UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA COMBINAÇÃO DOS TREINAMENTOS DE
FORÇA E VIBRAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E A
EXCITABILIDADE DAS VIAS REFLEXAS

Mauro Alexandre Benites Batista

SÃO PAULO
2010

EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA COMBINAÇÃO DOS TREINAMENTOS DE
FORÇA E VIBRAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E A
EXCITABILIDADE DAS VIAS REFLEXAS

MAURO ALEXANDRE BENITES BATISTA

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Educação Física.

ORIENTADOR: PROF. DR. VALMOR ALBERTO AUGUSTO TRICOLI

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à todos os sujeitos participantes do estudo, à minha família, à minha esposa, Cristina Delafiori, aos amigos Eduardo Oliveira, Renato Barroso, Leonardo Lamas, Rodrigo Fonseca, Hamilton Roschel, Lilian Wallerstein, Carla Batista, Nilo Okuno, Edson Degaki, Lucas Tavares, Eduardo Rumenig, Anderson Paulo, Ronaldo Kobal, Gilberto Laurentino, e aos professores Dr. Carlos Ugrinowitsch e Dr. Valmor Tricoli, pela paciência, carinho, compreensão e companheirismo que me ofereceram durante todo nosso tempo de convívio. Vocês tornaram tudo possível.

SUMÁRIO

Página

	LISTA DE TABELAS.....	vi
	LISTA DE QUADROS.....	vii
	LISTA DE FIGURAS.....	viii
	LISTA DE ABREVIACÕES	x
	LISTA DE ANEXOS.....	xiii
	RESUMO.....	xiv
	ABSTRACT	xvi
1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	5
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1	Treinamento com plataformas vibratórias	5
3.2	Definição de vibração	7
3.3	Características da vibração produzida pela plataforma vibratória	8
3.4	Efeitos agudos da vibração sobre o desempenho	10
3.5	Efeitos crônicos da vibração sobre o desempenho	14
4	MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1	Primeiro experimento.....	22
4.1.1	Amostra	22
4.1.2	Desenho experimental.....	23
4.1.3	Aquecimento	24
4.1.4	Mensuração do desempenho do salto vertical	24

4.1.5	Mensuração da excitabilidade das vias reflexas	26
4.1.5.1	Geração da onda M e dos Reflexos H e T	26
4.1.5.2	Registro da onda M e dos Reflexos H e T	28
4.1.6	Intervenções	28
4.2	Segundo experimento.....	30
4.2.1	Amostra	30
4.2.2	Desenho experimental.....	31
4.2.3	Mensuração da área de secção transversa do quadríceps femoral	33
4.2.4	Mensuração da força máxima dinâmica de membros inferiores	34
4.2.5	Mensuração do desempenho do salto vertical.....	35
4.2.6	Mensuração da concentração de lactato sanguíneo em resposta a uma sessão de treinamento	36
4.2.7	Quantificação das cargas de treinamento.....	36
4.2.8	Mensuração da excitabilidade das vias reflexas	37
4.2.8.1	Registro da onda M e dos Reflexos H e T	38
4.3.	Aquecimento	39
4.4	Intervenções.....	39
4.5	Análise estatística.....	41
5	RESULTADOS	42
5.1	Resultados do primeiro experimento	42
5.1.1	<i>Desempenho do salto vertical.....</i>	42
5.1.2	<i>Excitabilidade das vias reflexas: Reflexos $H_{20\%}$ e $T_{máx}$</i>	43
5.2	Resultados do segundo experimento.....	45
5.2.1	<i>Área de secção transversa do quadríceps femoral</i>	45
5.2.2	<i>Força máxima dinâmica.....</i>	46
5.2.3	<i>Salto vertical</i>	47
5.2.4	<i>Concentração de lactato sanguíneo</i>	48

5.2.5	<i>Quantificação das cargas de treinamento</i>	49
5.2.5.1	Repetições realizadas	49
5.2.5.2	Carga externa levantada	51
5.2.5.3	Carga de treinamento	53
5.2.6	<i>Excitabilidade das vias reflexas</i>	55
6	DISCUSSÃO	57
7	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXO I - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no primeiro experimento.....	84
	ANEXO II - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no segundo experimento.....	87

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Características dos sujeitos componentes de cada grupo no início do segundo experimento.	31
TABELA 2 - Modelo de progressão do treinamento de força de dez semanas, com exercício agachamento no aparelho barra guiada.	40
TABELA 3 - Efeito de uma sessão de treinamento sobre o desempenho do salto vertical.	43
TABELA 4 - Efeito da exposição às quatro condições experimentais sobre as amplitudes pico-à-pico dos reflexos $H_{20\%}$ e $T_{máx}$	45
TABELA 5 - Alterações na concentração de lactato sangüíneo durante uma sessão de treinamento, após cinco e dez semanas de treinamento.	49
TABELA 6 - Efeito do período de dez semanas de treinamento sobre a excitabilidade neural periférica.	56

LISTA DE QUADROS

Página

QUADRO 1 - Características das quatro condições experimentais às quais todos os sujeitos foram submetidos.....	29
--	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Diferentes modelos de plataformas vibratórias.	6
FIGURA 2 - Funcionamento dos diferentes modelos de plataformas vibratórias.	7
FIGURA 3 - Diferentes tipos de ondas produzidas por um objeto vibrando	8
FIGURA 4 - Características da onda com formato sinusoidal.	9
FIGURA 5 - Ordem dos eventos em uma sessão experimental do primeiro experimento.	24
FIGURA 6 - Seqüência dos procedimentos para avaliação da excitabilidade reflexa.	27
FIGURA 7 - Ordem dos eventos no segundo experimento	32
FIGURA 8 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre a ASTQ.	46
FIGURA 9 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre o desempenho da força máxima dinâmica de membros inferiores.....	47
FIGURA 10 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre a altura do salto vertical.....	48
FIGURA 11 - Número de repetições realizadas nas diferentes etapas de treinamento	50
FIGURA 12 - Número total de repetições realizadas nas dez semanas de treinamento	51
FIGURA 13 - Carga externa levantada nas diferentes etapas de treinamento.....	52
FIGURA 14 - Carga externa total levantada nas dez semanas de treinamento	53
FIGURA 15 - Carga de treinamento nas diferentes etapas de treinamento	54
FIGURA 16 - Carga total de treinamento levantada nas dez semanas de treinamento	55

FIGURA 17 - Efeito principal do fator tempo sobre $T_{\text{máx}}/H_{\text{máx}}$ após o período de dez semanas de treinamento.....	57
---	----

LISTA DE ABREVIACÕES

ASTQ	Área de secção transversa do quadríceps femoral.
CE	Carga externa levantada.
CE _E	Carga externa levantada na etapa.
CE _T	Carga externa total levantada nas dez semanas de treinamento.
CT	Carga de treinamento.
CT _E	Carga de treinamento na etapa.
CT _T	Carga total de treinamento.
DNCM	Deslocamento negativo do centro de massa corporal.
EMG	Eletromiografia/ registro eletromiográfico.
FMD	Força máxima dinâmica.
H _{máx}	Reflexo H máximo. Maior amplitude da onda H.
H _{20%}	Onda H com 20 % da amplitude da onda M _{máx} .
[La]	Concentração de lactato sangüíneo.
M _{máx}	Onda M máxima. Maior amplitude da onda M.

Onda H	Registro eletromiográfico da ativação de motoneurônios alfa, como consequência da despolarização dos axônios das terminações sensoriais la por estimulação elétrica de um nervo misto. O mesmo que Reflexo H.
Onda M	Registro eletromiográfico da ativação de motoneurônios alfa, como consequência da despolarização direta de seus axônios por estimulação elétrica de um nervo misto.
Onda T	Registro eletromiográfico da ativação de motoneurônios alfa, como consequência da ativação dos fusos musculares em resposta ao golpeamento do tendão do músculo agonista.
p-p	pico-à-pico
Reflexo H	Reflexo de Hoffmann. Representado pela onda H.
Reflexo T	Reflexo tendíneo. Representado pela onda T.
RR	Número de repetições realizadas.
RR _E	Número de repetições realizadas numa etapa de treinamento.
RR _T	Número total de repetições realizadas nas dez semanas de treinamento.
RM	Repetições máximas.
SV	Salto vertical.
TF	Treinamento de força.

TF+V	Treinamento de força realizado sobre a plataforma vibratória.
TF+V30	Treinamento de força realizado sobre a plataforma vibratória funcionando na frequência de 30 Hz e amplitude de 2-4 mm.
TF+V50	Treinamento de força realizado sobre a plataforma vibratória funcionando na frequência de 50 Hz e amplitude de 4-6 mm.
T _{máx}	Reflexo tendíneo máximo. Maior amplitude da onda T.
TV	Treinamento de vibração/exercício realizado sobre plataforma vibratória sustentando apenas massa corporal.

LISTA DE ANEXOS

	Página
ANEXO I - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no primeiro experimento	84
ANEXO II - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no segundo experimento	87

RESUMO

EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA COMBINAÇÃO DOS TREINAMENTOS DE FORÇA E VIBRAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E A EXCITABILIDADE DAS VIAS REFLEXAS

Autor: MAURO ALEXANDRE BENITES BATISTA

Orientador: PROF. DR. VALMOR ALBERTO AUGUSTO TRICOLI

Tem sido sugerido que combinar o treinamento de força (TF) com o treinamento com vibração (TV) pode ser mais vantajoso do que realizar o TF isolado. **OBJETIVOS:** Foi objetivo deste estudo avaliar os efeitos da combinação do TF com o TV (TF+V) sobre o desenvolvimento de hipertrofia e os desempenhos da força máxima dinâmica de membros inferiores (FMD) e do salto vertical (SV). Investigou-se também se os benefícios proporcionados pelo treinamento são acompanhados por alterações agudas e crônicas na excitabilidade das vias reflexas. **MÉTODOS:** Foram realizados dois experimentos. No primeiro, foram avaliados os efeitos de uma sessão de treinamento sobre o desempenho do SV e excitabilidade das vias reflexas. Doze sujeitos do sexo masculino foram submetidos a quatro condições experimentais. Na condição TF, realizaram cinco séries de 10 repetições do exercício agachamento, com 90% da massa corporal. Nas condições TF+V30 e TF+V50, o TF foi realizado sobre a plataforma vibratória nas frequências de 30 Hz (2-4 mm) e 50 Hz (4-6 mm), respectivamente. Na condição controle (C), os sujeitos permaneceram em repouso. Antes e depois de todas as condições experimentais, foram mensurados o desempenho do SV, e os reflexos de Hoffmann (H com amplitude de 20% da onda M máxima, $H_{20\%}$) e tendíneo máximo ($T_{máx}$), no músculo sóleo. No segundo experimento, 29 sujeitos do sexo masculino foram divididos aleatoriamente nos grupos TF, TF+V30 e TF+V50. Os três grupos realizaram entre 3-5 séries de 6-12 RM do exercício agachamento, duas vezes por semana, durante dez semanas. Os grupos TF+V30 e TF+V50 fizeram o agachamento sobre a plataforma vibratória nas frequências de 30 Hz (amplitude de 2-4 mm) e 50 Hz (amplitude de 4-6 mm), respectivamente. Antes e depois do período de treinamento, foram avaliados a área de secção transversa do quadríceps femoral (ASTQ), os desempenhos da FMD e do SV, os reflexos H e T máximos ($H_{máx}$ e $T_{máx}$) e a onda M máxima ($M_{máx}$), no músculo

sóleo. **RESULTADOS:** No primeiro experimento, não foram verificadas alterações significantes na amplitude de $H_{20\%}$ em nenhuma das condições ($p > 0,05$). Houve diminuições significantes na amplitude das ondas $T_{máx}$, nas condições TF (-7,4%) e TF+V50 (-11,1%), no primeiro minuto, em comparação ao período antes da intervenção ($p < 0,001$). Foram verificadas diminuições significantes na altura do SV após a realização de todas as condições (C= -11,8%, TF= -6,6%, TF+V30= -7,7% e TF+V50= -7,4%) ($p < 0,001$). Não houve diferenças significantes entre grupos em nenhuma das variáveis ($p > 0,05$). No segundo experimento, após as dez semanas de treinamento, foram verificados aumentos significantes na ASTQ (TF= 9,8%, TF+V30= 11,7%, TF+V50= 12,9%); na FMD (TF= 16,9%, TF+V30= 15,2%, TF+V50= 16,6%) e na altura do SV (TF= 6,0%, TF+V30= 7,2%, TF+V50= 6,0%) para os três grupos ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa entre grupos em nenhuma das três variáveis. O período de treinamento não causou alterações significantes nas razões $H_{máx}/M_{máx}$ (TF = +28%, TF+V30 = -16,3%, TF+V50 = -14%) e $T_{máx}/M_{máx}$ (TF = -30,3%, TF+V30 = -38,2%, TF+V50 = -28,1%) ($p > 0,05$). Contudo, foi verificado efeito principal de tempo significativo para a razão $T_{máx}/M_{máx}$ (-48,9 %) ($p < 0,05$). **CONCLUSÕES:** A realização de uma sessão de treinamento de força causa uma breve redução da atividade dos fusos musculares. Essa redução não é ampliada quando o TF é combinado com vibração. Realizar um período de TF sobre a plataforma de vibração não proporciona qualquer aumento adicional na ASTQ ou nos desempenhos da FMD e do SV, em relação ao que pode ser conseguido através do TF.

Palavras-chave: hipertrofia muscular; agachamento; reflexo de Hoffmann; reflexo tendíneo; salto com contramovimento.

ABSTRACT

ACUTE AND CHRONIC EFFECTS OF COMBINED STRENGTH AND VIBRATION TRAINING ON NEUROMUSCULAR PERFORMANCE AND EXCITABILITY OF SPINAL PATHWAYS REFLEXES

Author: MAURO ALEXANDRE BENITES BATISTA
Adviser: PROF. DR. VALMOR ALBERTO AUGUSTO TRICOLI

It has been suggested that the combination of strength and vibration training may be advantageous when compared with strength training alone. **OBJECTIVES:** The aim of this study was to assess the effects of combined strength training and vibration (ST+V) on lower limb hypertrophy and on maximal dynamic strength (MDS) and vertical jump (VJ) performances. In addition, we investigate if the training-induced adaptations were in agreement to acute and chronic changes on spinal reflex excitability. **METHODS:** Two experiments were performed. In the first experiment, the effects of a single training session on VJ performance and spinal reflexes excitability were assessed. Twelve young male undertook four experimental conditions. On ST condition, subjects performed five sets with 10 repetitions on squat exercise with load of 90% body mass. On both ST+V30 and ST+V50 conditions, subjects performed the ST on a vibration platform at 30 Hz (2-4 mm) and 50 Hz (4-6 mm), respectively. In C condition, subjects were only assessed. Vertical jumping performance and Hoffman (at 20% of maximal M wave, $H_{20\%}$) and maximal tendon soleus reflexes ($T_{\max}$) were measured before and after all experimental conditions. In the second experiment, twenty nine young male were randomized into three groups. All groups performed 3-5 sets with 6-12 RM on squat exercise, twice a week, for ten weeks. The ST+V30 and ST+V50 groups performed the squat exercise on the vibration platform at 30 Hz (2-4 mm) and 50 Hz (4-6 mm), respectively. Quadriceps cross sectional area (QCSA), MDS and VJ performances, maximal soleus H- and T-reflexes and maximal M wave ($M_{\max}$) were assessed before and after the 10-week training period. **RESULTS:** in the first experiment, no significant changes were found in $H_{20\%}$ amplitude in any experimental condition ($p>0,05$). Significant decrease on $T_{\max}$ amplitude was found after ST+V30 (-7.4%) and ST+V50 (-11.1%) conditions, after the first minute, compared to before intervention assessment. VJ decreased in

all experimental conditions (C= -11.8%, ST= -6.6%, ST+V30= -7.7% and ST+V50= -7.4%) ($p<0.001$). There were no significant changes between groups in any variable measured ($p>0.05$). In the second experiment, significant increases were found in QCSA (ST= 9.8%, ST+V30= 11.7%, ST+V50= 12.9%); MDS (ST= 16.9%, ST+V30= 15.2%, ST+V50= 16.6%) and VJ height (ST= 6.0%, ST+V30= 7.2%, ST+V50= 6.0%) in all groups ($p<0.05$). There were no significant changes between groups in any variable measured ($p>0.05$). The training period did not induce significant changes in $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ (ST = +28%, ST+V30 = -16,3%, ST+V50 = -14%) and $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ ratios (ST = -30,3%, ST+V30 = -38,2%, ST+V50 = -28,1%) ($p>0.05$). However it was found a significant time effect for $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ ratio (-48.9%) ($p<0,05$). CONCLUSION: A single strength training session induces a brief impairment on muscle spindle activity. This impairment is not greater if ST is combined with vibration. Performing ST on a vibration platform did not additionally increase QCSA, MDS and VJ performance compared with ST alone.

Keywords: muscle hypertrophy; squat; Hoffmann reflex; Tendon reflex; countermovement jump

1 INTRODUÇÃO

O treinamento com vibração para o corpo todo (TV) é considerado um método de treinamento/terapia capaz de induzir melhoras agudas e crônicas no desempenho motor (COCHRANE & STANNARD, 2005; ROELANTS, DELECLUSE, GORIS & VERSCHUEREN, 2004). Em uma sessão de TV o sujeito se exercita, sem a adição de sobrecarga externa, sobre uma plataforma vibratória que produz oscilações em forma de onda em frequências entre 1 e 60 Hz, dependendo do fabricante e do modelo do aparelho (CARDINALE & BOSCO, 2003). A vibração produzida pela plataforma é transmitida pelo corpo todo no sentido dos pés à cabeça (CREWETHER, CRONIN & KEOGH, 2004). De acordo com isso, pode-se considerar que todos os sistemas corporais sejam afetados pela vibração. Contudo, a maior propagação da vibração ocorre nos tecidos mais próximos a fonte de vibração, em razão de a mesma ser atenuada pelos músculos durante seu trajeto pelo corpo (CARDINALE & WAKELING, 2005; KIISKI, HEINONEN, JARVINEN, KANNUS & SIEVANEN, 2008).

Muitos estudos reportam melhoras agudas e crônicas da flexibilidade (CARDINALE & LIM, 2003; VAN DEN TILLAAR, 2006), da potência muscular (BOSCO, COLLI, INTROINI, CARDINALE, TSARPELA, MADELLA, TIHANYI & VIRU, 1999b; BOSCO, IACOVELLI, TSARPELA, CARDINALE, BONIFAZI, TIHANYI, VIRU, DE LORENZO & VIRU, 2000; DA SILVA, NUÑES, VAAMONDE, FERNANDEZ, POBLADOR, GARCIA-MANSO & LANCHO, 2006), da altura do salto vertical (CARDINALE & LIM, 2003; DA SILVA et al., 2006), das forças máximas dinâmica e isométrica (DELECLUSE, ROELANTS & VERSCHUEREN, 2003; STEWART, COCHRANE & MORTON, 2007), e do desempenho funcional em jovens (MAHIEU, WITVROUW, VAN DE VOORDE, MICHILSENS, ARBYN & VAN DEN BROECKE, 2006; TORVINEN, KANNU, SIEVANEN, JARVINEN, PASANEN, KONTULAINEN, JARVINEN, JARVINEN, OJA & VUORI, 2002a) e idosos (BRUYERE, WUIDART, DI PALMA, GOURLAY, ETHGEN, RICHY & REGINSTER, 2005; REES, MURPHY & WATSFORD, 2008), após a realização do TV. Além disso, o TV tem sido sugerido como estratégia de recuperação após o treinamento (ISSURIN, 2005) e como terapia

pós-acidente vascular cerebral (VAN NES, GEURTS, HENDRICKS & DUYSSENS, 2004), lesão ou cirurgia do joelho (MELNYK, KOFLER, FAIST, HODAPP & GOLLHOFER, 2008).

É bem conhecido que durante a exposição à vibração ocorre um aumento da atividade dos motoneurônios alfa dos músculos atingidos, como resposta da ativação reflexa induzida pelo aumento da atividade das terminações sensoriais Ia. Essa ativação reflexa é conhecida como reflexo tônico de vibração (RTV) (CARLSOO, 1982). Contudo, ainda não são bem conhecidos os mecanismos fisiológicos que explicam as melhoras agudas e crônicas no desempenho, induzidas pelo TV.

Alguns autores atribuem as melhoras agudas no desempenho à alterações temporárias no funcionamento de estruturas corticais e medulares (CARDINALE & BOSCO, 2003). Um estudo recente (MILEVA, BOWTELL & KOSSEV, 2009) verificou aumento da excitabilidade da via corticoespinal, imediatamente após uma sessão de TV, dando suporte à hipótese de um mecanismo envolvendo estruturas corticais para explicar os efeitos agudos do TV. Contudo, os efeitos agudos do TV são atribuídos com maior frequência à eventos periféricos, como o aumento temporário da sensibilidade reflexa e da ativação gama (CARDINALE & BOSCO, 2003; CARDINALE & LIM, 2003; REHN, LIDSTROM, SKOGLUND & LINDSTROM, 2007; RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSEMBERG, 2003; TORVINEN et al., 2002a), apesar de os estudos que investigaram essa hipótese apresentarem resultados conflitantes (ARMSTRONG, NESTLE, GRINNELL, COLE, VAN GILDER, WARREN & CAPIZZI, 2008; HOPKINS, FREDERICKS, GUYON, PARKER, GAGE, FELAND & HUNTER, 2008; RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSEMBERG, 2003).

As melhoras ocasionadas pela exposição crônica ao TV são atribuídas às adaptações neurais e à ocorrência de hipertrofia muscular (REHN et al., 2007). Da mesma forma, as pesquisas sobre essas adaptações são controversas. Por exemplo, os estudos que investigaram alterações na ativação muscular após um período de TV não mostraram nenhuma modificação na EMG em nenhum dos grupos testados (KVORNING, BAGGER, CASEROTTI & MADSEN, 2006; MACHADO, GARCIA-LOPEZ, GONZALEZ-GALLEGO & GARATACHEA, 2009). Além disso, os estudos

que investigaram a ocorrência de hipertrofia muscular, em decorrência do TV, não apresentam dados convincentes de que essa adaptação possa ser maior que a observada pelo TF isolado; tão pouco que ela ocorra em indivíduos jovens saudáveis (FJELDSTAD, PALMER, BEMBEN & BEMBEN, 2009; MACHADO et al., 2009).

