

Marcos Daniel Motta Drummond

**EFEITO CRÔNICO DA ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA AO TREINAMENTO
DE FORÇA DINÂMICA MÁXIMA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2017

Marcos Daniel Motta Drummond

**EFEITO CRÔNICO DA ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA AO TREINAMENTO
DE FORÇA DINÂMICA MÁXIMA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências do Esporte.

Área de concentração: Treinamento com aplicação de vibrações mecânicas.

Orientador: Prof. Dr. Leszek A. Szmuchrowski

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional / UFMG

2017

Dedico este trabalho à minha família, especialmente à minha mãe Jane, meu pai Marcos e à minha avó Nilva, que sempre estiveram ao meu lado, sendo meus exemplos de luta, caráter e honestidade.

AGRADECIMENTOS

Ao meu professor e orientador Dr. Leszek A. Szmuchrowski.

Ao professor e amigo Dr. Bruno Pena Couto, pela confiança, conhecimentos compartilhados, dedicação, paciência e amizade.

Aos meus pais, Jane e Marcos, pelo amor, carinho, preocupação e companheirismo, não apenas ao longo dessa jornada, mas por toda minha vida.

Aos voluntários, que dedicaram tempo, suor e esforço para realização deste trabalho.

À Faculdade Pitágoras de Betim, por todo apoio.

Aos membros do LAC que me auxiliaram ao longo do doutorado.

RESUMO

A adição de vibração mecânica ao treinamento de força pode potencializar o aumento da força máxima e a hipertrofia muscular. O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito crônico dos treinamentos dinâmicos de força máxima, convencional e com adição de vibração mecânica localizada, sobre a força máxima e hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, em indivíduos recreacionalmente treinados no treinamento de força. A amostra foi composta por 20 indivíduos do sexo masculino, com idade média de $22,7 \pm 5,2$ anos e tempo médio de histórico de treinamento de força de $24,17 \pm 11,8$ meses. Após a familiarização aos testes de força e exercícios propostos, os indivíduos foram separados em dois grupos e submetidos ao treinamento dinâmico da força máxima por um período de 12 semanas. Um dos grupos realizou o programa de treinamento de força com adição de vibração localizada (GV), enquanto o outro grupo realizou o mesmo programa de treinamento, mas sem adição de vibração (GSV). O programa consistiu na realização dos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática e no banco Scott, sendo realizadas 5 séries de 3 a 4 repetições máximas em cada exercício, com pausa de 120 segundos entre as séries, três vezes por semana. Os parâmetros da vibração aplicada durante o treinamento de força do GV foram: frequência de 26 Hz e amplitude de 6 mm. Previamente ao início do período de treinamento, os voluntários foram submetidos aos testes de força de uma repetição máxima (1RM) e de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), além de exames de ultrassonografia para verificação da espessura dos músculos flexores do cotovelo. Após o período de treinamento, os voluntários foram submetidos novamente aos testes de força e ultrassonografia, para determinar o efeito crônico do treinamento de força em relação à força máxima e hipertrofia muscular. O GSV apresentou aumentos significativos nas médias dos resultados dos testes de 1RM nos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p < 0,0001$) e no banco Scott ($p < 0,0001$). O GV também apresentou aumentos significativos na média dos resultados dos testes de 1RM nos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p < 0,0001$) e no banco Scott ($p < 0,0001$). Os aumentos na força máxima dinâmica apresentados pelos grupos foram semelhantes nos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p = 0,250$) e no banco Scott ($p = 0,384$). O GSV apresentou aumento significativo nos resultados médios do teste de CIVM após o treinamento ($p < 0,0001$), assim como o GV ($p < 0,0001$). A diferença entre os aumentos na CIVM apresentados pelos grupos não foi significativa ($p = 0,212$). O GSV apresentou aumento significativo na espessura muscular média após o treinamento ($p = 0,001$), assim como o GV ($p = 0,001$). Não foi encontrada diferença significativa entre os aumentos na espessura muscular apresentados pelos grupos ($p = 0,38$). Portanto, os resultados apontaram que a adição de vibração localizada ao treinamento dinâmico de força máxima não potencializou as adaptações crônicas adquiridas por indivíduos recreacionalmente treinados no treinamento de força.

Palavras - chave: Vibração localizada. Treinamento dinâmico de força. Força máxima. Hipertrofia muscular.

ABSTRACT

The addition of mechanical vibration to strength training may increase maximal strength and muscle hypertrophy. The objective of the present study was to compare the chronic effect of dynamic strength training with the addition of local mechanical vibration on maximal strength and hypertrophy of the elbow flexor muscles in individuals recreationally trained. The sample consisted of 20 males, mean age 22.7 ± 5.2 years and mean strength training history of 24.17 ± 11.8 months. After familiarization with the proposed tests and exercises, the subjects were separated into two groups and submitted to dynamic strength training for 12 weeks. One group performed the strength training program with addition of local vibration (GV), while the other group performed the same training program without addition of vibration (GSV). The program consisted of elbow flexion exercises in the orthostatic position and the Scott bench, with 5 sets of 3 to 4 repetition maximum in each exercise, with a pause of 120 seconds between sets, three times a week. The parameters of the vibration applied during strength training: frequency of 26 Hz and amplitude of 6 mm. Prior to the beginning of the training period, the volunteers were submitted to one-repetition maximum test (1RM), maximal voluntary isometric contraction (MVIC) and ultrasound to check the thickness of the elbow flexor muscles. After the training period, the volunteers were again submitted to strength test and ultrasound to determine the chronic effect of strength training to maximal strength and muscle hypertrophy. The GSV showed significant increases in the means of the 1RM test results in the exercises of elbow flexion in the orthostatic position ($p < 0.0001$) and the Scott bench ($p < 0.0001$). The GV also showed significant increases in the mean 1RM test results in the exercises of elbow flexion at the orthostatic position ($p < 0.0001$) and the Scott bench ($p < 0.0001$). The increases in maximal dynamic strength presented by the groups were similar in elbow flexion in the orthostatic position ($p = 0.250$) and in the Scott bench ($p = 0.384$). The GSV presented a significant increase in the mean results of the MVIC test after training ($p < 0.0001$), as well as the GV ($p < 0.0001$). The difference between the increases in MVIC presented by the groups was not significant ($p = 0.212$). GSV presented a significant increase in mean muscle thickness after training ($p = 0.001$), as well as the GV ($p = 0.001$). No significant difference was found between the increases in muscle thickness presented by the groups ($p = 0.38$). Therefore, the results showed that the addition of local vibration to the dynamic training of maximal strength did not potentiate the chronic adaptations acquired by recreationally trained men.

