vibração em Motoristas de ônibus: Um Enfoque no Conforto e na Saúde. Porto Alegre, 2001. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.
- 4-Bazet-Jones, D. M.; Finch, H. W.; Dugan, E. L. Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. *J Sports Sci Med.* Vol. 7. p. 144-150. 2008.
- 5-Bear, M.F.; Connors, B.W.; Paradiso, M.A. Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso. 3ª edição. Porto Alegre. Artmed. 2008.
- 6-Blotner, D.; Salanova, M.; Püttman, B.; Schiffli, G.; Felsenberg, D.; Buehring, B.; e colaboradores. Human skeletal muscle structure and function preserved by vibration muscle exercise following 55 days of bed rest. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 97. p. 261-271. 2006.
- 7-Bosco, C.; Cardinale, M.; Tsarpela, O. Influence of vibration on mechanical power and eletromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* Vol. 79. p. 306-311. 1999.
- 8-Bosco, C.; Lacovelli, M.; Tsarpela, O.; Cardinale, M.; Bonifazi, M.; Tihanyi, J.; e colaboradores. Hormonal responses to whole body vibrations in man. *Eur. J. Appl. Physiol.* Vol. 81. p. 449-454. 2000.
- 9-Bruyere, O.; Wuidart, M-A.; Di Palma, E.; Goulay, M.; Ethgen, O.; Richy, F.; Reginster, J-Y. Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil.* Vol. 86. p.303-307.2005.
- 10-Cardinale, M.; Bosco, C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc. Sport Sci. Rev.* Vol. 31. Núm. 1. p. 3-7. 2003.
- 11-Cardinale, M.; Lin, J. Electromyography Activity of Vastus Lateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies. *J. Strength Cond. Res.* Vol. 17. Núm. 3. p. 621-624. 2003.
- 12-Cardinale, M.; Wakeling, J. Whole body vibrations exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med.* Vol. 39. p. 585-589. 2005.
- 13-Cochrane, D.J.; Stannard, S.R. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *Br J Sports Med.* Vol. 39. p. 860-865. 2005.
- 14-Cormie, P.; Deane, R.S.; Triplett, N.T.; McBride, J. M. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity strength and power. *J. Strength Cond. Res.* Vol. 20. Núm. 2. p. 257-261. 2006.
- 15-Costantino, C.; Pogliacomì, F.; Soncini, G.; Effects of the vibration board on the strength of ankle dorsal and plantar flexors muscles: a preliminary randomized controlled study. *Acta Biomed.* Vol. 77. p. 10-16. 2006.
- 16-Delecluse, C.; Roelants, M. Verschueren, S. Strength Increase after Whole-Body Vibration Compared with Resistance Training. *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 35. Núm. 6. p. 1033-1041. 2003.
- 17-De Ruyter, C. J.; Van der Linden, R. M.; Van der Zijden, H. A. P.; Haan, A. Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 88. p. 472-475. 2003.
- 18-Di Giminiani, R.; Manno, R.; Scrimaglio, R.; Sementilli, G.; Tihanyi, J. Effects of individualized whole-body vibration on muscle flexibility and mechanical power. *J Sports Med Phys Fitness.* Vol. 50. p. 139-151. 2010.
- 19-Fagnani, F.; Giombini, A.; Di Cesare, A.; Pigozzi F.; Di Salvo V. The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *Am J Phys Med Rehabil.* Vol. 85. Núm. 12. p. 956-62. 2006.

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbpfex.com.br

20-Fitts, R. H.; Riley, D.R.; Widrick, J. J. Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J Exp Biol*. Vol. 204. p. 3201-3208. 2001.

21-Jacobs, P.L.; Burns, P. Acute enhancement of lower-extremity dynamic strength and flexibility with whole-body vibration. *J Strength Cond Res*. Vol. 23. Núm. 1. p. 51-57. 2009.

22-Jordan, M. J.; Norris, S. R.; Smith, D. J.; Herzog, W. Vibration Training: An Overview of the Area, Training Consequences, and Future Considerations. *J Strength Cond Res*. Vol. 19. Núm. 2. p. 459-466. 2005.

23-Kerschman-Schindl, K.; Grampp, S.; Henk, C.; Resch, H.; Preisinger, E.; e colaboradores. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Phys*. Vol. 21. Núm. 3. p. 377-382. 2001.

24-Kroemer, K H E.; Grandjean, E. Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho do Homem. 5ª edição. Porto Alegre. Bookman. 2005.

25-Prisby, R. D.; Lafage-Proust, M.H.; Malaval, L.; Belli, A.; Vici, L. Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: What we know and what we need to know. *Ageing Research Reviews*. Vol. 7. p. 319-329. 2008.

26-Rauch, F. Vibration therapy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. Vol. 51. p. 166-168. 2009.

27-Rittweger, J.; Karsten, J.; Kautzsch, K.; Reeg, P.; Felsenberg, D. Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. *SPINE*. Vol. 27. Núm. 17. p. 1829-1834. 2002.

28-Roelants, M.; Delecluse, C.; Verschueren, S.; Whole-Body Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *J Am Geriatr Soc*. Vol. 52. p. 901-908. 2004.

29-Sands, W. A.; Mcneal, J.R.; Stone, M.H.; Russel, E.M.; Jemni, M. Flexibility Enhancement with Vibration: Acute and Long-Term. *Med. Sci. Sports Exerc*. Vol. 38. Núm. 4. p. 720-725. 2006.

30-Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievänen, H.; Järvinen, T.A.H.; Pasanen, M.; Kontulainen, e colaboradores. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol & Func Im*. Vol. 22. p. 145-152. 2002.

31-Totosy de Zepetnek, J. O.; Giangregorio, L. M.; Craven, B. C. Whole-body vibration as potential intervention for people with low bone mineral density and osteoporosis: A review. *J Reab Res & Dev*. Vol. 46. Núm. 4. p. 529-542. 2009.

32-Vendrame, A.C. Vibração Ocupacional – Estado da Arte [internet]. Disponível em <http://cis.engenheiros.pt/2007/comunicacoes/Vendrame>. 2007.

33-Verschueren, S.M.; Roelants, M.; Delecluse, C.; Swinnen, S.; Vanderschueren, D.; Boonen S. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*. Vol. 19. Núm. 3. p. 352-359. 2004.

E-mail:

eniojr9@yahoo.com.br

bambaroni@yahoo.com.br

marcovaz@esef.ufrgs.br

Endereço para correspondência:

Enio Gonçalves Junior

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Educação Física

Laboratório de Pesquisa do Exercício

R. Felizardo 750, Jardim Botânico

90690-200 Porto Alegre, RS

Recebido para publicação em 07/09/2012

Aceito em 13/10/2012