Considerando o suposto efeito duradouro da excitabilidade neural induzida por uma única sessão de TV, tem sido sugerido que se realizem algumas séries de exercícios de aquecimento sem sobrecarga sobre a plataforma vibratória, acreditando que assim se obteria melhor desempenho na competição ou atividade subsequente ao aquecimento (BULLOCK, MARTIN, ROSS, ROSEMOND, JORDAN & MARINO, 2008).

Também tem sido sugerido que o TV pode substituir ou ser utilizado como um recurso auxiliar ao treinamento de força convencional (TF) com o propósito de induzir ganhos adicionais no desenvolvimento da hipertrofia muscular e no desempenho motor. Da mesma forma, os estudos realizados até o momento não apresentam dados que suportem essa estratégia. A principal razão para isso é a fragilidade dos desenhos experimentais desses estudos (NORDLUND & THORSTENSSON, 2007; REHN et al., 2007). Por exemplo, em alguns casos o grupo exposto à vibração foi comparado apenas a um grupo controle que não realizou nenhuma atividade (BAUTMANS, VAN HEES, LEMPER & METS, 2005; BRUYERE et al., 2005; MACHADO et al., 2009). Em outros estudos, os efeitos da exposição crônica ao TV foram observados em sujeitos idosos o que limita a extrapolação dos resultados para indivíduos jovens e com alguma experiência em treinamento (DELECLUSE, ROELANTS & VERSCHUEREN, 2003; FJELDSTAD et al., 2009; ROELANTS, DELECLUSE & VERSCHUEREN, 2004). Além disso, entre os estudos que compararam o TV com alguma forma de TF, poucos mostram superioridade do primeiro (DELECLUSE, ROELANTS & VERSCHUEREN, 2003; LAMONT, CRAMER, BEMBEN, SHEHAB, ANDERSON & BEMBEN, 2008; LAMONT, CRAMER, BEMBEN, SHEHAB, ANDERSON & BEMBEN, 2010; ROELANTS, DELECLUSE & VERSCHUEREN, 2004; RONNESTAD, 2004).

Em razão das controvérsias sobre os efeitos crônicos do TV, alguns estudos tentaram identificar a melhor maneira de explorar os benefícios da exposição crônica ao TV. Em dois estudos, testou-se a eficiência de intercalar o TV entre as

séries do TF (LAMONT et al., 2008; LAMONT et al., 2010). Essa estratégia se beneficiaria do efeito duradouro da excitabilidade neural proporcionada pelo TV. Num dos estudos, verificou-se melhora adicional na taxa de desenvolvimento de força isométrica em relação à conseguida pelo TF (LAMONT et al., 2010). No entanto, no segundo estudo esse efeito sobre a força não se traduziu na melhora do desempenho do salto vertical (LAMONT et al., 2008).

Outra maneira de explorar os efeitos do TV seria realizando o TF no instante em que os músculos são expostos à vibração (TF+V). Essa estratégia se beneficiaria do aumento da ativação de unidades motoras induzido pelo RTV. Supostamente, realizar TF+V permitiria aos sujeitos suportar cargas maiores nas sessões de treinamento, o que poderia proporcionar resultados mais expressivos em longo prazo, em comparação aos produzidos pelo TF.

Dois estudos tentaram explorar os efeitos da exposição à vibração com esse desenho experimental (KVORNING et al., 2006; RONNESTAD, 2004). Num deles (RONNESTAD, 2004), ambos os grupos, TF+V e TF, melhoraram a força máxima dinâmica; no entanto, verificou-se uma tendência de maior aumento no grupo que fez o TF+V. Além disso, apenas o grupo que realizou o TF+V obteve aumentos na altura do salto vertical. No outro estudo (KVORNING et al., 2006), verificou-se que a incorporação do TV ao TF não proporcionou melhoras adicionais na altura do salto vertical e na força máxima isométrica. Contudo, o TF+V provocou um maior aumento na liberação do hormônio do crescimento em comparação ao TF. Além disso, apenas no grupo TF+V foi verificado o aumento na concentração de cortisol em resposta a uma sessão de treinamento.

Apesar da ausência de melhoras funcionais nesses estudos, esses resultados sugerem que o TF+V impõe maior estresse sobre o organismo em comparação ao TF. É possível que, num programa de treinamento orientado para o ganho de massa muscular, esse estresse adicional implique em alguma vantagem sobre o TF. Os estudos que compararam o TF+V com o TF não investigaram seus efeitos sobre a hipertrofia muscular. Além disso, os efeitos da exposição crônica a vibração têm sido atribuídos as alterações agudas e crônicas na excitabilidade das vias reflexas, mas nenhum estudo que combinou o treinamento de força com vibração (TF+V) testou essa relação (KVORNING et al., 2006; RONNESTAD, 2004).

Uma vez que a propagação da vibração pelo organismo e a magnitude do estresse imposto pelo TV são dependentes do protocolo de vibração utilizado (ERSKINE, SMILLIE, LEIPER, BALL & CARDINALE, 2007; KIISKI et al., 2008), é importante avaliar o efeito de combinar o TF com diferentes parâmetros de vibração a fim de identificar os protocolos mais eficientes para essa finalidade.

2 OBJETIVOS

Este estudo teve como objetivos:

Avaliar os efeitos de combinar dois diferentes protocolos de vibração com o treinamento de força sobre o desenvolvimento da massa muscular de membros inferiores, e sobre os desempenhos do salto vertical e da força máxima dinâmica de membros inferiores.

Investigar as alterações agudas e crônicas na excitabilidade das vias reflexas associadas a combinação do treinamento de vibração como o treinamento de força.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Treinamento com plataformas vibratórias

Uma plataforma vibratória é um aparelho projetado para produzir movimentos oscilatórios em forma de sino, que se repetem em intervalos regulares. Há uma variedade de modelos de aparelhos disponíveis no mercado, destinados ao treinamento e à terapia (FIGURA 1).

FIGURA 1 - Diferentes modelos de plataformas vibratórias. A = Plataforma *Galileo*[®]; B = Plataforma *PowerPlate*[®]; C = Plataforma *Fitvibe*[®].

Há algumas diferenças no mecanismo de funcionamento das plataformas vibratórias produzidas por diferentes fabricantes. As plataformas *PowerPlate*[®] (LLC, Culver City, Califórnia, EUA) e *Fitvibe*[®] (Gymna Uniphy, Bilzen, Bélgica) produzem vibração sinusoidal através de dois motores elétricos, que giram uma massa excêntrica em torno de um eixo. Dessa forma, seus deslocamentos são simultâneos e ocorrem, predominantemente, no plano vertical. Diferentemente, nas plataformas *Galileo*[®] (Novotec Medical GmbH, Pforzheim, Alemanha), a rotação produzida pelo motor elétrico é transmitida por um sistema de virabrequim posicionado em cada lado da plataforma. As plataformas *Galileo*[®] oscilam ao redor de um eixo central. Dessa forma, seus deslocamentos acontecem predominantemente no plano vertical, alternando cada um dos lados, semelhante a uma gangorra (FIGURA 2) (ABERCROMBY, AMONETTE, LAYNE, MCFARLIN, HINMAN & PALOSKI, 2007; PEL, BAGHERI, VAN DAM, VAN DEN BERG-EMONS, HOREMANS, STAM & VAN DER STEEN, 2009).

FIGURA 2 - Funcionamento dos diferentes modelos de plataformas vibratórias.

Outra diferença entre modelos está nas possibilidades de protocolos de vibração disponíveis. Alguns modelos permitem ajustar a frequência de vibração entre 1 e 60 Hz, enquanto outros fornecem programas fixos que permitem selecionar duas ou três frequências específicas, geralmente entre 30 e 50 Hz.

Além dos protocolos escolhidos, pode-se variar a forma de exercício realizado sobre a plataforma alterando o posicionamento do corpo (um ou dois apoios), o tipo de ação muscular realizada (estática ou dinâmica), e ainda, adicionando ou não sobrecarga externa ao exercício. A oscilação produzida por uma plataforma vibratória é transmitida por todo corpo do sujeito que sobre ela se posiciona, atingindo vários músculos e tecidos. Contudo, a vibração atinge com mais intensidade os tecidos próximos a plataforma (PEL et al., 2009).

3.2 Definição de vibração

Vibração é definida como um estímulo mecânico caracterizado por movimento oscilatório em forma de onda (JORDAN, NORRIS, SMITH & HERZOG, 2005; LUO, MCNAMARA & MORAN, 2005). As ondas produzidas por um movimento oscilatório podem ter diferentes formas; as plataformas vibratórias produzem ondas em formato sinusoidal (KOMI, 2003; PEL et al., 2009) (FIGURA 3).

FIGURA 3 - Diferentes tipos de ondas produzidas por um objeto vibrando (adaptado de KOMI, 2003).

3.3 Características da vibração produzida pela plataforma vibratória

Quando a vibração tem forma de sino, como a produzida pelas plataformas vibratórias, ela pode ser definida pela sua frequência de ocorrência e pela amplitude das suas ondas. A frequência da vibração se refere à quantidade de ciclos de oscilações que ocorrem por unidade de tempo e é medida em hertz (Hz), ou seja, em ciclos por segundo. A amplitude diz respeito à quantidade de deslocamento que ocorre durante as oscilações (FIGURA 4); e é calculada como sendo a metade da diferença entre o maior e o menor valor de deslocamento durante a oscilação, e referida em milímetros (mm) (CARDINALE & BOSCO, 2003; LUO, MCNAMARA & MORAN, 2005).

FIGURA 4 - Características da onda com formato sinusoidal.

Outro parâmetro importante das oscilações é a sua magnitude, que é dada pela aceleração (g). A aceleração é calculada em função da amplitude e frequência das vibrações. Alguns autores defendem que as alterações no desempenho neuromuscular, provocadas pelo método de vibração, são induzidas pela perturbação momentânea do campo gravitacional que o corpo experimenta durante a intervenção (CARDINALE & BOSCO, 2003; KVORNING et al., 2006; RONNESTAD, 2004). Durante a vibração o centro de massa corporal é submetido a uma aceleração que pode superar em até 15 vezes a aceleração gravitacional, dependendo das frequências e amplitudes que são combinadas (CARDINALE & BOSCO, 2003). Em outras palavras, isto significa que, durante a exposição à vibração nossos músculos podem ser exigidos a produzir uma força até 15 vezes superior àquela que produzem normalmente para se opor à ação da força gravitacional. De acordo com isso, a sobrecarga à qual os músculos são submetidos pode ser aumentada em grandes proporções com a utilização do método de vibração. A eficiência do treinamento de força convencional para promover adaptações neuromusculares (i.e., aumentos de força e potência) é atribuída ao aumento da sobrecarga gravitacional, que ocorre durante a realização de exercícios com carga adicional. De acordo com os

argumentos apresentados, o método de vibração seria capaz de manipular os efeitos da gravidade de forma mais efetiva que o treinamento de força convencional.

Outra hipótese usada para explicar os efeitos do treinamento de vibração é a indução do reflexo tônico de vibração (RTV). O RTV é o aumento da atividade de um músculo verificada quando esse músculo, ou o seu tendão, são submetidos à vibração (CARLSOO, 1982). Esse aumento da atividade tem sido atribuído a ativação de unidades motoras de alto limiar de excitação. O RTV é uma resposta reflexa, mediada pelo aumento da atividade das terminações sensoriais provenientes dos fusos musculares, que fazem sinapse com os motoneurônios alfa, e que são despolarizadas em resposta às rápidas e curtas modificações no comprimento das fibras musculares extrafusais, provocadas pelo aparelho vibratório. Foi demonstrado que a ativação muscular prévia combinada com alta frequência de vibração produz maior RTV na exposição subsequente à vibração (NAKAJIMA, IZUMIZAKI, SEKIHARA, ATSUMI & HOMMA, 2008). Esse fenômeno tem sido usado para explicar o aumento da capacidade de produzir força do músculo agonista durante e alguns minutos após a exposição à vibração (BOSCO, CARDINALE & TSARPELA, 1999). Além disso, tem sido defendido que a exposição à vibração induz alterações temporárias na excitabilidade de estruturas neurais centrais e periféricas, o que, supostamente, facilitaria a ativação de unidades motoras nos minutos subsequentes, e explicaria as melhoras no desempenho com treinamento de vibração (ARMSTRONG et al., 2008; CARDINALE & BOSCO, 2003; MILEVA, BOWTELL & KOSSEV, 2009; RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSENBURG, 2003).

3.4 Efeitos agudos da vibração sobre o desempenho

Diversos pesquisadores investigaram o efeito da realização de uma única sessão de vibração sobre o desempenho físico (BOSCO et al., 1999b; BOSCO et al., 2000; CARDINALE & LIM, 2003; RITTWEGER, BELLER & FELSENBURG, 2000; TORVINEN, SIEVANEN, JARVINEN, PASANEN, KONTULAINEN & KANNUS, 2002c). Em alguns estudos verificou-se melhora imediata no desempenho do salto vertical ou da potência de membros inferiores (BOSCO et al., 2000; CARDINALE &

LIM, 2003; CORMIE, DEANE, TRIPLETT & MCBRIDE, 2006). Outros estudos não mostraram qualquer melhora ou ainda diminuição do desempenho (RITTWEGER, BELLER & FELSENBURG, 2000; TORVINEN et al., 2002c). É possível que a inconsistência entre eles seja explicada por fatores como o nível prévio de força dos sujeitos, a técnica de salto testada e o protocolo de vibração utilizado.

Um estudo envolvendo um grupo de 14 sujeitos fisicamente ativos avaliou o efeito de dez minutos de vibração sobre o desempenho do salto vertical com contramovimento, a potência de membros inferiores no exercício *leg-press*, e a atividade eletromiográfica (EMG) produzida durante a realização desse exercício (BOSCO et al., 2000). O protocolo experimental foi composto por dez séries de 60s de vibração/60s de repouso, com frequência de 26 Hz e amplitude de 4 mm. Avaliações do salto aconteceram antes e imediatamente após a aplicação do protocolo de vibração. Os resultados mostraram melhoras de 3,8% ($p < 0,001$) na altura do salto, 7,0% ($p = 0,003$) na potência de membros inferiores, e diminuição de 10,2% ($p < 0,008$) na atividade neural, todos em relação ao pré-teste. A diminuição da EMG induziu os autores a especularem que as melhoras observadas no desempenho poderiam ser explicadas por um aumento na sincronização entre as unidades motoras ativas, pelo aumento da co-contracção dos sinergistas e pelo aumento da inibição dos antagonistas. É importante notar que nenhum dos resultados é referido em relação a um grupo controle.

Da mesma forma, um estudo seqüente testou o efeito de duas frequências de vibração sobre o desempenho dos saltos verticais semi-agachado e com contramovimento em um grupo de 15 sujeitos não treinados, que foram divididos em dois grupos (CARDINALE & LIM, 2003). Um deles foi submetido a cinco minutos de vibração, aplicados em cinco séries de 60s por 60s de repouso, utilizando frequência de 20 Hz e amplitude de 4 mm. O outro grupo realizou o mesmo tratamento, exceto que a frequência de vibração foi de 40 Hz. A aceleração produzida por esses protocolos foram, respectivamente, 6,4 e 25,7 g. Os sujeitos de ambos os grupos permaneceram na posição semi-agachada, enquanto recebiam o estímulo vibratório. Os resultados do estudo mostraram que o grupo exposto à vibração com frequência de 20 Hz teve uma melhora significativa de 3,9% ($p < 0,05$), em relação ao pré-teste, na altura do salto semi-agachado; enquanto a altura do salto com contramovimento

aumentou 2,3%, mas não de forma significativa ($p=0,07$). Por outro lado, o grupo exposto à vibração com frequência de 40 Hz sofreu uma diminuição não significativa, de 4% ($p=0,07$), na altura do salto semi-agachado, e redução significativa, de 3,8%, na altura do salto com contramovimento ($p<0,01$). A comparação entre grupos mostrou que o grupo exposto à vibração de 20 Hz atingiu maior altura nos dois tipos de saltos. Os autores concluíram que o desempenho do salto vertical pode ser melhorado de forma aguda com protocolos usando baixas frequências de vibração. De novo, as comparações não foram feitas em relação a um grupo controle. Além disso, o melhor desempenho do grupo que treinou a 20 Hz só foi observado em razão do grupo que treinou a 40 Hz ter piorado seu desempenho no pós-teste.

Dois outros estudos investigaram alterações no desempenho do salto vertical com contramovimento e na força de membros inferiores, 2 e 60 minutos após a intervenção com quatro minutos de vibração (TORVINEN et al., 2002a; TORVINEN et al., 2002c). Os protocolos utilizados nos dois estudos diferiram nas amplitudes e frequências de vibração utilizadas. Enquanto o primeiro grupo utilizou 2 mm de amplitude e frequência variando entre 25-40 Hz, o segundo utilizou 10 mm de amplitude e frequência variando entre 15-30 Hz. Em adição, os sujeitos realizavam alternadamente seis variações de exercícios para os membros inferiores, enquanto recebiam ou não (placebo) a vibração. Esses exercícios foram feitos em uma sequência fixa e tinham duração de 10 segundos cada. Em ambos os estudos, a EMG foi medida durante a intervenção. No primeiro, sobre os músculos sóleo, vasto lateral, glúteo médio e paravertebrais; no segundo, sobre os sóleos, gastrocnêmios e vastos laterais. Embora a diferença entre os dois estudos fosse pequena, parece que foram suficientes para produzir resultados distintos. No primeiro estudo (2 mm e 25-40 Hz) não foi verificada qualquer alteração significativa no desempenho. Por outro lado, no segundo estudo (10 mm e 15-30 Hz) foram verificadas alterações significantes no desempenho da força máxima isométrica medida durante a extensão de joelhos (3,2% de aumento) e na altura do salto vertical (2,5% mais alto) em relação ao placebo. Estas melhoras foram verificadas no pós-teste realizado dois minutos após a intervenção. Nenhuma alteração foi verificada 60 minutos após a vibração. Em relação a EMG, em ambos os estudos verificou-se diminuição durante a aplicação da vibração. No primeiro estudo, no músculo vasto lateral e

gastrocnêmios, no segundo, em todos os músculos analisados. Segundo os autores, esses dados indicam a ocorrência de fadiga durante a intervenção com vibração. A comparação entre estes dois estudos sugere que a amplitude da vibração é uma variável importante na manifestação dos seus efeitos agudos, e que a exposição muito longa à vibração pode produzir fadiga.

Os resultados dos estudos que avaliaram o efeito da vibração sobre os desempenhos da força e do salto vertical são contraditórios e pouco conclusivos. A falta de concordância entre estes estudos pode ser explicada pela variabilidade de protocolos utilizados em cada estudo. No entanto, merece atenção o fato de que os dados relatados não são confrontados a uma situação controle em que os sujeitos não fossem submetidos a qualquer tipo de intervenção. Assim, não sabemos se as alterações no desempenho foram produzidas pelos exercícios ou pela vibração.

Em alguns estudos a melhora aguda verificada no desempenho após a exposição à vibração foi atribuída ao aumento da excitabilidade das vias neurais periféricas (BOSCO et al., 2000; RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSENBURG, 2003). Contudo, os efeitos agudos também podem ser ocasionados por modificações na excitabilidade de estruturas neurais centrais (CARDINALE & BOSCO, 2003). Essa suposição é baseada no fato de que a área motora suplementar (que faz parte da unidade central de processamento de sinais aferentes e é ativada antes do início de um movimento voluntário) é ativada pela exposição à vibração (CUNNINGTON, WINDISCHBERGER, DEECKE & MOSER, 2002; NAITO, KINOMURA, GEYER, KAWASHIMA, ROLAND & ZILLES, 2000). Assim, a pré-ativação da área motora suplementar poderia facilitar movimentos voluntários subseqüentes. Recentemente, verificou-se um aumento temporário da excitabilidade da via corticoespinal imediatamente após uma sessão de TV (30 Hz, 1,5 mm) (MILEVA, BOWTELL & KOSSEV, 2009), o que reforça a hipótese de que a exposição à vibração altera de forma aguda o funcionamento de estruturas neurais centrais (CARDINALE & BOSCO, 2003). Contudo, uma vez que nesse estudo não foram realizadas avaliações de desempenho, não se pode concluir que o aumento da excitabilidade neural central possa causar as melhoras agudas no desempenho motor.

Entre os estudos que verificaram o efeito agudo sobre o desempenho do salto vertical, um único estudo avaliou a excitabilidade reflexa após a vibração (RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSENBURG, 2003). Nesse estudo, o reflexo do tendão patelar foi avaliado após os sujeitos realizarem uma série de agachamento dinâmico até a fadiga, enquanto se exercitavam sobre uma plataforma de vibração (26 Hz, 6 mm). Embora os resultados tenham demonstrado um aumento do reflexo tendíneo 10 segundos após a intervenção, os valores voltaram aos níveis de repouso na avaliação realizada 10 minutos após, o que sugere que a melhora aguda no desempenho do salto não seja decorrente de modificações na excitabilidade neural periférica. Da mesma forma, um protocolo de TV consistindo de cinco séries de 60s de duração (26 Hz), realizado em posição de agachamento isométrico, não afetou a latência nem a amplitude do reflexo do tendão patelar (HOPKINS et al., 2008).

Outro estudo recente sugere que a resposta ao TV pode variar entre indivíduos. Nesse estudo, o reflexo de Hoffmann (reflexo H) do músculo sóleo foi avaliado durante trinta minutos que seguiram uma série de exposição ao TV (40 Hz, 2-4 mm), realizado em posição de agachamento isométrico (ARMSTRONG et al., 2008). O resultado mostrou a supressão da amplitude do reflexo H durante o primeiro minuto para todos os sujeitos. Contudo, em um subgrupo de sujeitos o reflexo H retornou a valores de repouso em três minutos e, em seguida, elevou-se além desse nível, indicando um aumento temporário da excitabilidade reflexa.

Os resultados desses estudos sugerem que a exposição à vibração pode aumentar a excitabilidade muscular. Contudo, isso parece acontecer nos músculos mais próximos à fonte de vibração, mas não naqueles mais distantes (KIISKI et al., 2008; PEL et al., 2009).

3.5 Efeitos crônicos da vibração sobre o desempenho

Os benefícios proporcionados pelo treinamento com vibração parecem ser dependentes do tempo de duração dos programas de treinamento, mas também da maneira como o TV é oferecido, e do estado de treinamento dos indivíduos.