Keywords: Local vibration. Dynamic strength training. Maximum strength. Muscle hypertrophy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Escala de intensidade do modelo PRACTE sua relação com as vias energéticas.	18
FIGURA 2 - Ruptura do disco-Z.	21
FIGURA 3 - Secção transversa da fibra muscular e células satélites incorporadas.	22
FIGURA 4 - Alterações na AST, na força muscular mensurada pela CIVM e na eletromiografia (EMG) mediante o treinamento de força	23
FIGURA 5 - Diferentes formatos de onda.	27
FIGURA 6 - Parâmetros da oscilação sinusoidal.	28
FIGURA 7 - Representação esquemática do reflexo miotático.	29
FIGURA 8 - Plataforma vibratória para aplicação de VCI.	31
FIGURA 9 - Adição de vibrações mecânicas diretamente no peso a ser deslocado.	32
FIGURA 10 - Aplicação de vibração mecânica no tendão do músculo alvo.	33
FIGURA 11 - Aplicação de vibração mecânica na resultante da força muscular.	33
FIGURA 12 - Efeito da aplicação de vibração mecânica na direção da contração muscular (*p<0,05).	35
FIGURA 13 – AST dos músculos flexores do cotovelo submetidos ao treinamento de força sem vibração (GSV) e com adição de vibração localizada (GCV).	39
FIGURA 14 - Desenho experimental.	44
FIGURA 15 - Equipamentos e exercícios propostos.	47
FIGURA 16 - Espessura muscular obtida por ultrassonografia, pré (A) e pós (B) treinamento, em oito pontos de um corte sagital.	49
FIGURA 17 - Célula de carga (A) e amplificador (B).	53
FIGURA 18 - Motor trifásico e inversor de frequência.	54
FIGURA 19 - Equipamento ultrassonografia.	54
GRÁFICO 1 – Variação percentual dos valores de 1RM.	57
GRÁFICO 2 – Variação percentual dos valores médios da CIVM.	58
GRÁFICO 3 – Variação percentual média da espessura muscular.	60
GRÁFICO 4 – Médias dos volumes totais de treinamento.	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) dos resultados dos testes de 1RM (kg) dos grupos GSV e GV, na flexão de cotovelo na posição ortostática e no banco Scott.	56
TABELA 2 - Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) dos resultados dos testes de CIVM (N) dos grupos GSV e GV.	58
TABELA 3 - Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) da espessura (mm) dos músculos flexores do cotovelo dos grupos GSV e GV.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AST	Área de secção transversa
CIVM	Contração isométrica voluntária máxima
1RM	Uma repetição máxima
<i>EMG</i>	Eletromiografia
eVDV	<i>Estimated vibration dose value</i>
GH	Hormônio do crescimento
GSV	Grupo sem adição de vibração
GV	Grupo com adição de vibração
PRACTE	Planejamento, registro e análise da carga de treinamento esportivo
RM	Repetições máximas
RTV	Reflexo tônico de vibração
VCI	Vibração de corpo inteiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivo	16
1.3 Hipóteses	16
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Treinamento da força muscular.....	17
2.1.1 Força muscular e adaptações crônicas ao treinamento de força.....	19
2.1.2 Parâmetros do treinamento dinâmico da força máxima	24
2.2 Vibrações mecânicas	26
2.2.1 Efeitos das vibrações mecânicas sobre o sistema músculo esquelético.	28
2.2.2 Tipos de aplicação da vibração mecânica.	30
2.2.3 Vibrações mecânicas e treinamento da força muscular.....	34
2.2.5 Parâmetros do treinamento com vibrações mecânicas	40
3 MÉTODOS	43
3.1 Delineamentos do estudo.....	43
3.2 Amostra	44
3.2.1 Cálculo amostral.....	45
3.2.2. Caracterização da amostra.....	46
3.3 Cuidados éticos.....	46
3.4 Procedimentos	46
3.4.1 Pré-testes.....	46
3.4.1.1 Exames de ultrassonografia	48
3.4.1.2 Teste de uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM).....	49
3.4.1.3 Testes de uma repetição máxima (1RM).....	50
3.4.2. Programa de treinamento de força.....	51
3.5 Instrumentos	52
3.6 Análises estatísticas.....	55
4 RESULTADOS.....	56
4.1 Resultados dos testes de 1RM.....	56
4.2 Resultados dos testes de CIVM.....	57
4.3 Espessura dos músculos flexores do cotovelo.....	59
4.4 Volume total de treinamento	60
5 DISCUSSÃO	61

6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE 1	79

1 INTRODUÇÃO

Os atletas de diversas modalidades esportivas tais como futebol, voleibol e lutas, que exigem diferentes manifestações da força muscular, possuem o aumento da força muscular como um dos objetivos do treinamento (SCHOENFELD, 2010). O treinamento de força gera adaptações neurais e estruturais do músculo esquelético, o que reflete no aumento da área de secção transversa (AST) e produção de força do músculo esquelético (SCHOENFELD, 2010; AKAGI *et al.*, 2009; SEYNNES *et al.*, 2007).