Um estudo, com duração de 11 dias, testou o efeito do treinamento com vibração na altura dos saltos verticais semi-agachado e com contramovimento (COCHRANE, LEGG & HOOKER, 2004). Ao todo, foram realizadas nove sessões de treinamento. Os sujeitos realizaram o treinamento de vibração por cinco dias consecutivos, descansaram por dois dias, e então treinaram por mais quatro dias (também consecutivos). Em cada sessão, foram realizadas duas séries de 60 segundos de vibração, separadas por um intervalo de 40 segundos. A amplitude da vibração foi de 11 mm e a frequência de 26 Hz. Durante a exposição à vibração, os sujeitos assumiam cinco posições isométricas diferentes, mas não usavam sobrecarga externa. Avaliações realizadas dois dias após as nove sessões de treinamento não apresentaram alterações significantes na altura dos saltos.

Em estudo de cinco semanas de duração DELECLUSE, ROELANTS, DIELS, KONINCKX & VERSCHUEREN (2005) testaram o efeito do TV em 20 atletas velocistas, que foram divididos em dois grupos. Ambos os grupos continuaram com seu treinamento habitual, mas um deles passou a receber o treinamento de vibração, que variava ao longo das cinco semanas (30 a 60 segundos de vibração por série, frequência de 35-40 Hz, amplitude de 1,7-2,5 mm, duração total na sessão de 9 para 18 minutos, do início para o final das cinco semanas). Ao final das cinco semanas não foram verificadas diferenças significantes entre grupos no desempenho da força de extensão de joelhos ou no salto vertical com contramovimento.

MAHIEU et al. (2006) utilizaram a mesma estratégia em um grupo de 32 jovens esquiadores, com idade entre 9-15 anos. Após serem divididos em dois grupos, um deles adicionou o TV ao treinamento habitual. Após seis semanas de treinamento, o grupo que incorporou o TV a sua rotina de treinamento demonstrou uma melhora significativa, de 10,9%, no teste de salto laterais de 60 segundos, em relação ao outro grupo.

Com o propósito de explorar o aumento da excitabilidade muscular proporcionada pelo RTV, RONNESTAD (2004) testou o efeito de realizar o treinamento de força sobre a plataforma vibratória. Para isso, 14 sujeitos experientes em treinamento de força foram divididos em dois grupos. Ambos os grupos realizaram um programa de TF composto por 3-4 séries de 6-10 repetições máximas (3-4 x 6-10 RM), usando o exercício agachamento, duas vezes por semana, durante

cinco semanas. Um grupo (n=7) realizou o exercício sobre a plataforma vibratória na frequência de 40 Hz (TF+V). O outro grupo (n=7) realizava somente o exercício fora da plataforma. Ambos os grupos melhoraram a força máxima dinâmica (avaliada através do teste de 1 RM) em relação ao pré-teste (TF+V = 31,6% e TF = 24,2%). No entanto, somente o grupo que realizou o treino de vibração teve melhora significativa na altura do salto com contramovimento (TF+V = 8,7% e TF = 4,0%). A comparação entre grupos mostrou uma tendência de maior aumento no teste de 1 RM no grupo que treinou com vibração, que talvez se confirmasse caso a amostra utilizada no estudo fosse maior, segundo os autores. Segundo os mesmos, essa tendência em melhor desempenho no grupo TF+V se explica pela maior excitabilidade proporcionada pelo RTV, que facilitaria a ativação de unidades motoras com maior limiar de excitação. Como consequência, o grupo TF+V teria sido capaz de suportar maiores cargas de treinamento, porém os autores não apresentaram dados a este respeito.

A estratégia de realizar o TF+V para explorar o efeito do RTV também foi testada no estudo de KVORNING et al. (2006). Num estudo de nove semanas de duração, dois grupos de sujeitos realizaram 6 x 8 reps no exercício agachamento, com carga estimada para 10 RM nas cinco semanas iniciais. Depois, foram completadas mais quatro semanas de treinamento onde os sujeitos realizavam as 6 x 8 reps com carga estimada para 8 RM. Um desses grupos realizou o TF sobre a plataforma, na frequência de 20-25 Hz e amplitude de 4 mm (TF+V). O terceiro grupo (V) fez o mesmo exercício sobre a plataforma (com o mesmo protocolo), porém sustentando apenas o peso corporal. Ao final das nove semanas, verificaram-se melhoras equivalentes na força máxima isométrica, avaliada no *leg-press* unilateral, de 12,1% e 9,3%, e na altura do SV com contramovimento de 7,8% e 4,3% para os grupos TF e TF+V, respectivamente. Além disso, nenhuma alteração significativa foi observada na EMG dos músculos vasto lateral e bíceps femoral em nenhum dos grupos. Medidas das concentrações hormonais sanguíneas mostraram elevação equivalente, entre os grupos TF e TF+V, na testosterona avaliada imediatamente após uma sessão de treinamento, no início e no final do programa. Por outro lado, verificou-se que o grupo TF+V teve um maior aumento na liberação do hormônio do crescimento em comparação aos grupos TF e V, no início do programa de

treinamento. Da mesma forma, a elevação do cortisol foi significante maior no grupo TF+V em comparação aos grupos TF e V, no início e no final do período de treinamento. Apesar da falta de melhoras no desempenho, estes dados mostram que o TF+V implicou em um estímulo de treinamento de maior intensidade e que isso se refletiu num maior estresse para o organismo, em relação ao TF isolado.

Um estudo mais prolongado sugere que a duração do programa de treinamento não é único fator que limita a manifestação dos efeitos do TV. Nesse estudo investigou-se o efeito do TV, realizado por 11 semanas, sobre a força máxima, a taxa de desenvolvimento de força (TDF) e a altura do salto vertical com contramovimento (DE RUITER, VAN RAAK, SCHILPEROORT, HOLLANDER & DE HAAN, 2003). Vinte jovens foram divididos em grupo experimental e grupo controle. Os sujeitos realizaram entre 5 a 8 séries de 60 s de vibração/ 60 s de repouso, com frequência de 30 Hz e amplitude de 8 mm. Durante a aplicação da vibração os sujeitos permaneciam em posição semi-agachada, sem suportar nenhuma sobrecarga externa. Ao final do programa de treinamento, não foram encontrados aumentos significantes na altura do salto ou na força muscular em nenhum dos grupos.

Dois estudos testaram os efeitos de aplicar a vibração antes e nos intervalos das séries de exercício de um programa de TF, como uma estratégia de explorar um possível efeito residual do RTV (LAMONT et al., 2008; LAMONT et al., 2010). O protocolo de treinamento foi idêntico em ambos os estudos. Um programa de TF periodizado (3-4 séries, 3-6 repetições, 55-90% 1 RM), orientado para o ganho de força e potência musculares, e realizado duas vezes por semana, durante seis semanas. O grupo que treinava com vibração realizava uma série de TV três minutos antes da primeira série de TF, e nos intervalos entre séries subseqüentes. A série de TV antes do TF tinha duração de 30 segundos, e era feita na frequência de 50 Hz e amplitude de 2-4 mm. Nos intervalos entre as séries de TF, o TV era realizado em séries de 10 segundos, na mesma frequência, mas com amplitude de 4-6 mm, com a justificativa de não induzir fadiga. No entanto, os efeitos dos protocolos empregados foram testados em diferentes variáveis em cada um dos estudos. No estudo de LAMONT et al. (2010) a incorporação da vibração entre as séries de TF produziam ganhos mais expressivos na TDF inicial (calculada do início da contração até o

primeiro pico de força) em comparação aos ganhos conseguidos pelo TF, sugerindo que a incorporação da vibração ao TF pode ser vantajosa para o desempenho de atividades dependentes da manifestação rápida de força. Contudo, no estudo de LAMONT et al. (2008), apenas o grupo que realizou o TF teve aumento na altura do salto vertical em profundidade. Além disso, os grupos TF e TF intercalado com TV tiveram aumentos proporcionais no desempenho do salto vertical com carga adicional sobre os ombros (20 kg). Juntos, esses dados sugerem que incorporar o TV ao TF de forma intercalada pode ser útil para o desempenho neuromuscular, mas talvez esse benefício não seja traduzido no desempenho de tarefas motoras dependentes da coordenação, como o salto vertical.

Os dados de alguns estudos sugerem que o TV pode proporcionar melhoras no desempenho equiparáveis as obtidas pelo TF, pelo menos em indivíduos com baixo nível de força (destreinados, fisicamente debilitados e idosos). Num estudo de doze semanas de duração, investigou-se o efeito do TV sobre a força dinâmica e a altura do salto vertical com contramovimento, em 74 mulheres jovens, não treinadas, que foram divididas em quatro grupos: treinamento de vibração, placebo, treinamento de força e controle (DELECLUSE, ROELANTS & VERSCHUEREN, 2003). O programa completo envolveu 36 sessões de treinamento, sendo três sessões semanais. O volume e a intensidade do treinamento de vibração aumentaram, progressivamente, ao longo do período de treino. A frequência variou entre 35 e 40 Hz, a amplitude entre 2,5 e 5 mm, a duração de cada série de vibração, de 30 para 60 s, o tempo total de exposição à vibração na sessão, de três para 20 minutos e a aceleração produzida entre 2,28 g e 5,09 g. Durante o treinamento de vibração, os sujeitos ainda realizavam diferentes tipos de agachamentos dinâmicos sem sobrecarga. O número de exercícios de agachamento aumentou de dois para seis, do início para o fim do programa. O grupo placebo realizava o treinamento igual ao grupo vibração, no entanto, a aceleração da plataforma vibratória foi inferior a 0,4 g. O grupo que realizou o treinamento de força usava os exercícios extensão de joelhos na cadeira extensora e *leg-press*. O treinamento desse grupo também progrediu ao longo das 12 semanas. Nas duas semanas iniciais realizaram duas séries de 20 repetições máximas (2 x 20 RM), depois passaram a realizar 2 x 15 RM por três semanas. Nas três semanas seguintes, 2 x 12 RM, e nas quatro semanas

finais, 2 x 10 RM. Os resultados indicaram que os grupos treinamento de força e vibração aumentaram, respectivamente, a força máxima dinâmica (14,4% e 16%; $p < 0,001$) e isométrica (9% e 7%; $p < 0,001$) de extensão de joelhos. No entanto, apenas o grupo que treinou com vibração obteve melhora (7,6%; $p < 0,001$) na altura do salto vertical com contramovimento.

Outro estudo com 26 sujeitos fisicamente ativos, sem experiência em treinamento de força, utilizou um protocolo de vibração de quatro minutos de duração, realizado três vezes por semana, por 16 semanas (TORVINEN, KANNUS, SIEVANEN, JARVINEN, PASANEN, KONTULAINEN, JARVINEN, JARVINEN, OJA & VUORI, 2002b). O protocolo de vibração utilizou frequências entre 25-35 Hz, e a aceleração produzida variava entre 2,5-6,4 g. Durante a vibração os sujeitos realizavam diferentes exercícios, sustentando apenas o peso corporal. Os resultados mostraram que o grupo que treinou com vibração obteve aumento significativo de 3,7% na força máxima isométrica (*leg-press*) após a oitava semana. Na 16ª semana essa diferença caiu para 2,5% e deixou de ser significativa. Em relação à altura do salto vertical, o grupo que treinou com vibração obteve aumento significativo de 10,2%, na oitava semana. Após a 16ª semana o ganho caiu para 8,5%, porém a diferença continuou sendo significativa em relação ao desempenho na avaliação pré-treinamento.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados em um estudo que investigou o efeito de 24 semanas de treinamento com vibração em idosos (ROELANTS, DELECLUSE & VERSCHUEREN, 2004). Sessenta e nove mulheres (58-74 anos) foram divididas em três grupos: controle, vibração e treinamento de força. O treinamento com vibração sofreu aumento progressivo ao longo das 24 semanas. A duração da vibração aumentou de 30 para 60s, a frequência, de 35 até 40 Hz, a amplitude, de 2,5-5,0 mm, e o tempo total de vibração em uma sessão, de três para 20 minutos. O treinamento com vibração foi combinado com agachamentos estáticos e dinâmicos, sem carga. No entanto, para aumentar a intensidade desses exercícios, no meio do programa passou-se a executá-los com cada uma das pernas alternadamente. O grupo que fez o treinamento de força também teve o programa modificado ao longo das 24 semanas. Esse treinamento envolvia os exercícios de extensão de joelhos na posição sentada e o *leg-press*. Nas duas semanas iniciais os

sujeitos realizavam 2 x 20 RM. Pelas 12 semanas seguintes realizavam duas séries entre 10 e 15 RM. Nas 10 semanas finais, entre 3 x 12 RM e 1 x 8 RM. Ao final do programa de treinamento foram verificados aumentos significantes na força isométrica e dinâmica de 15% e 16,1%, respectivamente, no grupo que treinou com vibração, e de 18,4% e 13,9%, no grupo que fez treinamento de força. A altura do salto vertical com contramovimento teve um aumento significativo de 19,4% no grupo que treinou com vibração, e de 12,9%, no grupo de treinamento de força. As melhoras da força e do salto não foram diferentes entre os grupos.

Dois estudos recentes que investigaram o efeito do TV em mulheres idosas sugerem que o TV pode produzir alterações na composição corporal (FJELDSTAD et al., 2009; MACHADO et al., 2009). FJELDSTAD et al. (2009) avaliaram o efeito de oito meses de treinamento em mulheres com idade entre 60 e 75 anos, que foram divididas em três grupos, TF, TV e controle. O grupo TF realizou 3 x 10 repetições, com 80% de 1 RM, com exercícios para membros superiores e inferiores. O grupo TV realizou alguns exercícios sem sobrecarga externa sobre a plataforma vibratória e, em seguida, o TF. Após o período de treinamento, verificou-se diferença significativa na diminuição do percentual de gordura corporal total entre os grupos TV (-3,2%) e TF (-1,4%). Os grupos TF e TV tiveram aumentos semelhantes na massa magra total (3,2% e 2,5%, respectivamente), na massa magra da região dos membros superiores (6,5% e 10,5%, respectivamente) e do tronco (3,2% e 2,5%, respectivamente). Apenas o grupo TV teve um aumento na massa magra de membros superiores maior que o grupo controle (10,5% e 2,3%, respectivamente).

MACHADO et al. (2009) avaliaram um grupo de idosas com idade entre 65 e 75 anos, que se exercitaram sobre a plataforma vibratória (sustentando o peso do próprio corpo), três vezes por semana, por dez semanas. Após o período de treinamento, foram verificadas melhoras de 38,8% na força isométrica máxima (avaliado no *leg-press*), e de 9% no tempo do teste de levantar e caminhar (*timed up and go test*) no grupo que realizou o TF, em comparação ao grupo de idosas de idade equivalente que formaram o grupo controle. O teste de potência, realizado no *leg-press*, mostrou uma diminuição significativa (valores não apresentados) nas três cargas testadas (20, 40 e 60% da força isométrica máxima) para o grupo que não se

exercitou, porém nenhuma alteração no grupo que fez o TV. Nenhum dos grupos sofreu alteração na EMG dos músculos bíceps femoral, vasto lateral e vasto medial. Contudo, o grupo TV teve aumentos nas áreas de secção transversa do vasto medial e do bíceps femoral de 8,8% e 15,5%, respectivamente, enquanto nenhum aumento significativo foi verificado no grupo controle. Esses dados sugerem que as melhoras observadas no desempenho foram proporcionadas em função de alterações morfológicas e não neurais.

Os resultados dos estudos apresentados parecem indicar que a combinação do TV e exercícios sem sobrecarga é eficiente apenas em sujeitos pouco treinados. Indivíduos com experiência prévia em treinamento de força parecem se favorecer do TV quando combinado com exercícios com sobrecarga adicional.

As melhoras proporcionadas pelo TV são freqüentemente atribuídas à adaptações neurais. Apenas dois estudos, entre os citados, investigaram os mecanismos neurais (EMG) que poderiam explicar as modificações na força produzidas pelo treinamento com vibração (DE RUITER et al., 2003; KVORNING et al., 2006), mas em ambos não foram verificadas alterações significantes na EMG em nenhum dos grupos avaliados.

Por outro lado, em dois estudos, verificou-se ocorrência de hipertrofia muscular após um período de TV (FJELDSTAD et al., 2009; MACHADO et al., 2009), sugerindo que essa adaptação pode explicar os benefícios proporcionados pelo TV. Contudo, ambos os estudos avaliaram sujeitos idosos, que são mais responsivos ao treinamento físico. Não se sabe se o TV poderia induzir hipertrofia em indivíduos jovens. Além disso, em um desses estudos, o aumento de massa magra obtido pelo grupo TV foi comparado apenas ao obtido por um grupo que não treinou (MACHADO et al., 2009). Portanto, não se sabe se esse ganho em massa muscular seria equivalente ao proporcionado pelo TF ou se poderia superá-lo.

Apenas dois estudos testaram o efeito de realizar o TF sobre uma plataforma vibratória (TF+TV) (KVORNING et al., 2006; RONNESTAD, 2004). Baseando-se nos resultados desses estudos, pode-se supor que o TF+V implica num estresse adicional ao organismo, comparado ao TF. Esse estresse parece ser potencialmente favorável para proporcionar melhoras extras em variáveis de

desempenho. Contudo, não se conhece seus efeitos sobre o desenvolvimento da massa muscular.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi dividido em dois experimentos. No primeiro, foram analisados os efeitos agudos do TF+V. No segundo, seus efeitos crônicos. Os desenhos experimentais e os procedimentos de cada experimento são apresentados em seções separadas.

4.1 Primeiro experimento

Nesse experimento foram avaliados os efeitos de uma sessão de TF+V (efeitos agudos) sobre:

- a) o desempenho do SV;
- b) a excitabilidade das vias reflexas.

4.1.1 Amostra

Doze sujeitos do sexo masculino participaram desse experimento [29,2±5,1 anos (idade), 78,0±7,5 kg (massa corporal), 178,7±4,8 cm (estatura)]. Para ser admitido o voluntário deveria ser classificado como fisicamente ativo (i.e., praticar algum tipo de exercício físico, pelo menos duas vezes por semana), não estar envolvido em nenhuma forma de treinamento de força para membros inferiores havia pelo menos doze meses, não ter sofrido nenhuma lesão musculoesquelética nos seis meses antecedentes, e não fazer uso de medicamentos estimulantes ou depressores do sistema nervoso central. Além disso, os sujeitos deveriam saber realizar corretamente o exercício agachamento. Todos assinaram um termo de

consentimento informado declarando ter conhecimento dos riscos e benefícios inerentes aos procedimentos, e que aceitavam participar voluntariamente dos experimentos (ANEXO I). O estudo foi aprovado pelo do comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

4.1.2 Desenho experimental

Para testar o efeito de uma única sessão de TF+V sobre a excitabilidade das vias reflexas e sobre o desempenho do salto vertical, todos os sujeitos foram avaliados antes e depois de serem submetidos à quatro diferentes condições experimentais (C, TF, TF+V30 e TF+V50). Na condição TF os sujeitos realizaram uma sessão de treinamento de força convencional. Em outras duas, o mesmo TF foi combinado com o TV (TF+V). A outra condição serviu como controle (C). Cada condição experimental foi realizada em uma sessão diferente, separadas por um intervalo de pelo menos 72 horas. A ordem de aplicação das intervenções foi aleatorizada através do método dos quadrados latinos adaptado de Williams (KUEHL, 2000). A FIGURA 5 mostra a ordem dos eventos em uma sessão experimental. Ao chegarem ao laboratório, os sujeitos permaneceram em repouso por cinco minutos antes de serem preparados para a colocação dos eletrodos de estimulação e registro. Em seguida, realizavam os procedimentos de aquecimento e de avaliação pré-tratamento do desempenho no salto vertical e da excitabilidade das vias reflexas. Imediatamente após serem submetidos a uma das quatro condições experimentais, os sujeitos realizavam as avaliações pós-tratamento da excitabilidade das vias reflexas, seguidas da avaliação do desempenho no salto vertical.

FIGURA 5 - Ordem dos eventos em uma sessão experimental do primeiro experimento.

A mensuração do desempenho do salto vertical foi realizada com o propósito de comparar as demandas impostas pelas diferentes condições experimentais. A avaliação da excitabilidade reflexa foi realizada para analisar se eventuais melhoras no desempenho a longo prazo poderiam ser explicadas por modificações agudas temporárias na excitabilidade das vias reflexas. A inversão da ordem das avaliações do salto vertical e da excitabilidade reflexa após a intervenção foi feita para evitar que os eletrodos fossem removidos durante o salto.

4.1.3 Aquecimento

Como aquecimento, os sujeitos realizaram três minutos de exercícios de alongamento dos principais grupos musculares. Em seguida, realizaram duas séries de dez repetições do exercício agachamento livre, com carga equivalente a 30% da massa corporal. Os sujeitos descansavam por 60 segundos entre as duas séries do exercício.

4.1.4 Mensuração do desempenho do salto vertical

O desempenho do SV foi avaliado numa plataforma de força (AMTI®, OR6-700, Watertown, Massachusetts, USA). Os sujeitos recebiam orientação e

incentivo verbal para saltar o mais alto possível, mantendo as mãos apoiadas na cintura. A velocidade e a profundidade do agachamento preparatório para o salto foram auto-selecionadas. Foram realizados cinco saltos válidos em cada avaliação. Cada salto foi realizado no intervalo de 15 segundos (READ & CISAR, 2001). Para que um salto fosse considerado válido, o sujeito deveria estar com as articulações do quadril, joelhos e tornozelos completamente estendidos durante toda a fase aérea do salto. Na aterrissagem, a metade anterior da planta do pé deveria tocar o solo antes do calcanhar. Os dados da força de reação do solo do SV foram coletados na frequência de 5 kHz e armazenados em um computador pessoal. Os dados foram digitalmente suavizados usando um filtro *Butterworth* tipo passa-baixa de quarta ordem, com a frequência de corte de 200 Hz. A altura do SV foi calculada através do método do impulso. Esse método baseia-se na relação Impulso-Momento. O cálculo do impulso (I) gerado na fase concêntrica do salto foi feito através da integração da área correspondente sob a curva força-tempo. Uma vez conhecido o impulso (I), pode-se calcular a velocidade do centro de massa do sujeito no momento da decolagem (V_d) para o salto, através da fórmula: $I = MC (V_f - V_i)$, onde:

MC = massa corporal do sujeito

V_f = velocidade final (= V_d)

V_i = velocidade inicial (= 0)

Na seqüência, calculou-se a altura do salto (h) através de uma equação que descreve o movimento de projéteis: $h = V_f^2 / 2g$, onde:

g = aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$).

Além disso, foi calculado o deslocamento negativo do centro de massa corporal (DNCM), a fim de identificar possíveis efeitos das intervenções sobre a técnica do salto. O DNCM foi estimado através da técnica de integração dupla dos sinais provenientes da plataforma de força. Para o cálculo dessas duas variáveis, foi utilizado um programa desenvolvido no *Visual Basic*® (versão 6,0, *Microsoft*

corporation, Redmond WA). A análise dos dados foi feita através dos valores médios avaliados em cinco saltos.

4.1.5 Mensuração da excitabilidade das vias reflexas

A avaliação da excitabilidade das vias reflexas foi feita através dos reflexos H e T do músculo sóleo. Os reflexos foram avaliados com os sujeitos sentados em uma cadeira convencional. Nessa posição, as articulações do quadril, joelhos e tornozelos foram mantidas em torno de 90° de flexão. Faixas de velcro de cinco centímetros de espessura foram utilizadas para manter os membros inferiores estabilizados durante as avaliações. Ambos os reflexos foram avaliados na perna direita em todos os sujeitos. A avaliação dos reflexos H e T foram feitas de forma intercalada (FIGURA 6). Os sujeitos recebiam instrução para não girar a cabeça, não cerrar os dentes, e para adotar uma postura relaxada, mantendo os braços amparados sobre o apoio da cadeira. Também recebiam orientação de direcionar o olhar, durante todo o experimento, a um círculo preto, desenhado num cartaz fixado na parede à sua frente.

4.1.5.1 Geração da onda M e dos Reflexos H e T

A geração do reflexo H e da onda M no músculo sóleo foi feita através da aplicação de estímulos elétricos percutâneos, usando a configuração de estimulação unipolar. O catodo (-) (0,8 cm de diâmetro) foi posicionado na porção medial da fossa poplíteia, sobre o nervo tibial, e o anodo (+) (4,0 cm de diâmetro) sobre o tendão patelar, dois centímetros abaixo da patela. Os eletrodos de estimulação foram recobertos com fita adesiva e velcro para fixar e manter a pressão constante durante o experimento. A estimulação para obtenção do reflexo H e da onda M foi feita disparando-se pulsos retangulares com 1 ms de duração, usando um estimulador da marca NIHON CODEN® (Tóquio, Japão).

Inicialmente realizava-se o procedimento para obtenção da maior amplitude da onda M ($M_{\text{máx}}$) (FIGURA 6). Para isso, aplicavam-se estímulos de intensidade gradualmente progressiva até que a amplitude da onda M não aumentasse entre dois estímulos sucessivos. O traçado EMG em resposta às estimulações foi analisado em tempo real na tela de um osciloscópio. Para confirmação da $M_{\text{máx}}$, aplicavam-se cinco estímulos supramáximos em intervalos de 10 segundos. Em seguida, ajustava-se a intensidade do estímulo para se obter uma onda H com amplitude correspondente a 20 % da amplitude da $M_{\text{máx}}$ ($H_{20\%}$). Após isso, obtinha-se a maior resposta do reflexo T ($T_{\text{máx}}$). A avaliação do reflexo T foi realizada golpeando-se o tendão calcâneo com um martelo eletromecânico linear. Os golpes foram aplicados na linha média no terço medial entre a inserção do tendão no calcâneo e sua origem no músculo tríceps sural. A intensidade do golpe do martelo foi progressivamente aumentada até que fosse identificada a $T_{\text{máx}}$.

FIGURA 6 - Seqüência dos procedimentos para avaliação da excitabilidade

Uma vez conhecidas as intensidades dos estímulos para se obter $H_{20\%}$ e $T_{\text{máx}}$, os sujeitos passavam a receber esses dois estímulos de forma intercalada durante oito minutos. Em cada avaliação, os sujeitos receberam 24 estímulos elétricos ($H_{20\%}$) e 24 estímulos mecânicos ($T_{\text{máx}}$), na frequência de 0,1 Hz. Portanto, os estímulos da mesma natureza foram aplicados na frequência de 0,05 Hz.

Em seguida, e sem que fossem removidos os eletrodos, submetiam-se os sujeitos a uma das quatro condições experimentais. Após isso, os sujeitos eram imediatamente reposicionados na cadeira para a reavaliação de $H_{20\%}$ e $T_{\text{máx}}$. Antes de iniciar a reavaliação, averiguava-se se os eletrodos de estimulação e de registro estavam bem fixados, bem como o posicionamento do martelo eletromecânico, em relação ao tendão calcâneo. Durante a avaliação fazia-se a monitoração visual da amplitude onda M precedente de $H_{20\%}$.

4.1.5.2 Registro da onda M e dos Reflexos H e T

Para a captação da onda M e dos reflexos H e T do músculo sóleo, foram utilizados dois eletrodos de superfície, com 0,8 cm de diâmetro. Os eletrodos foram fixados sobre o músculo sóleo a 4 e 6 cm abaixo da união dos ventres dos músculos gastrocnêmios medial e lateral, na região posteromedial da perna (PALMIERI, INGERSOLL & HOFFMAN, 2004; VOERMAN, GREGORIC & HERMENS, 2005). A região de registro foi depilada e limpa com álcool. Para favorecer melhor contato com a pele, os eletrodos foram embebidos com gel eletrolítico e fixados com fitas adesivas. O eletrodo terra foi fixado na porção lateral da tíbia. Os dados foram coletados na frequência de 5 kHz. Para análise dos dados, foram calculadas as amplitudes pico-à-pico (p-p) das ondas $M_{\text{máx}}$, $H_{20\%}$ e $T_{\text{máx}}$. A determinação da amplitude p-p foi feita calculando-se a diferença em milivolts (mV) entre os picos positivo e negativo do sinal eletromiográfico (VOERMAN, GREGORIC & HERMENS, 2005).

4.1.6 Intervenções

As características das intervenções empregadas no primeiro experimento são apresentadas no QUADRO 1. Nas condições TF, TF+V30 e TF+V50, os sujeitos realizavam cinco séries de dez repetições (5 x 10 reps) do exercício agachamento livre dinâmico. Através de estudo piloto, verificou-se que a carga equivalente a 90% da massa corporal (MC) dos sujeitos permitia a execução completa das 5 x 10 reps, exigindo elevado grau de esforço. Por isso, essa carga foi utilizada em todas as condições experimentais em que os sujeitos realizavam o exercício agachamento. Intervalos de dois minutos foram observados entre as séries (WILLARDSON & BURKETT, 2006). Cada ciclo de movimento tinha duração de três segundos; um segundo para a fase concêntrica, dois para a fase excêntrica. Um relógio digital foi posicionado à frente dos sujeitos para que pudessem controlar o ritmo das execuções. Além disso, um avaliador foi encarregado de realizar a contagem em voz alta para que o sujeito pudesse manter maior concentração na execução do

exercício. Através da inspeção visual, cuidava-se para que a flexão dos joelhos durante a execução do agachamento atingisse aproximadamente 90° de amplitude.

QUADRO 1 - Características das quatro condições experimentais às quais todos os sujeitos foram submetidos.

TF+V30	TF+V50	TF	C
- 5 x 10 reps; 90 % MC; agachamento	- 5 x 10 reps; 90 % MC; agachamento	- 5 x 10 reps; 90 % MC; agachamento	- Repouso completo
- TV: 30 Hz, 2-4 mm	- TV: 50 Hz, 4-6 mm	- TV: 0 Hz, 0 mm	

MC= massa corporal

Nas intervenções TF+V30 e TF+V50, os sujeitos realizaram o exercício agachamento sobre uma plataforma vibratória (*PowerPlate*®, LLC, Culver City, Califórnia, EUA). Na intervenção TF+V30, os sujeitos se exercitavam com a plataforma vibrando na frequência de 30 Hz e amplitude de 2-4 mm. Na intervenção TF+V50, a plataforma vibrava na frequência de 50 Hz e amplitude de 4-6 mm. O tempo de exposição à vibração foi delimitado pela duração de cada série de dez repetições no exercício agachamento. Assim, o tempo aproximado de exposição à vibração por série foi de 30 segundos (10 repetições x 3 segundos) e o tempo total de exposição foi de 2,5 minutos (10 repetições x 3 segundos x 5 séries).

Na condição TF, os sujeitos realizaram o exercício agachamento sobre a plataforma vibratória desligada. Durante a condição C, os sujeitos permaneciam em pé por um tempo equivalente a execução das 5 x 10 reps no exercício agachamento nas condições TF, TF+V30 e TF+V50. Esses protocolos foram determinados com base nos resultados de um estudo que avaliou o efeito de diferentes protocolos de vibração sobre o pico de potência gerado no salto vertical com contramovimento (ADAMS, EDWARDS, SERVIETTE, BEDIENT, HUNTSMAN, JACOBS, DEL ROSSI, ROOS & SIGNORILE, 2009). Nesse estudo, as maiores elevações no pico de potência foram verificadas após os sujeitos realizarem protocolos que combinavam alta frequência de vibração com alta amplitude de deslocamento (50 Hz e 4-6 mm),

ou baixa frequência de vibração com baixa amplitude de deslocamento (30 Hz e 2-4 mm).

4.2 Segundo experimento

Nesse experimento foram avaliados os efeitos de um período de treinamento, (efeito crônico) combinando o TF com dois protocolos de vibração, sobre:

- a) a área de secção transversa do quadríceps femoral;
- b) o desempenho da força máxima dinâmica dos membros inferiores;
- c) o desempenho do salto vertical;
- d) a excitabilidade das vias reflexas.

4.2.1 Amostra

Vinte e nove sujeitos do sexo masculino concluíram o segundo experimento [$24,5 \pm 4,0$ anos (idade); $72,7 \pm 9,1$ Kg (massa corporal); $176,3 \pm 5,5$ cm (estatura)]. Para ser admitido no estudo o sujeito deveria ser classificado como fisicamente ativo (i.e., praticar algum tipo de exercício físico, pelo menos duas vezes por semana), não estar envolvido em nenhuma forma de treinamento de força para membros inferiores havia pelo menos doze meses, não ter sofrido nenhuma lesão musculoesquelética nos seis meses antecedentes, e não estar usando medicamentos estimulantes ou depressores do sistema nervoso central.

Os voluntários que atenderam estas exigências foram divididos aleatoriamente e de forma equilibrada nos grupos TF, TF+V30 e TF+V50, usando como critérios de balanceamento a ASTQ e a FMD. As características dos três grupos são apresentadas na TABELA . Todos assinaram um termo de consentimento informado declarando ter conhecimento dos riscos e benefícios inerentes aos procedimentos e que aceitavam participar voluntariamente dos experimentos (ANEXO II). O estudo foi aprovado pelo do comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

TABELA 1 - Características dos sujeitos componentes de cada grupo no início do segundo experimento.

	TF (n=9)	TF+V30 (n=10)	TF+V50 (n=10)
Idade (anos)	26,0 ± 4,5	23,6 ± 3,2	24,1 ± 3,9
Massa (Kg)	77,5 ± 9,5	73,9 ± 8,8	67,1 ± 6,2
Estatura (cm)	177,4 ± 5,3	176,4 ± 7,5	175,3 ± 3,3
1 RM (kg)	139,1 ± 21,4	140,4 ± 18,0	132,8 ± 14,5
ASTQ (mm ²)	8112,4 ± 333,7	8051,2 ± 791,8	7300 ± 688,7

Valores apresentados como média ± desvio padrão. TF = grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz; 1RM = força máxima dinâmica no exercício agachamento; ASTQ = área de secção transversa do quadríceps femoral.

4.2.2 Desenho experimental

O resumo do desenho experimental do segundo experimento pode ser visualizado na FIGURA 7. Todos os sujeitos foram submetidos às mensurações da excitabilidade das vias reflexas, da ASTQ, e dos desempenhos da FMD e do SV, antes e depois de um período de dez semanas de treinamento.

Antes do treinamento		Período de 10 semanas de treinamento		Após o treinamento	
Avaliações: - ASTQ - Excitabilidade reflexa - Salto vertical - FMD	Intervalo	5 semanas ↓	5 semanas ↓	Intervalo	Avaliações: - ASTQ - Excitabilidade reflexa - Salto vertical - FMD
		Programas de treinamento: TF TF+V30 TF+V50			

FIGURA 7 - Ordem dos eventos no segundo experimento. ASTQ = área de secção transversa do quadríceps; FMD = força máxima dinâmica; ↓ = coleta de lactato sanguíneo; TF = treinamento de força; TF+V30 = treinamento de força com vibração à 30 Hz; TF+V50 = treinamento de força com vibração à 50 Hz.

Para que não houvesse efeito de interferência, as avaliações da excitabilidade das vias reflexas e da ASTQ foram feitas antes das avaliações do SV e da FMD. A avaliação do SV precedeu a da FMD, dentro da mesma sessão. As sessões de avaliação aconteceram em intervalos médios de 72 horas.

O período de treinamento teve início 72 horas após os sujeitos realizarem a avaliação da FMD. Por um período de dez semanas, os três grupos realizaram duas sessões semanais de treinamento de força com orientação para o ganho de força e para o desenvolvimento de hipertrofia muscular dos membros inferiores. As sessões foram realizadas às segundas e quartas-feiras ou às terças e quintas-feiras.

Para identificar o grau de esforço imposto pelos diferentes programas de treinamento, a concentração de lactato sanguíneo em resposta à uma sessão de treinamento foi avaliada após a quinta e a décima semanas de treinamento.

As avaliações após o período de treinamento tiveram início 48 horas após a última sessão de treinamento. Da mesma forma que no período pré-treinamento,

as avaliações da ASTQ e da excitabilidade das vias reflexas foram feitas antes das avaliações do SV e da FMD.

4.2.3 Mensuração da área de secção transversa do quadríceps femoral

A mensuração da ASTQ foi realizada através de imagens por ressonância magnética (IRM), utilizando um aparelho de alto campo magnético de 1,5 Tesla com bobina de corpo (*Signa LX 9.1, GE Healthcare, Milwaukee, USA*).

Para aquisição das imagens, os sujeitos foram posicionados no aparelho de ressonância magnética em decúbito dorsal, com ambas as pernas estendidas. Dois avaliadores experientes cuidavam para corrigir o posicionamento das pernas e fixá-las com sacos de areia de forma que não fosse possível ao sujeito movimentá-las durante a avaliação.

Uma visualização inicial dos membros inferiores foi feita para determinar a distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral da tíbia em um ângulo de 0°. Esta imagem serviu de referência para a medida dos cortes proximal, medial e distal de ambas as coxas dos sujeitos. Cortes de imagens com 0,8 cm de espessura foram digitalizados para se obter a medida da ASTQ. A extensão do mapeamento foi marcada a cada 50 mm com um tempo de exposição de três segundos para aumentar a qualidade de resolução. A imagem e a escala associada foram então impressas sobre um padrão de transparência de imagem e transferidas para um computador. O corte foi segmentado em quatro componentes (músculo esquelético, tecido adiposo subcutâneo, osso e tecido residual). A ASTQ foi determinada pela subtração da área do osso e da gordura subcutânea usando planimetria computadorizada através de um software de análise de imagens (*Advantage Workstation 4.3, GE Healthcare, Milwaukee, WI, EUA*). Para análise dos dados, utilizou-se a média de três mensurações, realizadas no corte medial (determinado pelo ponto médio da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral da tíbia) do quadríceps femoral da perna dominante dos sujeitos, como medida da ASTQ. Foi estabelecido um coeficiente de variação inferior a 1% entre as medidas. As medidas da ASTQ foram feitas uma semana antes do período

de familiarização e 48 horas após o término da última sessão de treinamento. As imagens de ressonância magnética foram realizadas no laboratório Delboni Auriemo.

4.2.4 Mensuração da força máxima dinâmica de membros inferiores

A mensuração da FMD foi realizada através do teste de uma repetição máxima (1 RM) no exercício agachamento, usando o aparelho barra guiada. Para a realização do teste de 1 RM foram seguidas as orientações da Sociedade Americana de Fisiologistas do Exercício (BROWN & WEIR, 2001).

Após os sujeitos realizarem o aquecimento, determinava-se a maior carga suportada no exercício agachamento para realização de uma única repetição (1 RM). Em cada sessão de avaliação foram permitidas cinco tentativas. Entre as tentativas respeitavam-se intervalos de três minutos.

Todos os sujeitos realizaram quatro sessões de familiarização ao teste de 1 RM. A partir da quinta sessão de teste, caso a carga suportada no teste não excedesse em 5% a carga do teste precedente, o sujeito seria considerado familiarizado ao teste e a maior carga entre as duas sessões era considerada o valor máximo para 1 RM. Quando isso não acontecia, o sujeito deveria retornar para uma nova sessão de avaliação. Entre as sessões de familiarização os sujeitos descansavam por pelo menos 72 horas.

Na primeira sessão de avaliação, a carga externa inicial para o teste de 1 RM foi equivalente a massa corporal do avaliado. A partir da segunda sessão de avaliação, utilizou-se a maior carga suportada na sessão precedente. A magnitude dos incrementos de carga, de tentativa para tentativa, foi determinada de acordo com a percepção do avaliador. O menor incremento de carga realizado foi de 1,25 Kg. Para que a tentativa fosse considerada válida, os sujeitos deveriam executar um ciclo completo de movimento. O início e o final do ciclo de movimento se davam quando os sujeitos estavam com os joelhos em extensão completa. No ponto intermediário do ciclo de movimento os joelhos deveriam atingir 90° graus de flexão, antes de iniciar a fase de extensão. Um caixote de madeira com altura regulável foi posicionado atrás dos sujeitos para que tivessem referência do deslocamento vertical, e assim realizassem o agachamento na amplitude determinada. Fitas

adesivas foram coladas no chão servindo de orientação para o posicionamento dos pés. Isto garantiu que o posicionamento dos sujeitos fosse reproduzido entre as sessões de avaliação e de treinamento.

As sessões de teste de 1 RM foram acompanhadas por dois avaliadores experientes.

4.2.5 Mensuração do desempenho do salto vertical

No segundo experimento, a altura do SV foi avaliada através de uma plataforma resistiva conectada a um cronômetro digital (*Jump Test*[®], Belo Horizonte, Brasil). Os sujeitos recebiam orientação e incentivo verbal para saltar o mais alto possível, mantendo as mãos apoiadas na cintura. A velocidade e a profundidade do agachamento preparatório para o salto foram auto-selecionadas. Em todas as sessões de familiarização e mensuração do SV, após realizar o aquecimento, os sujeitos efetuavam dez saltos válidos, em intervalos de 15 segundos. Para que um salto fosse considerado válido o sujeito deveria estar com as articulações do quadril, joelhos e tornozelos completamente estendidos durante toda a fase aérea do salto. Na aterrissagem, a metade anterior do pé deveria tocar o solo antes do calcanhar.

Durante a familiarização, os sujeitos foram constantemente orientados a corrigir a técnica do salto. Os saltos realizados com técnica incorreta não foram computados. Os sujeitos foram considerados familiarizados ao SV quando o coeficiente de variabilidade (CV) entre a série de dez saltos não fosse maior que 3% em duas sessões consecutivas. Na avaliação antes do período de treinamento, a altura do SV foi obtida a partir da maior média de dez saltos, considerando as sessões com CV menor que 3%. Na avaliação após o período de treinamento a altura do salto foi calculada a partir da média de dez saltos realizados em uma única sessão.

4.2.6 Mensuração da concentração de lactato sangüíneo em resposta a uma sessão de treinamento

O indicativo de esforço demandado pelos programas TF, TF+V30 e TF+V50 foi avaliado por meio da concentração de lactato sangüíneo na segunda sessão de treinamento da 5ª e da 10ª semanas de treinamento (CAIRNS, 2006). Nessas sessões, os sujeitos realizaram três séries de 10-12 RM, com intervalos de dois minutos entre as séries. Após realizar a assepsia, perfurava-se o lóbulo da orelha com uma lanceta descartável para que, em seguida, fossem coletados 25 microlitros de sangue por meio de capilares de vidro heparinizados. O sangue coletado foi posteriormente analisado no lactímetro YSI 1500 (*Yellow Springs Instruments*®). As coletas foram realizadas antes da sessão de treinamento, imediatamente ao final da sessão e após três minutos.

4.2.7 Quantificação das cargas de treinamento

O volume de treinamento e a sobrecarga externa utilizada são duas variáveis que têm influência importante nas repostas agudas e crônicas promovidas pelo TF (ACSM, 2009; BIRD, TARPENNING & MARINO, 2005; KRAEMER & RATAMESS, 2005). A exposição a vibração produz um aumento imediato na excitabilidade muscular (EMG), que tem sido atribuído ao aumento no recrutamento e na freqüência de disparos das unidades motoras. Em razão disso, acredita-se que ao se exercitar sobre a plataforma vibratória o sujeito torna-se capaz de produzir maior nível de força, em comparação aquela produzida fora da plataforma (KVORNING et al., 2006). Se isso de fato ocorre, os grupos TF+V30 e TF+V50 deveriam suportar maiores sobrecargas externas ao longo do período de treinamento, o que poderia explicar eventuais benefícios adicionais em comparação aos proporcionados pelo TF.

Para testar essa hipótese, foram feitos os registros de todas as repetições realizadas (RR) e das cargas externas utilizadas (CE) em cada sessão de treinamento. Pode-se então calcular a carga de treinamento (CT) de cada sessão, multiplicando-se as RR pelas CE (ACSM, 2009; BIRD, TARPENNING & MARINO, 2005; MCBRIDE, MCCAULLEY, CORMIE, NUZZO, CAVILL & TRIPLETT, 2009).

Para análise dos dados foram calculadas as cargas de treinamento de cada etapa (CT_E) e a carga total de treinamento (CT_T). A CT_E foi calculada a partir das médias das repetições realizadas e das cargas levantadas em cada etapa (RR_E e CE_E , respectivamente). A CT_T foi calculada a partir das médias das repetições realizadas e das cargas levantadas durante as dez semanas de treinamento (RR_T e CE_T , respectivamente).

4.2.8 Mensuração da excitabilidade das vias reflexas

No segundo experimento, a avaliação da excitabilidade das vias reflexas foi feita através dos reflexos H e T do músculo sóleo. Ao chegarem ao laboratório os sujeitos permaneciam sentados por um período de 15 minutos. Em seguida, tinham a pele preparada para a colocação dos eletrodos de estimulação e registro, usando os mesmos procedimentos e cuidados observados no primeiro experimento. Após isso, deitavam-se numa maca, em decúbito ventral, para serem submetidos às avaliações dos reflexos H e T. Durante toda a avaliação, os sujeitos mantinham a testa apoiada sobre o dorso das mãos, que deveriam ser mantidas abertas e com os dedos descruzados. Os pés dos sujeitos eram mantidos afastados por uma distância de aproximadamente 15 cm entre os maléolos mediais. Os sujeitos eram posicionados de forma que seus pés ficassem para fora da maca e assim pudessem manter a articulação dos tornozelos numa posição neutra e a musculatura das pernas relaxada. Antes de iniciar os procedimentos, os sujeitos eram orientados a manterem-se relaxados, não fechar os olhos, não girar a cabeça, e não cerrar os dentes durante todo o procedimento.