A carga de treinamento precisa ser superior ao nível de repouso e ao estado inicial do atleta, para exigir adaptações do organismo e conseqüente evolução no rendimento (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013). Szmuchrowski (1995) aponta a necessidade de uma ação integradora dos elementos que influenciam o rendimento do atleta e da equipe, por meio de um planejamento sistemático e dinâmico. Esse autor sugere a utilização de algum tipo de tecnologia que permita o planejamento, registro e análise da carga de treinamento de maneira integrada. Frente a isso, Szmuchrowski e Ferreira (2008) apresentaram o PRACTE, uma tecnologia que relaciona dinamicamente a determinação da carga de treinamento e o seu controle a partir do monitoramento do processo treinamento-fadiga-adaptação. Ainda segundo Szmuchrowski (1995), os métodos de treinamento deveriam representar a adequação entre os componentes - intensidade e duração, e a combinação do exercício com o método de treinamento utilizado deveria ser denominada meio de treinamento. Desta maneira, a aplicação de vibrações mecânicas durante o treinamento de força constitui um meio de treinamento que visa potencializar os resultados adquiridos.

A adição de vibração mecânica ao treinamento de força tem recebido destaque no treinamento esportivo e nas ciências do esporte, devido à procura por programas de treinamento mais eficazes para o aumento da força muscular (WILCOCK *et al.*, 2009; MARÍN e RHEA, 2010). Vibrações são oscilações mecânicas sofridas por um corpo (RITWEGGER, 2010). A frequência (Hz), amplitude (mm) da oscilação e o tempo de exposição ao estímulo vibratório são parâmetros da vibração a serem controlados (WILCOCK, 2009). Existem dois tipos de treinamentos com vibrações explorados na literatura científica: o de vibração de corpo inteiro (VCI) e a vibração localizada. A VCI é um método de aplicação indireta de vibrações que geralmente é aplicada nos pés do indivíduo por

meio de uma plataforma vibratória, e transmitida aos músculos pelos tecidos corporais (MARÍN e RHEA, 2010). Este tipo de aplicação de vibração é a maneira mais comum de realizar exercícios com adição de vibrações mecânicas. A vibração localizada busca direcionar o estímulo a um grupo muscular ou segmento corporal (COUTO *et al.*, 2012), para possivelmente evitar perdas nos estímulos da vibração durante a transferência entre os tecidos corporais, o que pode ocorrer na VCI. Silva, Couto e Szmuchrowski (2008) sugerem que a aplicação de vibração localizada pode ser mais eficiente, em comparação à VCI, pois é possível estimular diretamente os músculos que realizam as ações musculares. A vibração localizada pode ser aplicada no ventre muscular, no tendão do músculo alvo (MARÍN e RHEA, 2010), ou na direção oposta das resultantes das forças musculares (COUTO *et al.*, 2012).

Diversos estudos demonstraram efeitos positivos no desempenho de força e potência muscular devido à adição de vibrações mecânicas ao treinamento de força, tanto agudos (INSURIM e TENEBBAUM, 1999; RITTWEGGER *et al.*, 2000; IODICE *et al.*, 2011) quanto crônicos (SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012). Entretanto, outros estudos não encontraram diferenças significativas entre o efeito crônico do treinamento de força realizado sem e com adição de vibração (KVORNING *et al.*, 2006; CARSON *et al.*, 2010; LAMONT *et al.*, 2010; VON STENGEL *et al.*, 2012; DRUMMOND *et al.*, 2014). A diferença nas configurações dos parâmetros da vibração mecânica (HAZELL *et al.*, 2007; MARIN *et al.*, 2010) e, principalmente, do treinamento de força, podem justificar as diferenças nos resultados. Os estudos em que foram encontradas diferenças significativas utilizaram intensidades máximas no treinamento de força e ações musculares isométricas (SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012). Não foram encontrados estudos que investigaram o efeito crônico da adição de vibração, principalmente localizada, a partir de protocolos com normativas para treinamento dinâmico de força máxima.

O aumento agudo na produção de força com aplicação de vibração mecânica ocorre, possivelmente, devido a um reflexo tônico de vibração (RTV), que se assemelha ao reflexo miotático (WILCOCK *et al.*, 2009; POLLOCK *et al.*, 2012). O RTV resulta principalmente da ativação dos fusos musculares e é mediado por vias monossinápticas e polissinápticas, o que pode aumentar o recrutamento de unidades motoras por meio da ativação dos fusos musculares (WILCOCK *et al.*, 2009). Pollock *et al.* (2012) observaram uma atividade muscular reflexa durante a VCI, o que, segundo esses autores, indica a

presença do RTV. Segundo Wilcock *et al.* (2009) a maior produção de força devido à aplicação da vibração pode aumentar a intensidade do treinamento de força, o que pode refletir em maiores ganhos de força. Esses autores também especularam que o aumento da intensidade do treinamento proporcionaria uma maior hipertrofia muscular. Segundo Wilborn *et al.* (2009), os fatores envolvidos na ativação miogênica das células satélites e o estresse estrutural da fibra muscular estão diretamente relacionados à intensidade do treinamento de força. Assim, o treinamento de força com adição de vibração pode gerar maiores adaptações morfológicas musculares, por determinar maiores intensidades no treinamento. Ainda, alguns estudos encontraram que a adição de vibração ao treinamento de força proporciona maiores elevações na concentração sanguínea dos hormônios anabólicos Testosterona e Hormônio do crescimento (GH), o que pode desencadear uma maior hipertrofia muscular (KVORNING *et al.*, 2006; IODICE *et al.*, 2011).

Estudos que investigaram diretamente o efeito da aplicação de vibração mecânica sobre a hipertrofia muscular são escassos e os resultados contraditórios. Lamont *et al.* (2011) e Von Stengel *et al.* (2012) compararam os efeitos do treinamento de força com e sem VCI sobre a hipertrofia muscular, sendo que não foram observadas diferenças significativas entre os grupos. Drummond (2012) comparou o efeito crônico do treinamento de força com adição de vibração localizada e do treinamento de força convencional sobre a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo. Ambos os grupos apresentaram hipertrofia muscular significativa após 12 semanas de treinamento, mas os resultados não apresentaram diferença estatisticamente significativa. Contrariando esses achados, Osawa e Oguma (2013) encontraram que o treinamento de força com VCI resultou em maiores aumentos na AST dos músculos psoas maior e eretor da espinha, em comparação ao treinamento de força sem vibração. A diferença dos resultados pode ser justificada pelas diferenças nos protocolos de treinamento, parâmetros da vibração mecânica e nível de condicionamento dos indivíduos componentes das amostras. Não foram encontrados estudos que utilizaram amostras treinadas no treinamento de força com adição de vibração localizada, assim como não foram encontrados estudos que utilizaram protocolos com normativas específicas para treinamento dinâmico da força máxima com adição de vibração localizada.

1.1 Justificativa

O aumento na produção de força máxima pode influenciar positivamente o rendimento em diversas modalidades esportivas (SCHOENFELD, 2010). A adição de vibração ao treinamento de força tem ganhado destaque no treinamento esportivo e nas pesquisas atuais onde diversos estudos demonstraram efeitos positivos, agudos e crônicos, no desempenho de força muscular (MARÍN e RHEA, 2010). A adição da vibração mecânica ao treinamento de força proporciona maiores aumentos na concentração sanguínea de hormônios anabólicos (KVORNING *et al.*, 2006), além de aumentar a produção aguda de força e conseqüentemente a intensidade do treinamento (SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008). Estas respostas agudas podem potencializar a hipertrofia muscular como resultante do treinamento de força.

Entretanto são escassos os estudos que investigaram o efeito a adição de vibração mecânica localizada durante o treinamento dinâmico de força sobre a força máxima e a hipertrofia muscular, principalmente em comparação ao treinamento convencional, em indivíduos treinados. Ahtiainen e Hakkinen (2009) afirmam que atletas treinados no treinamento de força já são bem adaptados, assim possuem uma menor capacidade de adquirir novas adaptações que determinem maior produção de força muscular. Esses autores também sugerem que novos protocolos de treinamento de força, que gerem adaptações significativas em indivíduos treinados, sejam investigados.

Os estudos que encontraram efeitos positivos devido à adição de vibração localizada ao treinamento de força utilizaram protocolos de treinamento isométricos para aumento da força máxima (SILVA, COUTO e SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012), mas o treinamento dinâmico de força máxima pode ser mais eficiente para melhora do rendimento em modalidades esportivas que exigem ações dinâmicas de força máxima e elevada potência (NEWTON e KRAEMER, 1994; McBRIDE *et al.*, 2002). Assim, a adição de vibração mecânica ao treinamento de força, com normativas específicas para treinamento dinâmico da força máxima, pode potencializar os resultados e, portanto, ser mais eficaz na melhora do rendimento esportivo.

Frente a essas colocações, torna-se importante a realização deste estudo, que pode contribuir para determinar ou refutar a adição de vibração ao treinamento de força como uma ferramenta para potencializar os resultados do treinamento dinâmico da força muscular.

1.2 Objetivo

Comparar o efeito crônico dos treinamentos dinâmicos de força máxima, convencional e com adição de vibração mecânica localizada, sobre a força máxima e hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, em indivíduos treinados no treinamento de força.

1.3 Hipóteses

H0: Os protocolos de treinamento utilizados não ocasionarão alterações significativas na força máxima e hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo.

H1: O treinamento de força com adição de vibração mecânica ocasionará maior aumento na força máxima e na hipertrofia muscular, quando comparado com o treinamento de força convencional.

H2: O treinamento de força com adição de vibração mecânica ocasionará maior aumento na força máxima, sem diferença significativa na hipertrofia muscular, quando comparado com o treinamento de força convencional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treinamento da força muscular.

Para que seja possível atingir um elevado nível de rendimento esportivo é necessário submeter o atleta a rigorosas situações de treinamento, sendo que carga de treinamento imposta a ele precisa ser superior ao seu nível de repouso e estado inicial de condicionamento. Assim, serão exigidas adaptações do organismo, com conseqüente evolução no rendimento esportivo (SZMUCHROWSKI, 1995; SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013). Frente à complexidade do processo do treinamento, Szmuchrowski (1995) aponta a necessidade de uma ação integradora dos elementos que influenciam o rendimento do atleta e da equipe, por meio de um planejamento sistemático e dinâmico. Szmuchrowski e Ferreira (2008) sugeriram uma tecnologia de planejamento, registro e análise da carga de treinamento esportivo – PRACTE. Esta tecnologia relaciona dinamicamente a determinação da carga de treinamento e o seu controle a partir do processo treinamento-fadiga-adaptação. Segundo Szmuchrowski (1995), os métodos de treinamento representam a adequação entre os componentes: intensidade e duração.

A intensidade do treinamento é a taxa de gasto energético em função do tempo (Kcal/min) (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013). Esse componente dos métodos de treinamento pode determinar o substrato e a via energética predominante na atividade (DENADAI e GRECO, 2005), número e tipos de fibras musculares solicitadas predominantemente, além da predominância em relação às adaptações neurais ou morfológicas do sistema muscular (NÓBREGA e LIBARDI, 2016). No modelo PRACTE a intensidade é classificada em seis níveis a partir do sistema energético predominante na produção de energia para a execução da tarefa, sendo o primeiro nível quando a via energética predominante é a aeróbia (nível 1) e a último quando a predominância é anaeróbica alática (nível 6) (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013), conforme apresentado na figura 1. A partir dessa escala, o exercício deve ser realizado em um dos seis níveis de intensidade.

FIGURA 1 - Escala de intensidade do modelo PRACTE sua relação com as vias energéticas.

Nível	Via energética predominante
6	Anaeróbia alática
5	Anaeróbia láctica
4	Mista – predominância aeróbia com importante participação anaeróbia
3	Aeróbia – correspondente ao limiar anaeróbio
2	Aeróbia – utilizada para treinos aeróbios prolongados
1	Aeróbia – utilizada para treinos de manutenção e recuperação ativa

Fonte: adaptado de Szmuchrowski e Couto (2013).