A geração do reflexo H e da onda M no músculo sóleo foi feita através da aplicação de estímulos elétricos percutâneos, usando a configuração de estimulação unipolar. O catodo (-) (0,8 cm de diâmetro) foi posicionado na porção medial da fossa poplíteia, sobre o nervo tibial, e o anodo (+) (4,0 cm de diâmetro) sobre o tendão patelar, dois centímetros abaixo da patela. Para fixar e manter a pressão constante durante o experimento, os eletrodos de estimulação foram recobertos com fita adesiva e velcro. A estimulação para obtenção do reflexo H e da onda M foi feita disparando-se pulsos retangulares com 1 ms de duração, usando o estimulador

Neuro-EMG-micro (*Neurosoft*[®], *Ivanovo, Russia*), que também fez o registro dos sinais gerados.

Os procedimentos para avaliação das ondas H e M foram divididos em três fases. Na primeira, obtinha-se a curva de recrutamento para conhecimento das ondas $H_{\text{máx}}$ e $M_{\text{máx}}$. Para isso, aplicava-se um pulso inicial com intensidade de 5 mV, que tinha sua intensidade progressivamente aumentada em 1 mV na frequência de 0,1 Hz, até que fosse obtida $M_{\text{máx}}$. Após conhecidas $H_{\text{máx}}$ e $M_{\text{máx}}$ pela curva de recrutamento, realizava-se o procedimento para confirmação de ambas. A confirmação da $H_{\text{máx}}$ foi feita cinco minutos após a avaliação da curva de recrutamento. Para isso, os sujeitos recebiam dez estimulações, na frequência de 0,1 Hz, com a mesma intensidade do estímulo gerador da onda $H_{\text{máx}}$ na curva de recrutamento. A confirmação da $M_{\text{máx}}$ foi feita cinco minutos após a confirmação da $H_{\text{máx}}$. Para isso, os sujeitos recebiam dez estimulações, na frequência de 0,1 Hz, com intensidade 50 % maior que a intensidade do estímulo gerador da onda $M_{\text{máx}}$ na curva de recrutamento. Após isso, submetiam-se os sujeitos à avaliação do reflexo $T_{\text{máx}}$. O reflexo $T_{\text{máx}}$ foi obtido através do golpeamento do tendão calcâneo com um martelo eletromecânico (*Neurosoft*[®], *Ivanovo, Russia*). Os golpes foram aplicados na linha média no terço medial entre a inserção do tendão no calcâneo e sua origem no músculo tríceps sural. Para obtenção da $T_{\text{máx}}$, foram aplicados 15 golpes com intensidade progressiva. A onda de maior amplitude entre as 15 repostas geradas foi considerada a $T_{\text{máx}}$. Para análise dos dados foram calculadas a amplitude p-p das ondas $M_{\text{máx}}$, $H_{\text{máx}}$ e $T_{\text{máx}}$ e, a partir delas, as razões $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ e de $T_{\text{máx}}$.

4.2.8.1 Registro da onda M e dos Reflexos H e T

Para a captação da onda M e dos reflexos H e T do músculo sóleo, foram utilizados dois eletrodos de superfície, com 0,8 cm de diâmetro. Os eletrodos foram fixados sobre o músculo sóleo a 4 e 6 cm abaixo da união dos ventres dos músculos gastrocnêmio lateral e medial, na região postero-medial da perna (PALMIERI, INGERSOLL & HOFFMAN, 2004; VOERMAN, GREGORIC & HERMENS, 2005). A região de registro foi depilada e limpa com álcool. Para favorecer melhor contato com

a pele, os eletrodos foram embebidos com gel eletrolítico e fixados com fitas adesivas. O eletrodo terra foi fixado no maléolo lateral. Os reflexos foram coletados na frequência de 5 kHz.

4.3. Aquecimento

Ao início de toda sessão de avaliação (do SV e da FMD) ou de treinamento, os sujeitos realizavam aquecimento geral composto por corrida a 8,5-9,0 km/h em esteira ergométrica (*Movement, RT 250, Brudden*). Nas sessões de avaliação, o SV foi medido imediatamente após o aquecimento geral. Em seguida à mensuração do SV, os sujeitos realizavam duas séries do exercício agachamento na barra guiada (aparelho Smith), como aquecimento específico para a mensuração da FMD. Na primeira série realizavam cinco repetições com carga de 50% de 1 RM; na segunda, três repetições com 70% de 1 RM. Os sujeitos descansavam por 60 segundos entre as duas séries de aquecimento, e antes da mensuração da FMD. Nas sessões de treinamento, o aquecimento específico foi realizado imediatamente após o aquecimento geral.

4.4 Intervenções

Os grupos TF, TF+V30 e TF+V50 foram submetidos ao mesmo programa de treinamento de força (TABELA). O volume e a intensidade do programa variaram ao longo das dez semanas de treinamento. O conceito de repetições máximas (RM) foi usado para o ajuste das cargas, ou seja, a carga utilizada no exercício deveria ser máxima para o número de repetições estabelecido em cada etapa. Para isso, quando necessário, foram feitos ajustes de carga de série para série. Durante todo o programa, os sujeitos descansaram dois minutos entre as séries (WILLARDSON & BURKETT, 2006). O exercício utilizado no treinamento foi o agachamento na barra guiada. A amplitude de flexão dos joelhos durante a execução do agachamento foi de aproximadamente 90°. Um caixote de madeira com altura regulável foi posicionado atrás dos sujeitos para que tivessem uma referência do deslocamento vertical e assim realizassem o agachamento na amplitude determinada. Cada ciclo de

movimento teve duração aproximada de três segundos; um segundo para a fase concêntrica, dois para a fase excêntrica. Fitas adesivas foram coladas no chão para orientar o posicionamento dos pés. Isto garantiu que o posicionamento dos sujeitos fosse reproduzido entre as sessões de treinamento, e que a mesma posição fosse adotada nas sessões de teste da força máxima dinâmica.

TABELA 2 - Modelo de progressão do treinamento de força de dez semanas, com exercício agachamento no aparelho barra guiada.

Semanas	Séries	RM	Etapas
1	3	10-12	1
2	4	10-12	
3	4	10-12	
4	4	8-10	2
5	5	8-10	
6	5	8-10	
7	4	6-8	3
8	5	6-8	
9	5	6-8	
10	3	6-8	

RM = Repetições máximas

No treinamento dos grupos TF+V30 e TF+V50 o exercício agachamento foi realizado sobre uma plataforma vibratória (*Fitvibe® 600, Gmna Uniphy*), enquanto o grupo TF realizou o agachamento fora da plataforma. Todo o treinamento do grupo TF+V30 foi realizado com a plataforma funcionando na frequência de 30 Hz e amplitude de 2-4 mm. Para o treinamento do grupo TF+V50, a plataforma funcionava na frequência de 50 Hz e amplitude de 4-6 mm. Os sujeitos treinavam descalços para facilitar a dissipação da vibração ao longo do corpo. A duração da exposição à vibração foi determinada pela duração das séries do treinamento de força e, portanto,

variou ao longo do período de treinamento, conforme o número de repetições estabelecidas em cada fase.

4.5 Análise estatística

Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio-padrão.

Todas as variáveis avaliadas no primeiro e no segundo experimentos tiveram a hipótese de normalidade testada através do procedimento de Kolmogorov-Smirnov, usando o pacote estatístico *Minitab 15*[®].

No primeiro experimento, os efeitos das condições experimentais sobre a altura do salto vertical e sobre o deslocamento negativo do centro de massa corporal foram analisados através de modelos mistos lineares, tendo condição (quatro níveis) e tempo (dois níveis) como fatores fixos, e sujeitos como fatores aleatórios. Os efeitos das condições experimentais sobre a amplitude p-p de $H_{20\%}$ e de $T_{\text{máx}}$ foram analisados com modelos mistos lineares, tendo condição (quatro níveis) e momento (nove níveis) como fatores fixos, e sujeitos como fatores aleatórios.

No segundo experimento, para verificar se a divisão dos grupos foi balanceada adequadamente, a ASTQ e a FMD dos grupos TF, TF+V30 e TF+V50 foram comparadas através de ANOVA para um fator, usando o pacote estatístico *Minitab*[®].

As comparações da carga externa, do número de repetições realizadas e da carga de treinamento em cada etapa, foram realizadas através de modelos mistos lineares, tendo grupo (três níveis) e etapa (três níveis) como fatores fixos, e sujeitos como fatores aleatórios. As comparações entre grupos da carga externa total, do número total de repetições realizadas, e da carga total de treinamento foram realizadas através de ANOVA para um fator.

O efeito de uma única sessão de treinamento sobre a concentração de lactato sanguíneo foi analisado através de modelos mistos lineares, tendo grupo (três níveis), tempo (três níveis) e momento (dois níveis) como fatores fixos, e sujeitos como fatores aleatórios.

Os efeitos do treinamento sobre as variáveis altura do SV, DNCM, FMD, ASTQ, $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ e $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$, foram avaliados através de modelos mistos lineares,

tendo treinamento (três níveis) e tempo (dois níveis) como fatores fixos, e sujeitos como fatores aleatórios.

Todas as análises através de modelos mistos lineares foram realizadas usando o pacote estatístico SAS[®]. Quando encontrados valores de F significantes, foi utilizado o teste de comparações múltiplas com ajustes de *Tukey*. O nível de significância adotado para todas as comparações foi de $p \leq 0,05$.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados do primeiro experimento

5.1.1 Desempenho do salto vertical

Não foram verificadas diferenças significantes na altura do SV ou no deslocamento negativo do centro de massa corporal (DNCM) entres as avaliações realizadas antes das sessões experimentais ($p > 0,05$) (TABELA 3). Foram verificadas diminuições significantes na altura do SV e DNCM, entre as avaliações antes e depois das sessões, em todas as condições experimentais ($p < 0,001$), exceto no DNCM para TF+V50 ($p = 0,075$). Contudo, não foram verificadas diferenças significantes entre grupos para ambas as variáveis ($p > 0,05$).

TABELA 3 - Efeito de uma sessão de treinamento sobre o desempenho do salto vertical.

Variável	Condição	Momento da avaliação		Dif %	Valor de p
		Antes	Depois		
Altura do salto	C	32,8±2,4	28,9±2,6	-11,8	<0,001
	TF	32,4±2,1	30,3±2,0	-6,6	<0,001
	TF+V30	33,1±3,0	30,6±2,4	-7,7	<0,001
	TF+V50	32,4±2,6	30,0±2,8	-7,4	<0,001
DNCM	C	33,1±5,4	30,4±5,4	-8,1	0,004
	TF	32,2±5,6	30,1±5,6	-6,4	0,018
	TF+V30	33,2±5,6	30,8±5,6	-7,3	0,006
	TF+V50	32,6±5,6	30,8±5,6	-5,4	0,075

Média ± DP das quatro condições experimentais, expressos em centímetros. DNCN = deslocamento negativo do centro de massa corporal; C = controle; TF= treinamento de força; TF+V30 = treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = treinamento de força com vibração a 50 Hz. Dif % = diferença percentual entre avaliações antes e depois ($p \leq 0,05$).

5.1.2 Excitabilidade das vias reflexas: Reflexos $H_{20\%}$ e $T_{máx}$

A amplitude p-p da onda M precedente a $H_{20\%}$ se manteve constante em todas as condições experimentais ($p > 0,05$). Não foram verificadas diferenças significantes na amplitude p-p das ondas $H_{20\%}$ avaliadas antes dos sujeitos serem submetidos às condições experimentais C, TF, TF+V30 e TF+V50 ($p > 0,05$). A realização das condições C, TF, TF+V30 e TF+V50 não produziu alterações

significantes na amplitude p-p de $H_{20\%}$, em nenhum dos tempos testados ($p>0,05$) (TABELA 4).

Não foram verificadas diferenças significantes na amplitude p-p das ondas $T_{\text{máx}}$ avaliadas antes dos sujeitos serem submetidos às condições experimentais C, TF, TF+V30 e TF+V50 ($p>0,05$). Foram observadas diminuições significantes na amplitude p-p das ondas $T_{\text{máx}}$, nas condições TF (7,4%, $p<0,01$) e TF+V50 (11,1%, $p<0,001$), avaliadas no primeiro minuto, em comparação ao período antes da intervenção. Na condição TF+V30, a redução da amplitude p-p observada no primeiro minuto (6,4%, $p=0,067$) não atingiu significância estatística (TABELA 4). Contudo, no segundo minuto após a intervenção a amplitude p-p retornou aos níveis pré-intervenção, em todas as condições ($p>0,05$). Não foram observadas diferenças significantes na amplitude p-p entre condições.

TABELA 4 - Efeito da exposição às quatro condições experimentais sobre as amplitudes pico-à-pico dos reflexos $H_{20\%}$ e $T_{\text{máx}}$.

Cond	Var	Antes	Momento (minutos)							
			1	2	3	4	5	6	7	8
C	$H_{20\%}$	1,73±0,7	1,47±0,7	1,71±0,8	1,76±0,8	1,68±0,7	1,63±0,7	1,68±0,8	1,69±0,7	1,73±0,8
	$T_{\text{máx}}$	5,88±1,8	5,69±1,8	5,64±1,8	5,66±1,7	5,77±1,7	5,70±1,8	5,78±1,7	5,83±1,7	5,76±1,7
TF	$H_{20\%}$	1,57±0,7	1,58±0,9	1,65±0,8	1,63±0,9	1,64±0,8	1,72±0,9	1,63±0,8	1,68±0,8	1,69±0,8
	$T_{\text{máx}}$	6,47±1,6	5,99±1,6*	6,24±1,4	6,30±1,4	6,31±1,4	6,34±1,4	6,34±1,4	6,36±1,4	6,36±1,4
TF+V30	$H_{20\%}$	1,76±0,8	1,81±0,9	1,82±1,0	1,82±0,9	1,90±0,9	1,84±0,9	1,86±0,9	1,87±0,9	1,82±0,9
	$T_{\text{máx}}$	5,76±1,4	5,39±1,1	5,52±1,2	5,59±1,3	5,61±1,3	5,63±1,3	5,65±1,3	5,74±1,3	5,74±1,4
TF+V50	$H_{20\%}$	1,45±0,7	1,68±0,8	1,70±0,8	1,63±0,7	1,66±0,7	1,60±0,7	1,53±0,7	1,64±0,7	1,52±0,7
	$T_{\text{máx}}$	5,57±1,1	4,95±1,6*	5,15±1,5	5,35±1,4	5,42±1,4	5,45±1,4	5,48±1,4	5,50±1,4	5,58±1,4

Média ± DP das quatro condições experimentais, expressos em milivolts. Cond = condições experimentais; C = controle; TF= treinamento de força; TF+V30 = treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = treinamento de força com vibração a 50 Hz; Var = variável analisada. $H_{20\%}$ = onda H com amplitude de 20% da $M_{\text{máx}}$; $T_{\text{máx}}$ = onda de maior amplitude do reflexo tendíneo. * = diferente de Antes na mesma condição ($p \leq 0,05$).

5.2 Resultados do segundo experimento

ANOVA para um fator não mostrou diferenças significantes entre a ASTQ e a FMD entre os grupos, mostrando que a divisão dos grupos foi balanceada adequadamente ($p > 0,05$).

5.2.1 Área de secção transversa do quadríceps femoral

Não foram verificadas diferenças significantes entre grupos na ASTQ avaliada antes de os sujeitos serem submetidos ao período de treinamento ($p > 0,05$). Houve aumento da ASTQ de 9,8% ($p < 0,001$), 11,7% ($p < 0,001$) e 12,9% ($p < 0,001$),

para os grupos TF, TF+V30 e TF+V50, respectivamente, em relação ao período pré-treinamento. Não houve diferença significativa no aumento da ASTQ entre os grupos ($p>0,05$) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre a ASTQ. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz. * = diferente de antes do período de treinamento ($p\leq0,05$).

5.2.2 Força máxima dinâmica

Não foram verificadas diferenças significantes entre grupos na FMD avaliada antes de os sujeitos serem submetidos ao período de treinamento ($p>0,05$). Houve aumento da FMD de 16,9% ($p<0,001$), 15,2% ($p<0,001$) e 16,6% ($p<0,001$), para os grupos TF, TF+V30 e TF+V50, respectivamente, em relação ao período pré-treinamento. Não houve diferença significativa na melhora do desempenho entre os grupos ($p>0,05$) (FIGURA 9).

FIGURA 9 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre o desempenho da força máxima dinâmica de membros inferiores. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz. * = diferente de antes do período de treinamento ($p \leq 0,05$).

5.2.3 Salto vertical

Não foram verificadas diferenças significantes entre grupos na altura do SV avaliada antes de os sujeitos serem submetidos ao período de treinamento ($p > 0,05$). Houve aumento na altura do SV de 6,04% ($p = 0,021$), 7,23% ($p = 0,001$) e 6,0% ($p = 0,007$), para os grupos TF, TF+V30 e TF+V50, respectivamente, em relação ao período pré-treinamento. Não houve diferenças significantes na melhora do desempenho entre os grupos ($p > 0,05$) (FIGURA 10).

FIGURA 10 - Efeito de dez semanas de treinamento sobre a altura do salto vertical.
TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força
com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com
vibração a 50 Hz. * = diferente de antes do período de treinamento
($p \leq 0,05$).

5.2.4 Concentração de lactato sangüíneo

Não foram verificadas diferenças significantes entre grupos na concentração de lactato sangüíneo ([La]) avaliada antes da sessão, tanto na avaliação realizada após 5 semanas de treinamento como na realizada após 10 semanas de treinamento ($p > 0,05$) (TABELA). Os três grupos tiveram a [La] elevada nas avaliações imediatamente e 3 minutos depois de realizarem a sessão de treinamento, após 5 e 10 semanas de treinamento ($p < 0,01$). Para os três grupos, a elevação na [La] foi maior na avaliação aos 3 minutos em relação a realizada imediatamente, após 5 e 10 semanas de treinamento ($p < 0,05$). A única diferença significativa na elevação da [La] entre grupos ocorreu na avaliação realizada após 5 semanas, no momento 3' depois, entre os grupos TF e TF+V30 ($p = 0,044$). Não foram observadas diferenças significantes nas elevações da [La], avaliadas após semanas 5 e 10 semanas.

TABELA 5 - Alterações na concentração de lactato sanguíneo durante uma sessão de treinamento, após cinco e dez semanas de treinamento.

Momento	Grupos	Tempo da avaliação		
		Antes da sessão	Imediatamente depois	3' depois
Após 5 semanas	TF	0,77 ± 0,14	8,19 ± 0,74 *	9,76 ± 1,22 Ʀ#
	TF+V30	0,85 ± 0,14	9,84 ± 0,85 *	11,42 ± 0,88 Ʀ
	TF+V50	0,82 ± 0,13	9,32 ± 1,62 *	10,76 ± 2,08 Ʀ
Após 10 semanas	TF	0,87 ± 0,14	8,34 ± 0,79 *	10,24 ± 1,04 Ʀ
	TF+V30	0,84 ± 0,13	9,06 ± 1,21 *	11,05 ± 1,54 Ʀ
	TF+V50	0,90 ± 0,16	9,63 ± 1,51 *	11,77 ± 1,43 Ʀ

Média ± desvio padrão dos três grupos, expressos em milimol/Litro. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz. * = diferente de antes da sessão; Ʀ diferente de antes da sessão e de imediatamente depois; # diferente de TF+V30 3' depois, na avaliação após 5 semanas ($p \leq 0,05$).

5.2.5 Quantificação das cargas de treinamento

5.2.5.1 Repetições realizadas

Os três grupos diminuíram o número de repetições realizadas (RR_E) da etapa 1 (10-12 RM) para a etapa 2 (8-10 RM), e da etapa 2 (8-10 RM) para a etapa 3 (6-8 RM) ($p < 0,05$) (FIGURA 11). Não houve diferença significativa entre grupos na diminuição no RR_E , de etapa para etapa ($p > 0,05$). Na etapa 1 (10-12 RM), o grupo TF+V50 realizou 8,3% menos repetições que o grupo TF ($p = 0,01$).

O número total de repetições realizadas nas dez semanas de treinamento (RR_T) pelo grupo TF+V50 foi 4,9% menor que o realizado pelo grupo TF ($p = 0,01$) (FIGURA 12).

FIGURA 11 - Número de repetições realizadas nas diferentes etapas de treinamento.
TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força
com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com
vibração a 50 Hz. * = diferente de TF+V50 na mesma etapa; † =
diferente da etapa anterior; †† = diferente das duas etapas anteriores
($p \leq 0,05$).

FIGURA 12 - Número total de repetições realizadas nas dez semanas de treinamento.
TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força
com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com
vibração a 50 Hz. * = diferente do TF+V50 ($p \leq 0,05$).

5.2.5.2 Carga externa levantada

Os três grupos aumentaram a quantidade de carga externa levantada (CE_E) da etapa 1 (10-12 RM) para a etapa 2 (8-10 RM), e da etapa 2 (8-10 RM) para a etapa 3 (6-8 RM) ($p < 0,05$) (FIGURA 13). Não houve diferença significativa entre os grupos no aumento da CE levantada de etapa para etapa ($p > 0,05$). Na etapa 1 (10-12 RM), a carga externa levantada pelo o grupo TF foi 18,5% ($p = 0,08$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30 e 22,5% ($p = 0,01$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50. Na etapa 2 (8-10 RM) a CE levantada pelo o grupo TF foi 18,6% ($p = 0,02$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30 e 23,5% ($p = 0,001$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50. Na etapa 3 (6-8 RM), a CE levantada pelo o grupo TF foi 11,1% maior ($p = 0,36$) que a levantada pelo grupo TF+V30 e 17,8% ($p = 0,01$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50 (FIGURA 13).

A carga externa total levantada (CE_T) nas dez semanas de treinamento pelo grupo TF foi 15,7% ($p=0,01$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30, e 21,1% ($p=0,001$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50 (FIGURA 14).

FIGURA 13 - Carga externa levantada nas diferentes etapas de treinamento. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz. * = diferente de TF+V50 na mesma etapa; ** = diferente de TF+V30 e TF+V50 na mesma etapa; † = diferente da etapa anterior; †† = diferente das duas etapas anteriores ($p \leq 0,05$).