A duração da atividade é determinante nas adaptações geradas pela carga de treinamento. Segundo Szmuchrowski e Couto (2013), não basta especificar o exercício e a intensidade que serão utilizados no treinamento, sendo exigida a prescrição conjunta e coerente, destes componentes da carga. No modelo PRACTE é sugerida a divisão dos métodos de treinamento em três diferentes grupos: métodos contínuos, métodos fracionados e método repetitivo (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013). Os métodos contínuos se caracterizam pela ausência de intervalos de recuperação, com intensidades geralmente baixas ou médias, variáveis ou invariáveis. Métodos fracionados possuem como principal característica a existência de intervalos para recuperação, o que permite a adoção de intensidades mais elevadas. O método fracionado repetitivo é caracterizado pela realização de exercícios com intensidade máxima ou próxima da máxima, que pode gerar adaptações crônicas que determinam maior produção de força muscular, caracterizando assim o treinamento de força (SILVA *et al.*, 2015). A combinação do exercício e do método utilizado representa o meio de treinamento que pode ser catalogado para otimizar a prescrição, o registro e o controle da carga de treinamento, no modelo PRACTE (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013; SILVA *et al.*, 2015).

Diversas modalidades esportivas são fracionadas e de intensidade elevada, exigindo predominante produção de energia pelas vias anaeróbias, além de grande produção de força muscular, em suas diferentes manifestações. Assim, modalidades como o futebol, voleibol e lutas, possuem o aumento da força muscular como um dos principais objetivos no treinamento (SCHOENFELD, 2010). Frente à necessidade de aumentar a produção de força e consequentemente melhorar o rendimento esportivo, a ciência busca constantemente métodos

que possam otimizar o treinamento e potencializar os resultados. Isto pode ocorrer, principalmente, por meio do incremento da intensidade, com adequado ajuste à duração, determinando meios eficientes de treinamento da força muscular (SZMUCHROWSKI e COUTO, 2013).

2.1.1 Força muscular e adaptações crônicas ao treinamento de força

A força muscular é quantidade de força que um músculo ou grupo muscular pode gerar em um padrão específico de movimento e em uma determinada velocidade (KNUTTGEN e KRAEMER, 1987), modificando o estado de repouso ou movimento de um corpo (KOMI, 2006). A força muscular pode se manifestar como força de partida (maior valor de força alcançado em 30 milissegundos após o início da contração muscular), como força explosiva (taxa de desenvolvimento da força), potência (produto da força pela velocidade) e como força máxima (TAN, 1999; KOMI, 2006).

A força máxima é a capacidade do sistema neuromuscular de produzir o maior valor de força contra uma resistência insuperável, ou seja, em uma ação isométrica (TAN, 1999). Entretanto, a força máxima pode ser determinada em ações dinâmicas, concêntricas ou excêntricas, sendo a quantidade máxima de força produzida de acordo com um referencial de padrão de movimento e velocidade de ação (KNUTTGEN e KRAEMER, 1987; KOMI, 2006, ACSM, 2009).

Segundo Tan (1999), a força máxima é um componente essencial para o bom rendimento em diversos esportes, como o levantamento de peso. Mesmo em modalidades esportivas em que outras formas de manifestação da força muscular podem ser predominantes, a força máxima deve ser desenvolvida preliminarmente, uma vez que o seu aprimoramento pode beneficiar outras formas de manifestação da força muscular, principalmente pela transferência positiva entre as fases da periodização do treinamento de força (TAN, 1999; ISSURIN, 2015).

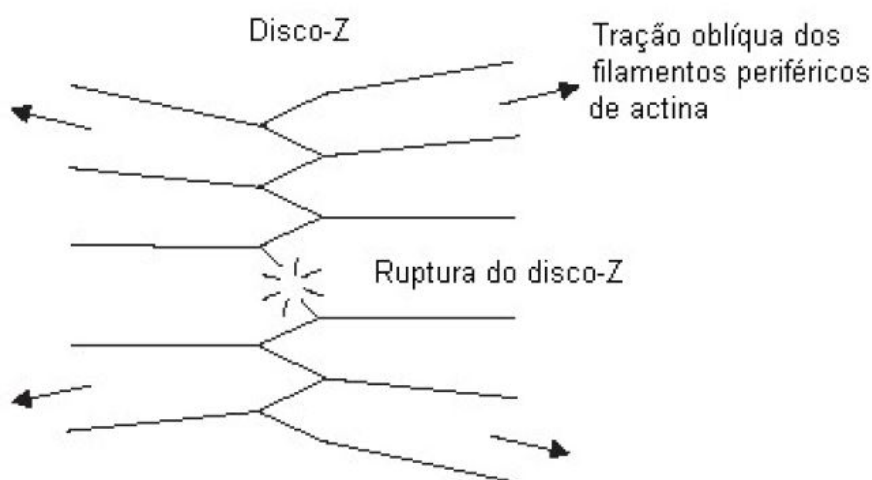
O treinamento de força gera adaptações neurais e estruturais do músculo esquelético que refletem no aumento da produção de força muscular (SCHOENFELD, 2010;

AKAGI *et al.*, 2009; SEYNNES *et al.*, 2007). As principais adaptações neurais são: maior recrutamento de unidades motoras - principalmente do tipo II, aumento na frequência e maior sincronização dos disparos das unidades motoras (HÄKKINEN *et al.*, 2001, HOFF, GRAN e HELGERUD, 2002), além da redução da ativação da musculatura antagonista (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). Em tarefas que a força máxima dinâmica é exigida, a maior sincronização dos disparos das unidades motoras pode ser a principal adaptação ao treinamento, ao contrário do treinamento da força máxima isométrica (JONES, RUTHERFORD e PARKER, 1989).

As adaptações estruturais englobam alterações nos tipos de fibra muscular, no ângulo de inserção das fibras musculares, na composição dos componentes contráteis e do tecido conectivo (FOLLAND e WILLIAMS, 2007). A principal adaptação estrutural ao treinamento de força é a hipertrofia muscular que determina o aumento da AST da musculatura treinada (AKAGI, 2009). A hipertrofia muscular ocorre devido a diversos processos, tais como: o estabelecimento de um balanço proteico positivo (BOONYAROM e INUI, 2006), aumento do tamanho e número de miofibrilas (FOLLAND e WILLIAMS, 2007), incorporação de células satélites às fibras musculares (KADI e THORNELL, 2000) e aumento do sarcoplasma (SCHOENFELD, 2010). O balanço proteico positivo, que consiste na maior síntese de proteína em relação a sua degradação, leva ao aumento da quantidade de proteínas contráteis, complexo da actina e da miosina, na fibra muscular (BOONYAROM e INUI, 2006). Assim, a espessura das miofibrilas é aumentada que somada à tração oblíqua imposta aos sarcômeros durante a contração muscular, leva ao rompimento longitudinal da proteína da linha Z (disco-Z), com consequente aumento do número de miofibrilas na fibra muscular (FOLLAND e WILLIAMS, 2007) (FIGURA 2). A ativação, proliferação e incorporação de células satélites à fibra muscular é desencadeada pelo treinamento de força a partir dos microtraumas das fibras musculares (VIERCK *et al.*, 2000) e hipóxia celular (OSAWA e OGUMA, 2013), impostos pelo treino de força. Tal incorporação das células satélites às fibras musculares leva ao aumento dos mionúcleos e da quantidade de proteínas contráteis (FIGURA 3), com consequente aumento da AST da fibra muscular (KADI e THORNELL, 2010) e maior produção de força (AKAGI, 2009). O aumento de elementos não contráteis e dos fluídos no sarcoplasma também contribui para o aumento da AST da célula, sendo denominada hipertrofia sarcoplasmática (SCHOENFELD, 2010). Entretanto, esse mecanismo de aumento da AST da fibra muscular pode não influenciar de forma significativa a força máxima, por não aumentar diretamente as interações entre proteínas contráteis e

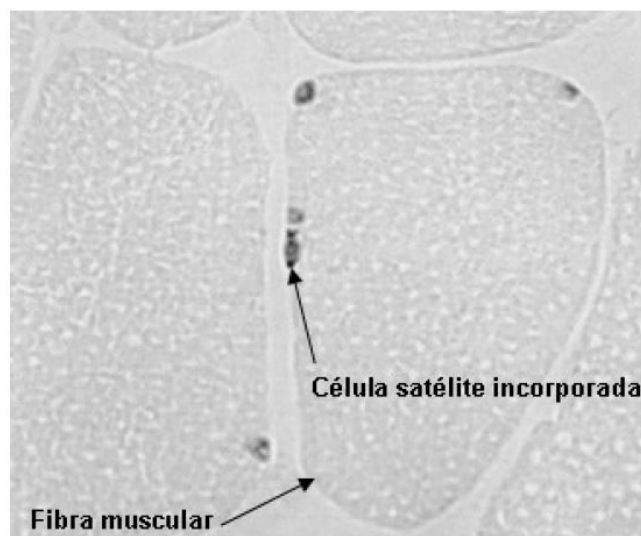
consequentemente a força produzida para deslizamento do complexo da actina sobre a miosina (FOLLAND e WILLIAMS, 2007; AKAGI, 2009). Os processos que determinam a hipertrofia muscular dependem diretamente da alimentação e concentração de hormônios anabólicos, principalmente Testosterona e GH, (KVORNING *et al.*, 2006; WALTER *et al.*, 2010; IODICE *et al.*, 2011), além da configuração da carga do treinamento de força (WILBORN *et al.*, 2009).

FIGURA 2 - Ruptura do disco-Z.



Fonte: adaptado de Folland e Williams (2007).

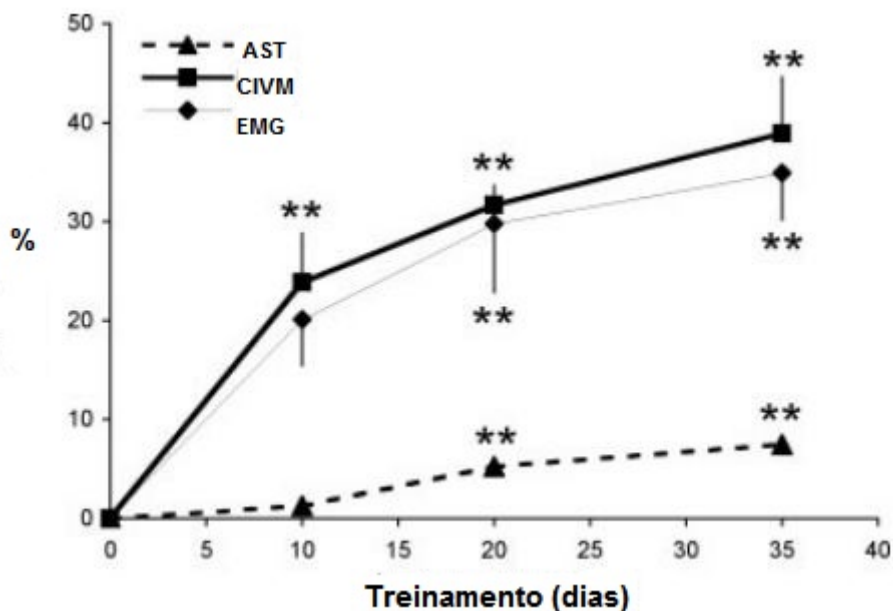
FIGURA 3 - Secção transversa da fibra muscular e células satélites incorporadas.



Fonte: adaptado de Kadi e Thornell (2000).

Segundo Seynnes *et al.* (2007) existe uma sequência de fenômenos na adaptação ao treinamento de força, onde as adaptações morfológicas são precedidas por adaptações neurais. Estes autores encontraram em seu estudo, que nos 10 primeiros dias de treinamento de força ocorreu aumento na produção de força muscular, verificada pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM), sem aumento significativo da AST da musculatura treinada, o quadríceps femoral. Entretanto, nesse período ocorreu um aumento da atividade eletromiográfica da musculatura durante a tarefa de força, indicando assim uma adaptação neural ao treinamento de força (FIGURA 4). A hipertrofia muscular foi identificada de forma significativa após 20 dias de treinamento sendo associada ao aumento da força muscular verificada neste momento. Resultados semelhantes foram encontrados após 35 dias de treinamento (FIGURA 4). Assim, Seynnes *et al.* (2007) afirmam que as adaptações morfológicas são precedidas por adaptações neurais. Outros autores, em suas afirmações, corroboram a informação de que a hipertrofia muscular ocorra, ou possa ser mensurada, de maneira significativa, após algumas semanas de treinamento de força (FOLLAND e WILLIAMS *et al.*, 2007; SCHOENFELD, 2010).