FIGURA 14 - Carga externa total levantada nas dez semanas de treinamento. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz; ** diferente de TF+V30 e TF+V50 ($p \leq 0,05$).

5.2.5.3 Carga de treinamento

Não houve modificação significativa na carga de treinamento (CT) da etapa 1 (10-12 RM) para a etapa 2 (8-10 RM) ($p > 0,05$), para nenhum dos grupos (FIGURA 15). A CT teve redução significativa de 14,6% ($p < 0,001$) e 6,5% ($p = 0,01$), para os grupos TF e TF+V30, respectivamente, da etapa 2 (8-10 RM) para a etapa 3 (6-8 RM). Enquanto que a redução 5,8% para o grupo TF+V50 apresentou apenas uma tendência ($p = 0,077$), para as mesmas etapas. O grupo TF teve diminuição de 18,8% ($p < 0,001$) na CT, da etapa 1 (10-12 RM) para a etapa 3 (6-8 RM).

Na etapa 1 (10-12 RM), a CT do grupo TF foi 22,3% ($p = 0,024$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30 e 28,6% ($p = 0,0001$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50. Na etapa 2 (8-10 RM) a CT levantada pelo o grupo TF foi 18,8% ($p = 0,027$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30 e 26,1% ($p = 0,001$) maior que a levantada pelo grupo TF+V50. Na etapa 3 (6-8 RM), a CT levantada pelo o grupo TF foi 11,2%

($p=0,45$) maior que a levantada pelo grupo TF+V30 e 18,5% maior que a levantada pelo grupo TF+V50 ($p=0,025$).

A carga total de treinamento (CT_T) nas dez semanas de treinamento do grupo TF foi 17,8% ($p=0,008$) maior que a do TF+V30, e 24,8% ($p=0,0004$) maior que a do grupo TF+V50. A CT_T dos grupos TF+V30 e TF+V50 não foram diferentes entre si ($p=0,4$) (FIGURA 16).

FIGURA 15 - Carga de treinamento nas diferentes etapas de treinamento. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz. * = diferente de TF+V50 na mesma etapa; ** diferente de TF+V30 e TF+V50 na mesma etapa; † = diferente da etapa anterior; †† = diferente das duas etapas anteriores ($p \leq 0,05$).

FIGURA 16 - Carga total de treinamento levantada nas dez semanas de treinamento.
TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força
com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com
vibração a 50 Hz; ** diferente de TF+V30 e TF+V50 ($p \leq 0,05$).

5.2.6 Excitabilidade das vias reflexas

Não foram verificadas diferenças significantes na amplitude p-p de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ entre os grupos TF, TF+V30 e TF+V50, antes do período de treinamento. O período de treinamento de dez semanas não provocou nenhuma alteração significante na amplitude p-p de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em nenhum dos grupos.

Não foram verificadas diferenças significantes na amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ entre os grupos TF, TF+V30 e TF+V30, antes do período de treinamento (TABELA). O período de treinamento de dez semanas não provocou nenhuma alteração significante na amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em nenhum dos grupos. Contudo, foi verificado efeito principal de tempo na amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$. Após o período de treinamento houve uma diminuição de 48,9% na amplitude p-p onda $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ (FIGURA 17).

TABELA 6 - Efeito do período de dez semanas de treinamento sobre a excitabilidade neural periférica.

Variável	Grupo	Momento da Avaliação	
		Antes	Depois
$H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$	TF	$0,50 \pm 0,21$	$0,64 \pm 0,67$
	TF+V30	$0,49 \pm 0,21$	$0,41 \pm 0,25$
	TF+V50	$0,47 \pm 0,28$	$0,40 \pm 0,28$
$T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$	TF	$0,33 \pm 0,18$	$0,23 \pm 0,12$
	TF+V30	$0,34 \pm 0,11$	$0,21 \pm 0,09$
	TF+V50	$0,32 \pm 0,16$	$0,23 \pm 0,12$

Média $\pm$ DP dos três grupos, expressos em milivolts. TF= grupo treinamento de força; TF+V30 = grupo treinamento de força com vibração a 30 Hz; TF+V50 = grupo treinamento de força com vibração a 50 Hz ($p \leq 0,05$).

FIGURA 17 - Efeito principal do fator tempo sobre $T_{máx}/H_{máx}$ após o período de dez semanas de treinamento. * diferente de antes do período de treinamento ($p < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

Primeiro Experimento

Nesse experimento testamos efeito de uma sessão de TF+V sobre o desempenho do SV e sobre a excitabilidade das vias reflexas. Isso foi realizado para verificar se os ajustes imediatos ao TF+V são coerentes com as possíveis adaptações crônicas promovidas pelo treinamento de dez semanas com esse método, avaliadas no segundo experimento.

Foram observadas diminuições significantes na altura do SV após a realização de todas as condições experimentais (C, TF, TF+V30 e TF+V50) (TABELA 3). O DNCM também diminuiu em todos os grupos, mas não alcançou significância estatística no grupo TF+V50 ($p=0,075$). Não foram encontradas diferenças significantes entre grupos para ambas as variáveis. Portanto, a realização do TF+V não provocou qualquer efeito imediato no desempenho do SV que não teria sido

produzido pela realização do TF isolado. Esse efeito parece não depender da inclusão da vibração ou da frequência de vibração utilizada.

A altura do salto vertical é determinada pela força e pela coordenação intermuscular (BOBBERT & VAN SOEST, 1994). Assim, seria lógico considerar que a diminuição da altura do SV em nosso estudo poderia ter sido causada pela diminuição da força muscular, ou pela perturbação da coordenação, ou ainda, pela ocorrência de ambas. Acreditamos que a diminuição da altura do SV não foi decorrente da diminuição da força muscular. A primeira evidência disso é que a altura do SV também diminuiu quando os sujeitos realizaram a condição controle em que não foram submetidos a nenhum exercício, mas somente as avaliações da excitabilidade; portanto, não se pode admitir que estivessem fadigados. A segunda evidência é a diminuição do DNCM, em todas as condições (não significante apenas para TF+V50), em paralelo a diminuição da altura do SV. Isso nos sugere que os sujeitos não diminuíram a altura do salto porque estavam com a capacidade de produzir força diminuída, mas porque produziram menor impulso, uma vez que diminuíram o tempo de aplicação de força ao diminuir o DNCM. Ainda poder-se-ia especular que a altura do SV foi diminuída pela perturbação do controle motor, usando como evidência a diminuição do DNCM, mas descartamos essa hipótese. No estudo de RODACKI, FOWLER & BENNETT (2002) a diminuição da altura do SV em decorrência da fadiga induzida, não produziu modificação no DNCM. Em nossa opinião, as prováveis causas da diminuição da altura do SV foram as repetidas estimulações elétricas e mecânicas aplicadas em todas as condições, para as avaliações dos reflexos H e T, uma vez que essa foi a única atividade realizada pelo grupo controle. Uma explicação para isso seria que as estimulações teriam perturbado a detecção da direção do movimento dos sujeitos, devido a ativação de terminações de dor localizados no músculo e sob a pele. Em consequência, os sujeitos realizavam um menor DNCM e, por isso, produziam menor impulso. Recentemente, WEERAKKODY, BLOUIN, TAYLOR & GANDEVIA (2008) mostraram que a dor causada no músculo ou na pele pode prejudicar a propriocepção, e que essa diminuição é específica ao local da dor e envolve regiões e tecidos que provavelmente têm um papel proprioceptivo naquela articulação. Em nosso estudo, as estimulações elétricas e mecânicas foram aplicadas na fossa poplíteia e no tendão

calcâneo, regiões muito próximas das articulações do joelho e tornozelo, respectivamente, que têm papel importante no desempenho do SV (VAN SOEST, SCHWAB, BOBBERT & VAN INGEN SCHENAU, 1993; VANEZIS & LEES, 2005).

Em relação às mensurações da excitabilidade das vias reflexas, não foi encontrada qualquer modificação significativa na amplitude p-p de $H_{20\%}$ em nenhuma das condições testadas (TABELA 4). Por outro lado, a amplitude p-p de $T_{m\acute{a}x}$ sofreu redução no primeiro minuto após a realização das condições TF (-7,4%, $p<0,01$), TF+V30 (-6,4%, $p=0,067$) e TF+V50 (-11,1%, $p<0,001$), que voltaram aos seus níveis de repouso no minuto seguinte. Os resultados do reflexo $H_{20\%}$ sugerem que o TF e o TF+V não produziram qualquer alteração imediata na excitabilidade do arco reflexo. No entanto, a diminuição do $T_{m\acute{a}x}$ indica que o TF alterou temporariamente a sensibilidade dos fusos musculares, mas esse efeito não foi ampliado pelo TF+V. Não encontramos nenhum estudo que tenha investigado o efeito de uma sessão de TF sobre a amplitude do reflexo H. Um estudo, em que contrações voluntárias submáximas (50% CVM) dos flexores plantares foram realizadas até a fadiga, verificou diminuição do reflexo H durante os cinco minutos subseqüentes ao término do exercício (KLASS, GUISSARD & DUCHATEAU, 2004). Da mesma forma, nenhum estudo testou o efeito do TF+V sobre o reflexo H. No estudo de ARMSTRONG et al. (2008), um grupo de sujeitos teve avaliado o reflexo H após permanecerem por 60 segundos em posição de agachamento isométrico sobre a plataforma vibratória (40 Hz, 2-4 mm). Interessantemente, o TV provocou diferentes efeitos na amplitude do reflexo H. Todos os sujeitos ($n=19$) tiveram supressão significativa na amplitude do reflexo no primeiro minuto após o TV. Em seguida a isso, a recuperação aos níveis normais aconteceu em três grupos, enquanto num quarto grupo o reflexo ficou suprimido durante os trinta minutos de duração do experimento. Em um dos grupos que teve recuperação, a amplitude do reflexo H se elevou além dos níveis normais nos minutos seguintes. Esses resultados sugerem que a resposta do reflexo H depende da característica do exercício que precede sua avaliação, mas que também varia ao longo do tempo e de sujeito para sujeito. Se em nosso experimento o exercício fosse mais extenuante, talvez verificássemos uma redução do reflexo $H_{20\%}$ nos minutos seguintes.

Da mesma maneira, nenhum estudo investigou o efeito de uma sessão de TF sobre o reflexo T. HORTOBAGYI, HOUMARD, FRASER, DUDEK, LAMBERT & TRACY (1998) verificaram aumento de 15% na amplitude do reflexo $T_{\text{máx}}$ patelar após um protocolo de 10 x 10 reps de ações excêntricas na cadeira extensora, com 80% de 1RM. Por outro lado, no estudo de KLASS, GUISSARD & DUCHATEAU (2004), em que a fadiga foi induzida por ações voluntárias submáximas concêntricas (50% CVIM) dos flexores plantares, verificou-se a redução da amplitude do reflexo T, sugerindo que a resposta desse reflexo depende da característica da ação muscular utilizada no exercício. Por sua vez, os efeitos do TV sobre o reflexo T foram investigados em dois estudos. HOPKINS et al. (2008) não verificaram alteração na amplitude do reflexo T patelar após os sujeitos realizarem um protocolo de TV (26 Hz), enquanto sustentavam o peso do corpo em posição de agachamento isométrico. Por outro lado, RITTWEGER, MUTSCHELKNAUSS & FELSENBURG (2003) verificaram aumento do reflexo T patelar dez segundos após os sujeitos realizarem uma série de agachamento dinâmico até a fadiga sobre uma plataforma de vibração (26 Hz, 6 mm). Em razão das diferenças nos protocolos de exercícios utilizados, não é possível uma comparação adequada dos estudos mencionados anteriormente com os nossos resultados. Contudo, esses estudos sugerem que o exercício realizado até a fadiga causa supressão do reflexo H. Especulamos que em nosso estudo o mesmo efeito não foi verificado porque os exercícios (TF ou TF+V) não causaram níveis suficientes de fadiga. Em relação ao reflexo T, nossos dados estão em conformidade com o estudo de KLASS et al. (2004), que verificou uma depressão do reflexo T, mas são contrários ao aumento da amplitude do reflexo T observado no estudo de HORTOBAGYI et al. (1998) que usaram um protocolo de ações excêntricas para induzir fadiga.

O presente estudo mostra que uma sessão de TF com ou sem vibração (TF ou TF+V) não causa alteração significativa na excitabilidade do arco reflexo, por outro lado provoca a diminuição da sensibilidade dos fusos musculares, que pode ser explicada pela redução da atividade do sistema gama. Uma vez que a redução foi semelhante entre os grupos, o efeito inibitório deve ser atribuído a carga do treinamento de força (5 x 10 reps, no agachamento), já que essa era comum nas três condições. Portanto, nossos dados indicam que a inclusão da vibração ao TF não

causou alteração na excitabilidade do arco reflexo ou na sensibilidade dos fusos musculares, além da que ocorreria com a realização isolada do TF.

É importante lembrar, que existem limitações na extrapolação dos resultados observados no primeiro experimento para entender o que aconteceu nas sessões de treinamento ao longo das dez semanas (segundo experimento). Primeiro, porque a carga de treinamento foi igual entre as três condições no primeiro experimento, enquanto no segundo experimento, os grupos TF+V não suportavam a mesma carga que o grupo TF (discussão no próximo item). Segundo, porque essas respostas podem ter sido modificadas ao longo do período de treinamento. Assim, um efeito imediato observado numa sessão no início do programa, talvez fosse modificado na avaliação ao final do programa.

Segundo Experimento

Nesse experimento avaliamos os efeitos de combinar dois diferentes protocolos de vibração com um programa de treinamento de força (TF, TF+V30 e TF+V50) sobre o desenvolvimento da hipertrofia de membros inferiores, e sobre os desempenhos da FMD e do SV. Além disso, investigamos se os benefícios proporcionados pelo TF+V são acompanhados por alterações crônicas na excitabilidade das vias reflexas.

O treinamento de dez semanas promoveu melhoras nos três grupos nas três variáveis de desempenho testadas. Contudo, essas melhoras foram equivalentes entre grupos. Portanto, esses resultados contrariam a hipótese de que realizar o treinamento de força sobre a plataforma de vibração (TF+V) promoveria benefícios adicionais aos conseguidos pelo TF isolado. Além disso, não foi verificada diferença significativa entre grupos nas avaliações da excitabilidade das vias reflexas, o que sugere que as melhoras mensuradas não tiveram como principal mecanismo adaptações na excitabilidade neural.

Dois estudos haviam testado o efeito do TF+V sobre variáveis de desempenho. Em concordância com nossos resultados, RONNESTAD (2004) não encontrou ganhos adicionais significantes na altura do SV, e apenas uma tendência em maior ganho na FMD avaliada no exercício agachamento, em comparação ao

grupo que fez o TF sem vibração. Da mesma maneira, KVORNING et al. (2006) não verificaram qualquer melhora adicional na altura do SV e na força isométrica máxima depois de um período de treinamento de nove semanas, em que os sujeitos realizaram um programa de TF de 6 x 8 repetições, sobre a plataforma vibratória. Nosso estudo é o primeiro a testar o efeito do TF+V sobre desenvolvimento de hipertrofia. Os resultados mostram que os grupos TF+V30 e TF+V50 tiveram maior aumento percentual na ASTQ em relação ao grupo TF (+1,9% e +3,1%, respectivamente), mas essas diferenças não foram significantes (FIGURA 8).

A estratégia de incorporar o TV ao TF se baseia na premissa do aproveitamento do aumento da excitabilidade pelo RTV. Acredita-se que realizar o TF sobre a plataforma vibratória possibilitaria aos sujeitos utilizarem maiores sobrecargas, o que a longo prazo seria traduzido em maiores ganhos de desempenho e hipertrofia (KVORNING et al., 2006; RONNESTAD, 2004). Contrariando essa hipótese, em nosso estudo a carga total de treinamento (CT_T) utilizada pelos grupos TF+V30 e TF+V50 foram, respectivamente, 24,8% e 17,8% inferiores que a utilizada pelo grupo TF ($p < 0,05$). Além disso, em todas as etapas do treinamento os grupos TF+V30 e TF+V50 utilizaram carga externa (CE) menor que a do grupo TF ($p < 0,05$). Essa diferença só não foi significativa entre TF e TF+V30 na etapa 6-8 RM (-11,1%). RONNESTAD (2004) relata em seu estudo que o grupo TF+V apresentou tendência a superar maiores cargas no treinamento em comparação ao grupo TF, porém não apresenta nenhum dado em suporte. Sem ter quantificado as cargas de treinamento, mas em vez disso, usando como base os testes de 8 RM e 10 RM, realizados para correções das cargas de treinamento, KVORNING et al. (2006), interpretaram que em seu estudo os grupos TF e TF+V treinaram com cargas externas equivalentes. Nosso estudo é o primeiro a apresentar dados consistentes a respeito do efeito do TF+V sobre as cargas de treinamento; e os resultados sugerem que, ao realizar o TF sobre a plataforma vibratória (TF+V), os sujeitos precisam diminuir a quantidade de carga externa usada em comparação a que utilizariam no mesmo TF sem a exposição vibração.

É importante destacar que os sujeitos foram supervisionados em todas as sessões de treinamento pelo mesmo pesquisador e que ajustes de carga foram feitos de série para série, para manter o número de repetições dentro da margem permitida

para cada etapa (FIGURA). Portanto, descartamos a possibilidade de que os grupos TF+V tenham treinado com menor carga em razão de falha no controle do treinamento.

A primeira hipótese para explicar este fenômeno é que a exposição à vibração tenha perturbado o senso de posição e a coordenação do movimento. Nessa situação, os sujeitos dos grupos TF+V não conseguiam se exercitar com cargas equivalentes as do grupo TF. Isso tem suporte no estudo de CAPICIKOVA, ROCCHI, HLAVACKA, CHIARI & CAPPELLO (2006) em que a aplicação de vibração (60 Hz) por 20 segundos no músculo sóleo prejudicou a orientação postural e o equilíbrio dos sujeitos. Outra possível explicação é que a exposição prolongada à vibração diminuiu o suporte das terminações sensoriais Ia aos motoneurônios alfa e a frequência de disparos das unidades motoras ativas, o que teria limitado a produção de força durante o treinamento (SHINOHARA, 2005). De acordo com essa hipótese, BONGIOVANNI, HAGBARTH & STJERNBERG (1990) verificaram diminuição importante na frequência de disparos em unidades motoras de alto limiar de excitação (de 35 Hz para 5 Hz), após aplicarem vibração por 100 segundos (150 Hz) no tendão dos flexores do tornozelo. Por sua vez, RIBOT-CISCAR, ROSSI-DURAND & ROLL (1998) observaram diminuição expressiva na geração de potenciais de ação em 73% das terminações Ia avaliadas, após aplicarem vibração por 30 segundos (80 Hz, 0,5 mm) no tendão dos flexores do tornozelo. Em nosso estudo, as séries de exercícios duravam em torno de trinta segundos, e eram repetidas entre três e cinco vezes numa sessão de treinamento. Considerando isso, poderia se sugerir que os fenômenos observados por BONGIOVANNI, HAGBARTH & STJERNBERG (1990) e RIBOT-CISCAR, ROSSI-DURAND & ROLL (1998) tenham ocorrido em nosso estudo, o que teria limitado a produção de força pelos grupos TF+V. No entanto, deve-se considerar que existem importantes limitações na extrapolação dos resultados de BONGIOVANNI, HAGBARTH & STJERNBERG (1990) e RIBOT-CISCAR, ROSSI-DURAND & ROLL (1998) para explicar nossos achados. Primeiro, nesses dois estudos a frequência de vibração utilizada foi superior as usadas em nosso estudo. Segundo, em ambos os estudos a vibração foi aplicada sobre o tendão muscular, o que aumenta a propagação da vibração em comparação a sua aplicação pela sola dos pés, como acontece pela exposição

através de plataformas vibratórias. Por outro lado, a diminuição da amplitude do reflexo $T_{\text{máx}}$, no primeiro experimento, sugere que a exposição ao TF+V causa a diminuição da sensibilidade dos fusos musculares (TABELA 4). Isso poderia ser usado para explicar a diminuição da força durante a exposição a vibração nas condições TF+V. Contudo, a diminuição do $T_{\text{máx}}$ foi similar nas condições TF, TF+V30 e TF+V50, indicando que sua causa não foi a vibração, mas o exercício de força, já que essa era a tarefa comum realizada nas três condições. Além disso, o primeiro experimento não mostrou modificações na amplitude do reflexo $H_{20\%}$ (TABELA 4), o que poderia indicar alguma alteração na excitabilidade do arco reflexo, decorrentes de aumentos de influências inibitórias (PALMIERI, INGERSOLL & HOFFMAN, 2004; VOERMAN, GREGORIC & HERMENS, 2005). Portanto, nós descartamos a hipótese de que a vibração tenha inibido a produção de força como explicação para a utilização de menor CE_T pelos grupos TF+V em relação ao grupo TF.

Apesar de a CE_T e a CT_T terem sido menores nos grupos TF+V, surpreendentemente, as melhoras obtidas na ASTQ e nos desempenhos da FMD e do SV foram iguais entre os três grupos. Isso sugere que o estímulo de treinamento foi equivalente entre eles. Uma explicação para isso é que o estímulo proporcionado pela exposição à vibração teria se somado ao estímulo proporcionado pela carga externa. As análises da [La] sanguíneo, realizadas após a quinta e a décima semanas de treinamento, sugerem que o TF+V impôs demanda superior ao TF, como mostra a diferença na [La] entre os grupos TF e TF+V30 após a quinta semana (TABELA). Em suporte, DA SILVA, FERNANDEZ, CASTILLO, NUNEZ, VAAMONDE, POBLADOR & LANCHO (2007) verificaram que realizar 5 x 10 reps no agachamento com 75% de 1 RM sobre a plataforma produziu uma elevação de 17% no gasto energético do exercício, em comparação ao mesmo exercício realizado fora da plataforma, evidenciando um aumento da atividade muscular durante o TF+V.

O trabalho total realizado e o tempo total que os músculos são mantidos sob tensão têm sido usados para explicar as adaptações promovidas por programas de treinamento com diferentes volumes e cargas externas (CREWETHER, CRONIN & KEOGH, 2005).