FIGURA 4 - Alterações na AST, na força muscular mensurada pela CIVM e na eletromiografia (EMG) mediante o treinamento de força



Fonte: adaptado de Seynnes *et al.* (2007).

Para garantir que o aumento da força máxima ocorra, é importante que a carga de treinamento promova o estresse de um número máximo de unidades motoras, alcançando uma máxima ativação muscular (FOLLAND e WILIAMS, 2007). Deste modo, os métodos de treinamento devem ser específicos, tendo como característica a elevada intensidade, máxima ou próxima à máxima, e baixa duração, representada por poucas séries e repetições (ACSM, 2009; WILBORN *et al.*, 2009).

2.1.2 Parâmetros do treinamento dinâmico da força máxima

A grandiosidade do aumento da força máxima depende do programa prescrito para treinamento da força muscular sendo necessária a cuidadosa prescrição dos parâmetros da carga de treinamento: intensidade, número de repetições e séries, intervalos entre as séries e intervalos entre as sessões de treinamento (frequência) (TAN, 1999; ACSM, 2009). Os parâmetros do treinamento de força devem ser ajustados também de acordo com o nível de condicionamento dos indivíduos submetidos ao treinamento de força, sendo classificados como não treinados aqueles que apresentam nenhum ou baixo nível de condicionamento, enquanto os que possuem experiência e mais elevado nível de condicionamento são classificados como treinados (RHEA, 2004; ACSM, 2009). Segundo Rhea (2004), indivíduos não treinados são aqueles que não possuem histórico regular de treinamento de força pelo período de 12 meses, enquanto os treinados podem ser divididos em recreacionalmente treinados, que possuem histórico de 1 a 5 anos de treinamento regular de força e; altamente treinados, que possuem histórico de mais de 5 anos regulares de treinamento de força.

No treinamento de força, intensidades elevadas são mais eficientes para aumento da força máxima dinâmica enquanto intensidades moderadas são mais indicadas para hipertrofia muscular (CAMPOS *et al.*, 2002; SCHOENFELD *et al.*, 2016a). A prescrição da intensidade pode ser realizada de forma absoluta, ou seja, pelo peso deslocado, ou de forma relativa (percentual) ao valor de uma repetição máxima (1RM) (TAN, 1999; ACSM, 2009). A intensidade do treinamento de força máxima deve ser aumentada progressivamente de acordo com o nível de condicionamento do indivíduo (ACSM, 2009). Para indivíduos não treinados a intensidade deve ser entre 50 a 70% de 1RM, enquanto que para indivíduos treinados deve ser acima de 80% (TAN, 1999; RHEA *et al.*, 2003; ASCM, 2009). Outra forma de determinar a intensidade do treinamento de força é ajustar o peso deslocado de acordo com uma faixa pré-determinada de repetições realizadas até a falha concêntrica, denominado repetições máximas (ASCM, 2009; NÓBREGA e LIMBARDI, 2016). A faixa para aumento da força máxima dinâmica deve ser de 1 a 6 repetições máximas (RM) (RHEA *et al.*, 2003; ACSM, 2009). Campos *et al.* (2002) comparam três programas de treinamento de força na musculação, sendo que um dos grupos realizou o treino com baixo número de repetições, faixa de 3 a 5 RM, enquanto que os outros grupos realizaram com número intermediário (9-11 RM) e alto de repetições (20 a 28 RM). Os resultados indicaram que o aumento significativo da força

máxima foi apresentado pelos grupos que realizaram baixo e intermediário número de repetições, assim como em relação à hipertrofia muscular. O grupo que realizou 3 a 5 RM apresentou maior aumento na força máxima dinâmica.

Em relação ao número de séries, a realização de múltiplas séries por exercício é mais eficiente para aumento da força muscular máxima dinâmica, tanto para indivíduos não treinados quanto para indivíduos treinados (RHEA *et al.*, 2003; ASCM, 2009; KRIEGER, 2010). O número de séries realizadas no treinamento da força muscular máxima de indivíduos treinados deve ser maior do que para indivíduos não treinados (ACSM, 2009; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016), sendo prescrito entre 3 a 6 séries por exercício a cada sessão de treinamento (RHEA *et al.*, 2003; ASCM, 2009; KRIEGER, 2010) e acima de 10 séries por semana (SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016).

O intervalo entre as séries deve ser maior no treinamento da força máxima dinâmica em comparação ao treinamento de resistência de força (DE SALLES *et al.*, 2009). A prescrição do intervalo entre as séries deve respeitar uma pausa com duração entre 2 a 5 minutos, para aumento crônico da força muscular máxima dinâmica (ACSM, 2009). Quando são realizados exercícios multiarticulares a duração da pausa deve ser acima de 2 minutos, mas, quando são realizados exercícios monoarticulares, a pausa pode ser prescrita entre 1 a 2 minutos (DE SALLES *et al.*, 2009).

A frequência do treinamento dinâmico da força máxima pode variar entre 2 a 5 sessões semanais (TAN, 1999; ACSM, 2009). A frequência de treinamento de 3 sessões semanais para um mesmo grupo muscular é mais eficaz para aumento da força máxima dinâmica de indivíduos não treinados, enquanto que para indivíduos treinados a frequência ideal é de 2 sessões semanais (RHEA *et al.*, 2003). A frequência semanal pode ser ajustada de acordo com o número de séries realizadas por grupo muscular a cada sessão, com objetivo de adequação do número total de séries realizadas por semana e do volume total de treinamento semanal (ACSM, 2009; SCHOENFELD; OGBORN; KRIEGER, 2016). O volume total de treinamento consiste do produto da massa deslocada a cada repetição pelo número de total de séries realizadas (massa x séries x repetições) no período de treinamento (SOUZA *et al.*, 2014). A partir do volume total de treinamento é possível comparar o efeito do treinamento sendo relacionado ao Trabalho realizado e ao rendimento absoluto, assim como às adaptações adquiridas no treinamento de força, como a hipertrofia muscular (ACSM, 2009; DE SOUZA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2014).