Uma vez que treinaram com CE_T menor, para equiparar o trabalho total ou o tempo total sob tensão, os grupos TF+V teriam que realizar um número maior de repetições ou aumentar o tempo de duração de cada série. O número de repetições realizadas pelos grupos TF+V não foi maior que o realizado pelo grupo TF, em nenhuma das etapas do treinamento (FIGURA 11). Além disso, o número total de repetições realizadas (RR_T) pelo grupo TF+V50 foi 4,5% menor que o RR_T realizado pelo grupo TF, portanto não foi dessa forma que os grupos TF+V compensaram o trabalho total (FIGURA 12). Uma hipótese é que os grupos TF+V tenham permanecido maior tempo sob tensão em cada repetição do agachamento. Para evitar a dissipação da vibração para a cabeça, os sujeitos dos grupos TF+V não estendiam completamente os joelhos ao final do movimento. Por outro lado, os sujeitos dos grupos TF, tendiam a fazer uma pausa nesse mesmo ponto, numa tentativa de descansar antes de iniciar uma nova repetição. Juntos, esses dois aspectos do treinamento de cada grupo explicariam um maior tempo sob tensão nos grupos TF+V. Além disso, as pequenas pausas entre séries pelo grupo TF explicariam o fato de o grupo ter treinado com maior carga externa sem que isso tenha se refletido na [La] sanguíneo (TABELA). Embora essa explicação tenha fundamentação, parece exagerado que a diferença expressiva na magnitude da carga externa tenha sido compensada por esse mecanismo.

A hipótese mais provável é que a exposição a vibração aumentou a resistência para movimentar as articulações e essa resistência, somada a resistência imposta pela carga externa, equiparou o trabalho total realizado pelos dois grupos. Isso parece lógico, pois quando um indivíduo se exercita sobre uma plataforma vibratória, a vibração se dissipa pelo corpo todo, atingindo não só os músculos agonistas do movimento como seus antagonistas. Assim, ambos estão sujeitos a aumentar sua atividade por intermédio do RTV, o que causaria um aumento da co-contracção e, conseqüentemente, da resistência para movimentar as articulações. Isso talvez seja mais acentuado quanto maior a carga externa utilizada no exercício, uma vez que a maior tensão sobre os músculos aumenta a sensibilidade dos fusos musculares. Dessa forma, os sujeitos dos grupos TF+V não conseguiam adicionar grande carga externa ao exercício, já que encontravam maior resistência para

movimentar as articulações, e ao aumentar a carga externa, a resistência articular também aumentava.

Uma hipótese alternativa, que tem sido usada para explicar os benefícios do TV, é o maior estresse imposto sobre o sistema neuroendócrino (BOSCO, CARDINALE, TSARPELA & LOCCATELLI, 1999a). Em suporte a isso, foi demonstrado que a vibração induz aumentos agudos na concentração plasmática dos hormônios anabólicos testosterona e GH, em comparação aos observados na realização do TF isolado (BOSCO et al., 2000; KVORNING et al., 2006). Além disso, BOSCO et al. (2000) verificaram aumento na razão testosterona/ cortisol em resposta a uma série de vibração. Com base nisso, uma explicação para os ganhos equivalentes entre os grupos seria que a vibração produziu um estresse adicional sobre o sistema neuroendócrino nos grupos TF+V em comparação ao TF, o que teria criado uma situação anabólica mais favorável para a ocorrência de hipertrofia nesses grupos, compensando o fato de terem treinado com menor carga externa. Em nosso estudo não foram feitas análises nas concentrações hormonais em resposta a uma sessão de treinamento. Porém, deve ser destacado que a hipótese hormonal é bastante controversa uma vez que elevação plasmática de hormônios anabólicos em níveis fisiológicos não parece apresentar grande relação com a ocorrência da hipertrofia muscular (WEST, BURD, TANG, MOORE, STAPLES, HOLWERDA, BAKER & PHILLIPS, 2010; WEST, KUJBIDA, MOORE, ATHERTON, BURD, PADZIK, DE LISIO, TANG, PARISE, RENNIE, BAKER & PHILLIPS, 2009; WILKINSON, TARNOPOLSKY, GRANT, CORREIA & PHILLIPS, 2006).

Em relação ao efeito do período de treinamento de dez semanas sobre a excitabilidade das vias reflexas, nossas mensurações após o término do período de treinamento não mostraram diferenças significantes na amplitude p-p da razão $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em relação ao pré-teste, para nenhum dos três grupos.

Estudos reportam que a excitabilidade do reflexo H pode não sofrer qualquer alteração (AAGAARD, SIMONSEN, ANDERSEN, MAGNUSSON & DYHRE-POULSEN, 2002; DEL BALSIO & CAFARELLI, 2007; GRUBER, TAUBE, GOLLHOFER, BECK, AMTAGE & SCHUBERT, 2007; LAGERQUIST, ZEHR & DOCHERTY, 2006; SCAGLIONI, FERRI, MINETTI, MARTIN, VAN HOECKE, CAPODAGLIO, SARTORIO & NARICI, 2002), ou aumentar (AAGAARD et al., 2002;

GRUBER et al., 2007; LAGERQUIST, ZEHR & DOCHERTY, 2006), em paralelo ao aumento na força muscular produzido após o período de algumas semanas de treinamento de força. Essa divergência entre estudos pode estar em grande parte relacionada às diferenças na metodologia de avaliação do reflexo H. Por exemplo, nos estudos de LAGERQUIST, ZEHR & DOCHERTY (2006), AAGAARD et al. (2002) e HOLTERMANN, ROELEVELD, ENGSTROM & SAND (2007) foram verificados aumentos de 25%, 19% e 17% na amplitude p-p do reflexo H quando avaliados na fase ascendente da curva de recrutamento (H a 5% da amplitude da $M_{\text{máx}}$, H a 20% da amplitude da $M_{\text{máx}}$ e H a 20% da $M_{\text{máx}}$, respectivamente), mas não quando expressos pela razão $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$. Da mesma forma, nos estudos de GRUBER et al. (2007) e SCAGLIONI et al. (2002) o reflexo H foi expresso pela razão $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ e também não foram verificadas alterações na excitabilidade reflexa. Portanto, parece que $H_{\text{máx}}$ é menos sensível para mostrar alterações na excitabilidade do arco reflexo provenientes do treinamento de força. A explicação para isso é que a avaliação do reflexo H na fase ascendente da curva de recrutamento promove a ativação de unidades motoras de baixo limiar de ativação, que são mais fácil e freqüentemente envolvidas no treinamento; enquanto na avaliação de $H_{\text{máx}}$, também são ativadas na geração do reflexo as unidades motoras de alto limiar de ativação, que talvez não tenham sido muito utilizadas no treinamento, e que, portanto, não estão adaptadas as demandas do programa realizado. Dessa forma, pode ser que avaliar $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em nosso estudo tenha mascarado um efeito que poderia ser observado se avaliássemos a excitabilidade na fase ascendente da curva de recrutamento. Outro aspecto que pode explicar a não alteração na excitabilidade em nosso estudo, é o fato de as avaliações terem sido realizadas em repouso. Os estudos de LAGERQUIST, ZEHR & DOCHERTY (2006), AAGAARD et al. (2002) e HOLTERMANN et al. (2007) mencionados, verificaram aumentos na amplitude do reflexo H quando a avaliação foi realizada com os músculos em estado ativo (10% CVM, 90% CVM e 20% e 60% CVM, respectivamente), mas não quando avaliados em repouso. Isso parece acontecer porque a plasticidade da excitabilidade reflexa ao treinamento é tarefa-específica. Portanto, é possível que nossos resultados tivessem sido diferentes, caso a excitabilidade do reflexo H fosse avaliada com a mesma metodologia dos estudos mencionados.

A despeito de não ter sido encontradas diferenças significantes, notavelmente o treinamento induziu diferentes padrões de adaptações na amplitude p-p de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$, nos três grupos. Enquanto no grupo TF, a amplitude p-p de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ aumentou 28%, contrariamente, nos grupos TF+V30 e TF+V50, a amplitude p-p de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ diminuiu 16,3% e 14%, respectivamente. Alguns estudos já haviam sugerido, ou mostrado, que o tipo de atividade realizada pode influenciar de maneira diferente a excitabilidade do reflexo H. Por exemplo, NIELSEN, CRONE & HULTBORN (1993) verificaram maiores valores de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em indivíduos moderadamente treinados e treinados em relação a não treinados, que, no entanto, foram menores do que os avaliados em bailarinos. Além disso, GRUBER et al. (2007) verificaram diminuição de 19% na amplitude p-p da $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ após um programa de treinamento sensório-motor (TSM = treino com exercícios que provocam instabilidade do equilíbrio corporal), mas não em resposta a um programa de treinamento de potência, de quatro semanas de duração; enquanto TAUBE, KULLMANN, LEUKEL, KURZ, AMTAGE & GOLLHOFER (2007) verificaram diminuição amplitude p-p da $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ após o um programa TSM, mas aumento no grupo que fez treinamento de força específico para esquiadores. O aumento do reflexo $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ no grupo TF tem como provável causa a diminuição da inibição pré-sináptica. Esse aumento indica que o TF tornou os motoneurônios alfa mais excitáveis via ativação reflexa pelas terminações Ia. Isso implica que, em ações musculares voluntárias, a descarga das terminações Ia se some a descarga descendente do comando central e isso facilite a ativação de unidades motoras adicionais e/ ou aumente a frequência de disparos das unidades motoras ativas, colaborando para maior produção de força. Por outro lado, a diminuição da $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ tem como provável causa o aumento da inibição pré-sináptica. A diminuição da $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ tem sido verificada em condições de co-contracção. A co-contracção de dois grupos musculares ao redor de uma articulação comum é uma estratégia para diminuir a movimentação nessa articulação com o propósito de estabelecer o equilíbrio corporal. A diminuição de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ só havia sido observada em estudos em que o treinamento foi realizado através de exercícios que provocam a instabilidade do equilíbrio (GRUBER et al., 2007; TAUBE et al., 2007). Portanto, a diminuição de $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ nos grupos TF+V é um indicativo de que esses grupos melhoraram seu equilíbrio, o que ocorreu como uma resposta

adaptativa a constante situação de desequilíbrio provocado pelas sessões de treinamento sobre a plataforma vibratória. Em nosso estudo não foi realizada nenhuma avaliação do equilíbrio postural que pudesse confirmar essa hipótese. No entanto, a análise das cargas de treinamento mostra que a diferença de carga externa levantada entre o grupo TF e os grupos TF+V30 e TF+V50 na etapa 10-12 RM (-22,3% e -28,6%, respectivamente) foi progressivamente diminuída nas etapas 8-10 RM (TF+V30, -18,8% e TF+V50, -26,1%) e 6-10 RM (TF+V30, -11,2% e TF+V50, -18,5%). Isso sugere que os grupos TF+V conseguiram levantar mais carga no decorrer das dez semanas, o que pode ser explicado por melhor controlarem o equilíbrio corporal.

Da mesma forma como ocorreu com $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$, o período de treinamento de dez semanas não causou alterações significantes na amplitude p-p da razão $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em relação ao pré-teste, para nenhum dos três grupos. Não é de nosso conhecimento nenhum estudo que tenha avaliado o efeito de alguma forma de treinamento de força voluntário sobre esse reflexo. MAFFIULETTI, PENSINI, SCAGLIONI, FERRI, BALLAY & MARTIN (2003) não verificaram alteração na amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$, após a realização de um programa de eletroestimulação muscular de quatro semanas. No entanto, VOIGT, CHELLI & FRIGO (1998) verificaram aumento de 28% na amplitude de $T_{\text{máx}}$, após um programa de treinamento de saltos (*hopping*) de mesma duração. Além disso, OZMERDIVENLI, BULUT, URAT & AYAR (2002) verificaram menores amplitudes do reflexo T em atletas especialistas em provas de fundo e de velocidade em comparação a indivíduos não treinados. Esses estudos nos sugerem que, assim como o reflexo H, o reflexo T pode se adaptar ao treinamento e que essa adaptação é tarefa-específica. Em conformidade com isso, em nosso estudo os grupos TF, TF+V30 e TF+V50, tiveram diminuída a amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ em 30,3%, 38,2% e 28,1%, respectivamente (TABELA 6). Além disso, foi verificado um efeito principal do tempo, que mostra diminuição significativa de 48,9% na amplitude p-p de $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ (FIGURA 17), confirmando que esse reflexo é suscetível ao treinamento.

A avaliação do reflexo tendíneo é feita através do golpeamento do tendão, por isso, a ativação de unidades motoras por esse reflexo (conseqüentemente, sua amplitude) é dependente da sensibilidade dos fusos musculares. Uma vez que a

sensibilidade dos fusos musculares é regulada pelo sistema motor gama, considera-se que a avaliação do reflexo tendíneo possa ser usada como uma medida da atividade desses últimos (VOERMAN, GREGORIC & HERMENS, 2005). Através de sua sensibilidade ao grau e a velocidade de alongamento das fibras musculares extrafusais, os fusos musculares fornecem informações constantes ao SNC sobre o grau de tensão muscular e sobre o posicionamento e a velocidade de movimentação articulares (TAYLOR, ELLAWAY & DURBABA, 1999; ZEHR, 2006). Isso permite que ajustes sejam feitos na força e no controle do movimento, tanto de forma reflexa, como por interferência do comando central. Portanto, a diminuição da amplitude p-p de $T_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ como aconteceu em nosso estudo, indica que o treinamento promoveu a diminuição da atividade do sistema gama, em consequência de adaptações nos mecanismos de produção de força e no controle motor.

Interpretamos que a diminuição de $T_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ no grupo TF reflete a diminuição da dependência das descargas das terminações Ia como mecanismo para regular a produção de força. Isto teria acontecido para evitar a ocorrência de redundância no controle da força, uma vez que a remoção da inibição pré-sináptica (evidenciada pelo aumento de $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$) já favorecia o aumento da excitabilidade dos motoneurônios alfa, necessários para satisfazer a demanda de força aumentada pelas sessões de TF. Por outro lado, a diminuição de $T_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ nos grupos TF+V30 e TF+V50 reflete a diminuição da dependência do mecanismo de retroalimentação ao SNC (no qual os fusos musculares têm importante papel) informando sobre os deslocamentos do centro de massa causados durante o treinamento sobre a plataforma. Isto teria ocorrido em razão da melhora no controle motor para realizar o agachamento sobre a plataforma vibrando, sem que o equilíbrio e o senso de posição fossem confundidos.

Conjuntamente, os dados relativos a $H_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ e $T_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ sugerem que os programas de TF e TF+V promoveram adaptações neurais através de diferentes mecanismos. Curiosamente, a diminuição de $T_{m\acute{a}x}/M_{m\acute{a}x}$ no grupo TF+V30 (-38,2%) foi mais acentuada que nos grupos TF (-30,3%) e TF+V50 (-28,1%), o que sugere um possível efeito do protocolo de vibração utilizado.

É importante lembrar que as alterações na excitabilidade reflexa não foram significantes, por isso, os comentários anteriores precisam ser considerados com

ressalvas. Contudo, levando em conta a magnitude das alterações observadas nos reflexos $H_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$ e $T_{\text{máx}}/M_{\text{máx}}$, não se pode descartar que elas tenham colaborado com outros mecanismos neurais para explicar as adaptações promovidas na ASTQ e nos desempenhos da FMD e do SV.

Considerações Finais

Apesar de não termos verificado ganhos adicionais ao incorporar o TV ao TF, os aumentos observados na ASTQ (9,8%, 11,7% e 12,9%), na FMD (16,9%, 15,2% e 16,6%), e na altura do SV (6,1%, 7,2,% e 6,0%), respectivamente para TF, TF+V30 e TF+V50, estão dentro das margens de ganhos observados em programas de TF realizados com a mesma frequência e duração (WERNBOM, AUGUSTSSON & THOMEE, 2007). Sendo assim, um importante achado desse estudo foi que o TF+V possibilita obter melhoras na hipertrofia e no desempenho motor, sem que para isso seja necessário adicionar grande sobrecarga externa sobre o sistema músculo-esquelético. Uma vez que o exercício agachamento é muito utilizado nas rotinas de treinamento de atletas e não atletas, esse conhecimento poderia ser explorado tanto no contexto do esporte como da atividade física com propósito de saúde ou estética. Atletas iniciantes e portadores de lesão crônica na coluna vertebral, que precisam desenvolver e manter os desempenhos do salto vertical e da força muscular e a hipertrofia de membros inferiores, podem treinar usando o exercício agachamento com menor carga externa, sem que isso comprometa seu desempenho e sua saúde. Além disso, os diferentes padrões de adaptações na excitabilidade neural verificadas entre os grupos sugerem que o TF+V promove alterações no sistema sensoriomotor que podem ser favoráveis para melhora o equilíbrio corporal, o que pode ser explorado por atletas de modalidades nas quais o desempenho é influenciado pelo equilíbrio, ou por pessoas em processo de reabilitação pós-traumática e idosos com o equilíbrio comprometido.

7 CONCLUSÕES

Realizar o treinamento de força sobre a plataforma de vibração não proporciona ganho adicional significativo em hipertrofia dos membros inferiores ou nos desempenhos do salto vertical e da força máxima dinâmica, em relação ao que poderia ser conseguido através do treinamento de força isolado. Ao contrário do que tem sido sugerido, essa combinação limita a adição de sobrecarga externa ao exercício. Contudo, isso parece não diminuir a exigência sobre a musculatura dos membros inferiores. Portanto, realizar o treinamento de força sobre a plataforma vibratória através do exercício agachamento pode ser indicado em situações em que se deseja sobrecarregar os membros inferiores, mas não se pode aumentar a sobrecarga sobre a coluna vertebral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAGAARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSON, P.; DYHRE-POULSEN, P. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.92, n.6, p.2309-2318, 2002.

ABERCROMBY, A.F.; AMONETTE, W.E.; LAYNE, C.S.; MCFARLIN, B.K.; HINMAN, M.R.; PALOSKI, W.H. Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.39, n.9, p.1642-1650, 2007.

ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.41, n.3, p.687-708, 2009.

ADAMS, J.B.; EDWARDS, D.; SERVIETTE, D.; BEDIENT, A.M.; HUNTSMAN, E.; JACOBS, K.A.; DEL ROSSI, G.; ROOS, B.A.; SIGNORILE, J.F. Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.23, n.1, p.237-245, 2009.

ARMSTRONG, W.J.; NESTLE, H.N.; GRINNELL, D.C.; COLE, L.D.; VAN GILDER, E.L.; WARREN, G.S.; CAPIZZI, E.A. The acute effect of whole-body vibration on the hoffmann reflex. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.22, n.2, p.471-476, 2008.

BAUTMANS, I.; VAN HEES, E.; LEMPER, J.C.; METS, T. The feasibility of Whole Body Vibration in institutionalised elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomised controlled trial. **BMC Geriatrics**, London, v.5, p.17, 2005.

BIRD, S.P.; TARPENNING, K.M.; MARINO, F.E. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.10, p.841-851, 2005.

BOBBERT, M.F.; VAN SOEST, A.J. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.26, n.8, p.1012-1020, 1994.

BONGIOVANNI, L.G.; HAGBARTH, K.E.; STJERNBERG, L. Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. **Journal of Physiology**, London, v.423, n.1, p.15-26, 1990.

BOSCO, C.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O. Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.79, n.4, p.306-311, 1999.

BOSCO, C.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O.; LOCCATELLI, E. New trends in training science: the use of vibrations for enhancing performance. **New Studies in Athletics**, Aachen, v.14, n.4, p.55-62, 1999a.

BOSCO, C.; COLLI, R.; INTROINI, E.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O.; MADELLA, A.; TIHANYI, J.; VIRU, A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. **Clinical Physiology**, Oxford, v.19, n.2, p.183-187, 1999b.

BOSCO, C.; IACOVELLI, M.; TSARPELA, O.; CARDINALE, M.; BONIFAZI, M.; TIHANYI, J.; VIRU, M.; DE LORENZO, A.; VIRU, A. Hormonal responses to whole-body vibration in men. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.81, n.6, p.449-454, 2000.

BROWN, L.E.; WEIR, J.P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology online**, Duluth, v.4, n.3, p.1-21, 2001.

BRUYERE, O.; WUIDART, M.A.; DI PALMA, E.; GOURLAY, 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. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.86, n.2, p.303-307, 2005.

BULLOCK, N.; MARTIN, D.T.; ROSS, A.; ROSEMOND, C.D.; JORDAN, M.J.; MARINO, F.E. Acute effect of whole-body vibration on sprint and jumping performance in elite skeleton athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.22, n.4, p.1371-1374, 2008.

CAIRNS, S.P. Lactic acid and exercise performance : culprit or friend? **Sports Medicine**, Auckland, v.36, n.4, p.279-291, 2006.

CAPICIKOVA, N.; ROCCHI, L.; HLAVACKA, F.; CHIARI, L.; CAPPELLO, A. Human postural response to lower leg muscle vibration of different duration. **Physiological Research**, Praga, v.55 Suppl 1, p.S129-134, 2006.

CARDINALE, M.; BOSCO, C. The use of vibration as an exercise intervention. **Exercise and sport sciences reviews**, Madison, v.31, n.1, p.3-7, 2003.

CARDINALE, M.; LIM, J. The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. **Medicina dello Sport**, Torino, v.56, n.4, p.287-292, 2003.

CARDINALE, M.; WAKELING, J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? **British Journal of Sports Medicine**, London, v.39, n.9, p.585-589; discussion 589, 2005.

CARLSOO, S. The effect of vibration on the skeleton, joints and muscles. A review of the literature. **Appl Ergon**, Maryland Heights, v.13, n.4, p.251-258, 1982.

COCHRANE, D.J.; LEGG, S.J.; HOOKER, M.J. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.18, n.4, p.828-832, 2004.

COCHRANE, D.J.; STANNARD, S.R. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.39, n.11, p.860-865, 2005.

CORMIE, P.; DEANE, R.S.; TRIPLETT, N.T.; MCBRIDE, J.M. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.20, n.2, p.257-261, 2006.

CREWETHER, B.; CRONIN, J.; KEOGH, J. Gravitational forces and whole body vibration: implications for prescription of vibratory stimulation. **Physical Therapy in Sport**, Maryland Heights, v.5, p.37-43, 2004.

_____. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.11, p.967-989, 2005.

CUNNINGTON, R.; WINDISCHBERGER, C.; DEECKE, L.; MOSER, E. The preparation and execution of self-initiated and externally-triggered movement: a study of event-related fMRI. **Neuroimage**, Maryland Heights, v.15, n.2, p.373-385, 2002.

DA SILVA, M.E.; FERNANDEZ, J.M.; CASTILLO, E.; NUNEZ, V.M.; VAAMONDE, D.M.; POBLADOR, M.S.; LANCHO, J.L. Influence of vibration training on energy expenditure in active men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.21, n.2, p.470-475, 2007.

DA SILVA, M.E.; NUÑES, V.M.; VAAMONDE, D.; FERNANDEZ, J.M.; POBLADOR, M.S.; GARCIA-MANSO, J.M.; LANCHO, J.L. Effects of different frequencies of whole body vibration on muscular performance. **Biology of Sport**, Warsaw, v.23, n.3, p.267-282, 2006.

DE RUITER, C.J.; VAN RAAK, S.M.; SCHILPEROORT, J.V.; HOLLANDER, A.P.; DE HAAN, A. The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.90, n.5-6, p.595-600, 2003.

DEL BALSIO, C.; CAFARELLI, E. Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.103, n.1, p.402-411, 2007.

DELECLUSE, C.; ROELANTS, M.; DIELS, R.; KONINCKX, E.; VERSCHUEREN, S. Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance in sprint-trained athletes. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.26, n.8, p.662-668, 2005.

DELECLUSE, C.; ROELANTS, M.; VERSCHUEREN, S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.35, n.6, p.1033-1041, 2003.

ERSKINE, J.; SMILLIE, I.; LEIPER, J.; BALL, D.; CARDINALE, M. Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Hoboken, v.27, n.4, p.242-248, 2007.

FJELDSTAD, C.; PALMER, I.J.; BEMBEN, M.G.; BEMBEN, D.A. Whole-body vibration augments resistance training effects on body composition in postmenopausal women. **Maturitas**, Maryland Heights, v.63, n.1, p.79-83, 2009.

GRUBER, M.; TAUBE, W.; GOLLHOFER, A.; BECK, S.; AMTAGE, F.; SCHUBERT, M. Training-specific adaptations of H- and stretch reflexes in human soleus muscle. **Journal of Motor Behaviour**, Philadelphia, v.39, n.1, p.68-78, 2007.

HOLTERMANN, A.; ROELEVELD, K.; ENGSTROM, M.; SAND, T. Enhanced H-reflex with resistance training is related to increased rate of force development. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.101, n.3, p.301-312, 2007.

HOPKINS, J.T.; FREDERICKS, D.; GUYON, P.W.; PARKER, S.; GAGE, M.; FELAND, J.B.; HUNTER, I. Whole Body Vibration Does Not Potentiate the Stretch Reflex. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, 2008.

HORTOBAGYI, T.; HOUMARD, J.; FRASER, D.; DUDEK, R.; LAMBERT, J.; TRACY, J. Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.84, n.2, p.492-498, 1998.

ISSURIN, V.B. Vibrations and their applications in sport. A review. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.45, n.3, p.324-336, 2005.

JORDAN, M.J.; NORRIS, S.R.; SMITH, D.J.; HERZOG, W. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.19, n.2, p.459-466, 2005.

KIISKI, J.; HEINONEN, A.; JARVINEN, T.L.; KANNUS, P.; SIEVANEN, H. Transmission of vertical whole body vibration to the human body. **Journal of Bone and Mineral Research**, Washington, v.23, n.8, p.1318-1325, 2008.

KLASS, M.; GUISSARD, N.; DUCHATEAU, J. Limiting mechanisms of force production after repetitive dynamic contractions in human triceps surae. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.96, n.4, p.1516-1521; discussion, 2004.

KOMI, P.V. **The Encyclopaedia of Sports Medicine- Strength and Power in Sports**.second: Blackwell, 2003.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.4, p.339-361, 2005.

KUEHL, R.O. **Design of experiments: statistical principles of research design and analysis.** 2nd ed. London: Duxbury-Thomson Learning, 2000.

KVORNING, T.; BAGGER, M.; CASEROTTI, P.; MADSEN, K. Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.96, n.5, p.615-625, 2006.

LAGERQUIST, O.; ZEHR, E.P.; DOCHERTY, D. Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.100, n.1, p.83-90, 2006.

LAMONT, H.S.; CRAMER, J.T.; BEMBEN, D.A.; SHEHAB, R.L.; ANDERSON, M.A.; BEMBEN, M.G. Effects of 6 weeks of periodized squat training with or without whole-body vibration on short-term adaptations in jump performance within recreationally resistance trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.22, n.6, p.1882-1893, 2008.

_____. Effects of Adding Whole Body Vibration to Squat Training on Isometric Force/Time Characteristics. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.24, n.1, p.171-183, 2010.

LUO, J.; MCNAMARA, B.; MORAN, K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. **Sports Medicine**, Auckland, v.35, n.1, p.23-41, 2005.

MACHADO, A.; GARCIA-LOPEZ, D.; GONZALEZ-GALLEGO, J.; GARATACHEA, N. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Stockholm, 2009.

MAFFIULETTI, N.A.; PENSINI, M.; SCAGLIONI, G.; FERRI, A.; BALLAY, Y.; MARTIN, A. Effect of electromyostimulation training on soleus and gastrocnemii H- and T-reflex properties. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.90, n.5-6, p.601-607, 2003.

MAHIEU, N.N.; WITVROUW, E.; VAN DE VOORDE, D.; MICHILSENS, D.; ARBYN, V.; VAN DEN BROECKE, W. Improving strength and postural control in young skiers: whole-body vibration versus equivalent resistance training. **Journal of Athletic Training**, Columbus, v.41, n.3, p.286-293, 2006.

MCBRIDE, J.M.; MCCAULLEY, G.O.; CORMIE, P.; NUZZO, J.L.; CAVILL, M.J.; TRIPLETT, N.T. Comparison of methods to quantify volume during resistance exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.23, n.1, p.106-110, 2009.

MELNYK, M.; KOFLER, B.; FAIST, M.; HODAPP, M.; GOLLHOFER, A. Effect of a Whole-Body Vibration Session on Knee Stability. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, 2008.

MILEVA, K.N.; BOWTELL, J.L.; KOSSEV, A.R. Effects of low-frequency whole-body vibration on motor-evoked potentials in healthy men. **Experimental Physiology**, London, v.94, n.1, p.103-116, 2009.

NAITO, E.; KINOMURA, S.; GEYER, S.; KAWASHIMA, R.; ROLAND, P.E.; ZILLES, K. Fast reaction to different sensory modalities activates common fields in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction. **Journal of Neurophysiology**, Stanford, v.83, n.3, p.1701-1709, 2000.

NAKAJIMA, T.; IZUMIZAKI, M.; SEKIHARA, C.; ATSUMI, T.; HOMMA, I. Combined effects of preceding muscle vibration and contraction on the tonic vibration reflex. **Experimental Brain Research**, New York, 2008.

NIELSEN, J.; CRONE, C.; HULTBORN, H. H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.66, n.2, p.116-121, 1993.

NORDLUND, M.M.; THORSTENSSON, A. Strength training effects of whole-body vibration? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Stockholm, v.17, n.1, p.12-17, 2007.

OZMERDIVENLI, R.; BULUT, S.; URAT, T.; AYAR, A. The H- and T-reflex response parameters of long- and short-distance athletes. **Physiological Research**, Praga, v.51, n.4, p.395-400, 2002.

PALMIERI, R.M.; INGERSOLL, C.D.; HOFFMAN, M.A. The Hoffmann Reflex: Methodologic Considerations and Applications for Use in Sports Medicine and Athletic Training Research. **Journal of Athletic Training**, Columbus, v.39, n.3, p.268-277, 2004.

PEL, J.J.; BAGHERI, J.; VAN DAM, L.M.; VAN DEN BERG-EMONS, H.J.; HOREMANS, H.L.; STAM, H.J.; VAN DER STEEN, J. Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs. **Medical Engineering and Physics**, Maryland Heights, v.31, n.8, p.937-944, 2009.

READ, M.M.; CISAR, C. The influence of varied rest interval lengths on depth jump performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.15, n.3, p.279-283, 2001.

REES, S.S.; MURPHY, A.J.; WATSFORD, M.L. Effects of whole body vibration on postural steadiness in an older population. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Maryland Heights, 2008.

REHN, B.; LIDSTROM, J.; SKOGLUND, J.; LINDSTROM, B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, Stockholm, v.17, n.1, p.2-11, 2007.

RIBOT-CISCAR, E.; ROSSI-DURAND, C.; ROLL, J.P. Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. **Neuroscience Letters**, Maryland Heights, v.258, n.3, p.147-150, 1998.

RITTWEGER, J.; BELLER, G.; FELSENBURG, D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. **Clinical Physiology**, Oxford, v.20, n.2, p.134-142, 2000.

RITTWEGER, J.; MUTSCHELKNAUSS, M.; FELSENBURG, D. Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Hoboken, v.23, n.2, p.81-86, 2003.

RODAK, A.L.; FOWLER, N.E.; BENNETT, S.J. Vertical jump coordination: fatigue effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.1, p.105-116, 2002.

ROELANTS, M.; DELECLUSE, C.; GORIS, M.; VERSCHUEREN, S. Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.25, n.1, p.1-5, 2004.

ROELANTS, M.; DELECLUSE, C.; VERSCHUEREN, S.M. Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women. **Journal of the American Geriatrics Society**, Los Angeles, v.52, n.6, p.901-908, 2004.

RONNESTAD, B.R. Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.18, n.4, p.839-845, 2004.

SCAGLIONI, G.; FERRI, A.; MINETTI, A.E.; MARTIN, A.; VAN HOECKE, J.; CAPODAGLIO, P.; SARTORIO, A.; NARICI, M.V. Plantar flexor activation capacity and H reflex in older adults: adaptations to strength training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.92, n.6, p.2292-2302, 2002.

SHINOHARA, M. Effects of prolonged vibration on motor unit activity and motor performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.37, n.12, p.2120-2125, 2005.

STEWART, J.A.; COCHRANE, D.J.; MORTON, R.H. Differential effects of whole body vibration durations on knee extensor strength. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Maryland Heights, 2007.

TAUBE, W.; KULLMANN, N.; LEUKEL, C.; KURZ, O.; AMTAGE, F.; GOLLHOFER, A. Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.28, n.12, p.999-1005, 2007.

TAYLOR, A.; ELLAWAY, P.H.; DURBABA, R. Why are there three types of intrafusal muscle fibers? **Progress in Brain Research**, Maryland Heights, v.123, p.121-131, 1999.

TORVINEN, S.; KANNU, P.; SIEVANEN, H.; JARVINEN, T.A.; PASANEN, M.; KONTULAINEN, S.; JARVINEN, T.L.; JARVINEN, M.; OJA, P.; VUORI, I. Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, Hoboken, v.22, n.2, p.145-152, 2002a.

TORVINEN, S.; KANNUS, P.; SIEVANEN, H.; JARVINEN, T.A.; PASANEN, M.; KONTULAINEN, S.; JARVINEN, T.L.; JARVINEN, M.; OJA, P.; VUORI, I. Effect of

four-month vertical whole body vibration on performance and balance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.34, n.9, p.1523-1528, 2002b.

TORVINEN, S.; SIEVANEN, H.; JARVINEN, T.A.; PASANEN, M.; KONTULAINEN, S.; KANNUS, P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.23, n.5, p.374-379, 2002c.

VAN DEN TILLAAR, R. Will Whole-Body Vibration Training Help Increase the Range of Motion of the Hamstrings? **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.20, n.1, p.192-196, 2006.

VAN NES, I.J.; GEURTS, A.C.; HENDRICKS, H.T.; DUYSSENS, J. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, Philadelphia, v.83, n.11, p.867-873, 2004.

VAN SOEST, A.J.; SCHWAB, A.L.; BOBBERT, M.F.; VAN INGEN SCHENAU, G.J. The influence of the biarticularity of the gastrocnemius muscle on vertical-jumping achievement. **Journal of Biomechanics**, New York, v.26, n.1, p.1-8, 1993.

VANEZIS, A.; LEES, A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. **Ergonomics**, v.48, n.11-14, p.1594-1603, 2005.

VOERMAN, G.E.; GREGORIC, M.; HERMENS, H.J. Neurophysiological methods for the assessment of spasticity: the Hoffmann reflex, the tendon reflex, and the stretch reflex. **Disability and Rehabilitation**, Abingdon, v.27, n.1-2, p.33-68, 2005.

VOIGT, M.; CHELLI, F.; FRIGO, C. Changes in the excitability of soleus muscle short latency stretch reflexes during human hopping after 4 weeks of hopping training. **European Journal of Applied Physiology Occupational Physiology**, Berlin, v.78, n.6, p.522-532, 1998.

WEERAKKODY, N.S.; BLOUIN, J.S.; TAYLOR, J.L.; GANDEVIA, S.C. Local subcutaneous and muscle pain impairs detection of passive movements at the human thumb. **Journal of Physiology**, London, v.586, n.13, p.3183-3193, 2008.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEE, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. **Sports Medicine**, Auckland, v.37, n.3, p.225-264, 2007.

WEST, D.W.; BURD, N.A.; TANG, J.E.; MOORE, D.R.; STAPLES, A.W.; HOLWERDA, A.M.; BAKER, S.K.; PHILLIPS, S.M. Elevations in ostensibly anabolic hormones with resistance exercise enhance neither training-induced muscle hypertrophy nor strength of the elbow flexors. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.108, n.1, p.60-67, 2010.

WEST, D.W.; KUJBIDA, G.W.; MOORE, D.R.; ATHERTON, P.; BURD, N.A.; PADZIK, J.P.; DE LISIO, M.; TANG, J.E.; PARISE, G.; RENNIE, M.J.; BAKER, S.K.; PHILLIPS, S.M. Resistance exercise-induced increases in putative anabolic hormones do not enhance muscle protein synthesis or intracellular signalling in young men. **Journal of Physiology**, London, v.587, n.Pt 21, p.5239-5247, 2009.

WILKINSON, S.B.; TARNOPOLSKY, M.A.; GRANT, E.J.; CORREIA, C.E.; PHILLIPS, S.M. Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.98, n.6, p.546-555, 2006.

WILLARDSON, J.M.; BURKETT, L.N. The effect of rest interval length on the sustainability of squat and bench press repetitions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.20, n.2, p.400-403, 2006.

ZEHR, E.P. Training-induced adaptive plasticity in human somatosensory reflex pathways. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.101, n.6, p.1783-1794, 2006.

ANEXO I - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no primeiro experimento

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

DA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO INDIVÍDUO.....
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO:/...../.....
ENDEREÇO..... Nº..... APTO.....
BAIRRO:..... CIDADE
CEP:..... TELEFONE:.....DDD(.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL:.....
NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.)
DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
DATA NASCIMENTO.:/...../.....
ENDEREÇO: Nº APTO:
BAIRRO: CIDADE:
CEP: TELEFONE: DDD (.....).

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

“EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA COMBINAÇÃO DOS TREINAMENTOS DE FORÇA E DE VIBRAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E A EXCITABILIDADE DAS VIAS REFLEXAS”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Prof. Dr. Valmor Tricoli

2. CARGO/FUNÇÃO

Professor Livre Docente

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO

RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO

X

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

4. DURAÇÃO DA PESQUISA

O estudo terá duração de quatro semanas (abril de 2008).

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa:

O objetivo deste estudo é verificar se uma sessão de treinamento de força combinado com o treinamento de vibração promove alterações no desempenho do salto vertical e na excitabilidade das vias reflexas. Os resultados obtidos no estudo poderão ser úteis na prescrição do treinamento de força, pois se trata de uma nova proposta metodológica de treinamento que poderá ser utilizada em indivíduos saudáveis, atletas, idosos e na reabilitação de lesões. Este estudo será conduzido pelo Prof. Mauro A. B. Batista – Doutorando em Educação Física pela EEFUESP.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

Antes do início do estudo, você responderá a um questionário (anamnese) para identificar seu estado de saúde geral. O estudo terá duração de quatro semanas. Você deverá comparecer ao laboratório uma vez por semana. Em todas as sessões experimentais você terá seu desempenho do salto vertical avaliado. Além disso, você será submetido a avaliações da excitabilidade das vias reflexas. Um dos testes para essa finalidade consiste em aplicar uma estimulação elétrica sobre um nervo atrás do seu joelho e registrar a resposta a essa estimulação. Esse é um processo que causa um pequeno desconforto inicial, mas que é indolor. O outro teste da excitabilidade neural consiste em golpear o tendão do seu calcanhar com um martelo semelhante ao usado por um médico. As avaliações do salto vertical e da excitabilidade reflexa serão realizadas antes e depois que você realizar uma série de dez repetições, com carga de 90% de seu peso corporal, no exercício agachamento. Em duas das sessões esse mesmo exercício será realizado sobre uma plataforma que vibra. Quando realizar os exercícios sobre a plataforma você poderá se sentir um pouco inseguro, no entanto, o exercício não é perigoso e você será assistido por três avaliadores durante todo o experimento.

3. Desconfortos e riscos esperados:

Você poderá sentir um pouco de dor muscular após a primeira sessão de exercício, que deverá desaparecer em poucos dias. Esse desconforto não impedirá de maneira alguma a realização de tarefas diárias de rotina. O treinamento sobre a plataforma vibratória poderá causar um pouco de tontura e enjôo no início, que deixaram de ocorrer nas sessões de treinamento subsequentes.

4. Benefícios que poderão ser obtidos:

Não haverá compensação financeira pela sua participação neste estudo. Você receberá um relatório completo sobre seu desempenho e participação assim como do resultado final do estudo.

5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo:

Não existem procedimentos alternativos aos propostos no estudo.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo se colocam a disposição para esclarecer, a qualquer momento, as possíveis dúvidas sobre os procedimentos, riscos e benefícios proporcionados pelo estudo. Caso ocorra a necessidade de atendimento médico, você será encaminhado para atendimento no Hospital Universitário ou no Hospital das Clínicas. Além disso, você tem o direito de se retirar a qualquer momento do estudo sem que isso lhe proporcione qualquer prejuízo ou transtorno. As informações obtidas durante o estudo ficarão guardadas sob sigilo e privacidade absolutos. Em caso de qualquer emergência médica, os responsáveis pelo estudo lhe acompanharão ao hospital mais próximo.

V - ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA:

Em caso de necessidade você poderá entrar em contato com o prof. Dr. Valmor Tricoli pelo telefone: 3091-2139 e/ou o Prof. Mauro Batista pelo telefone:

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Nenhuma

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____, de 2008.

Assinatura do sujeito da pesquisa

assinatura do pesquisador

ANEXO II - Termo de consentimento livre e esclarecido usado no segundo experimento

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

DA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME DO INDIVÍDUO.....
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº:..... SEXO: M ☐ F ☐
 DATA DE NASCIMENTO:...../...../.....
 ENDEREÇO..... Nº..... APTO.....
 BAIRRO:..... CIDADE.....
 CEP:..... TELEFONE:..... DDD(.....)

2. RESPONSÁVEL LEGAL:.....
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador, etc.)
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE:.....SEXO: M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:...../...../.....
 ENDEREÇO:..... Nº..... APTO:
 BAIRRO:..... CIDADE:
 CEP: TELEFONE: DDD (.....)

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

5. TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

“EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA COMBINAÇÃO DOS TREINAMENTOS DE FORÇA E VIBRAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO NEUROMUSCULAR E A EXCITABILIDADE DAS VIAS REFLEXAS”.

PESQUISADOR RESPONSÁVEL

Prof. Dr. Valmor Tricoli

6. CARGO/FUNÇÃO

Professor Livre Docente

7. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO

RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO

X

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

8. DURAÇÃO DA PESQUISA

O estudo terá duração de 20 semanas (junho – outubro 2009).

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:

6. Justificativa e os objetivos da pesquisa:

O objetivo deste estudo é verificar se o treinamento de força combinado com o treinamento de vibração promove maior efeito nos desempenhos da força e do salto vertical e na hipertrofia muscular quando comparado ao treinamento de força isolado. As alterações reflexas causadas por este tipo de treinamento serão também avaliadas. Os resultados obtidos no estudo poderão ser úteis na prescrição do treinamento de força, pois se trata de uma nova proposta metodológica de treinamento que poderá ser utilizada em indivíduos saudáveis; atletas, idosos e na reabilitação de lesões. Este estudo será conduzido pelo Prof. Mauro A. B. Batista – Doutorando em Educação Física pela EEFUEUSP.

7. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

Antes do início do estudo, você responderá um questionário (anamnese) para identificar seu estado de saúde geral. O estudo consistirá num programa de treinamento de 10 semanas de duração. Você deverá treinar duas vezes por semana realizando o exercício agachamento, num programa que terá como objetivo promover a melhora da força de membros inferiores, o desempenho do seu salto vertical e a hipertrofia de membros inferiores. Antes de iniciar o treinamento você passará por uma série de avaliações que serão repetidas ao final das dez semanas de treinamento. Você será avaliado no teste de 1 RM no exercício agachamento, no salto vertical e fará um exame de ressonância magnética que servirá para avaliar o diâmetro de seu músculo da coxa. Além dessas avaliações, você será submetido a avaliações da excitabilidade reflexa. Esse teste consiste em aplicar uma estimulação elétrica sobre um nervo atrás do seu joelho e registrar a resposta a essa estimulação. Esse é um processo que causa um pequeno desconforto inicial, mas que é indolor.

8. Desconfortos e riscos esperados:

Você poderá sentir um pouco de dor muscular no início do período de treinamento, que deverá desaparecer em poucos dias. Esse desconforto não impedirá de maneira alguma a realização de tarefas diárias de rotina. O treinamento sobre a plataforma vibratória poderá causar um pouco de tontura e enjôo no início, que deixaram de ocorrer nas sessões de treinamento subsequentes.

9. Benefícios que poderão ser obtidos:

Não haverá compensação financeira pela sua participação neste estudo. Você receberá um relatório completo sobre seu desempenho e participação assim como do resultado final do estudo.

10. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo.

Não existem procedimentos alternativos aos propostos no estudo.

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo se colocam a disposição para esclarecer, a qualquer momento, as possíveis dúvidas sobre os procedimentos, riscos e benefícios proporcionados pelo estudo. Caso ocorra a necessidade de atendimento médico, você será encaminhado para atendimento no Hospital Universitário ou no Hospital das Clínicas. Além disso, você tem o direito de se retirar a qualquer momento do estudo sem que isso lhe proporcione qualquer prejuízo ou transtorno. As informações obtidas durante o estudo ficarão guardadas sob sigilo e privacidade absolutos. Em caso de qualquer emergência médica, os responsáveis pelo estudo lhe acompanharão ao hospital mais próximo.

V - ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA:

Em caso de necessidade você poderá entrar em contato com o prof. Dr. Valmor Tricoli pelo telefone: 3091-2139 e/ou o Prof. Mauro Batista pelo telefone:

VI. OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Nenhuma

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____, de 2009.

assinatura do sujeito da pesquisa

assinatura do pesquisador