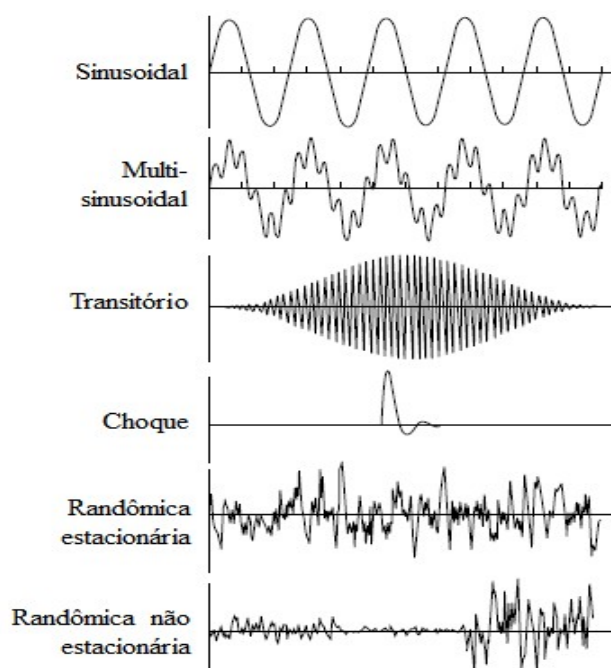
2.2 Vibrações mecânicas

Segundo Rittweger (2010), as vibrações são oscilações sofridas por um corpo. Estas vibrações estão presentes em atividades diárias tais como: manusear um equipamento eletrodoméstico ou o manuseio de ferramentas na construção civil. Cardinale e Wakeling (2005) salientam que as vibrações também estão presentes na prática esportiva, devido à interação do corpo humano com forças externas. Essas interações geram oscilações nos tecidos corporais, ou seja, desencadeiam vibrações. A vibração gerada pelo contato dos pés com o solo durante a corrida e a caminhada, o impacto provocado pelo contato da raquete com a bola no Tênis e a vibração da bicicleta em um terreno irregular, são exemplos da presença da vibração na prática esportiva. A exposição prolongada a estas vibrações pode gerar fadiga e diminuição na capacidade de gerar força (CARDINALE e WAKELING, 2005). Entretanto, as vibrações também podem ser manipuladas e utilizadas como forma de treinamento de atletas, sendo utilizados equipamentos específicos para geração de vibração mecânica (MARÍN e RHEA, 2010; DRUMMOND *et al.*, 2014).

As variações podem ser periódicas ou randômicas, livres ou forçadas (TAYLOR, 2003). Nas vibrações periódicas o estímulo que gera vibração é conhecido e repetido periodicamente, enquanto que nos sistemas vibratórios randômicos o estímulo vibratório não pode ser previsto. As vibrações livres ocorrem quando o sistema recebe um impulso inicial e vibra sem a ação contínua de forças externas. As vibrações forçadas são caracterizadas pela atuação repetida de uma força externa para produzir vibrações, sendo comum no treinamento de força (TAYLOR, 2003). Em situações esportivas são observadas vibrações randômicas, livres. Contudo, no treinamento com vibrações mecânicas o formato de onda usualmente gerado é o sinusoidal, periódico forçado (FIGURA 5) (MESTER *et al.*, 2003; TAYLOR, 2003).

O estímulo vibratório é determinado por sua frequência e amplitude, além da aceleração (m/s^2) gerada pela interação desses parâmetros (MARÍN e RHEA, 2010). A frequência é definida como o número de ciclos de oscilação por segundo (Hz) e a amplitude como o deslocamento do movimento oscilatório (mm) (FIGURA 6) (MARÍN e RHEA, 2010; COCHRANE, 2010).

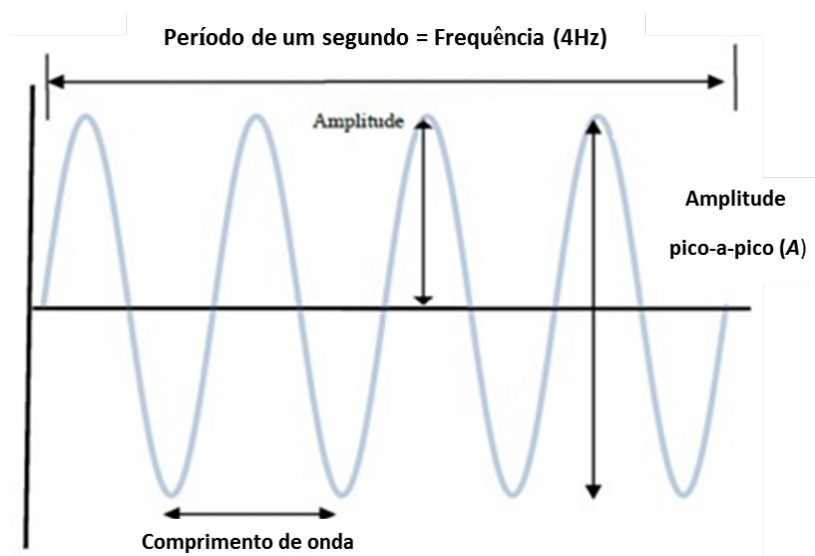
FIGURA 5 - Diferentes formatos de onda.



Fonte: Adaptada de Mester *et al.*(2003).

Além do treinamento para aumento do rendimento esportivo, a aplicação de vibração mecânica pode diminuir os efeitos do envelhecimento sobre o sistema neuromuscular, auxiliar no tratamento e prevenção da osteoporose e da sarcopenia, assim como no combate aos efeitos maléficos da microgravidade (MACHADO *et al.*, 2010; MARÍN e RHEA, 2010).

FIGURA 6 - Parâmetros da oscilação sinusoidal.



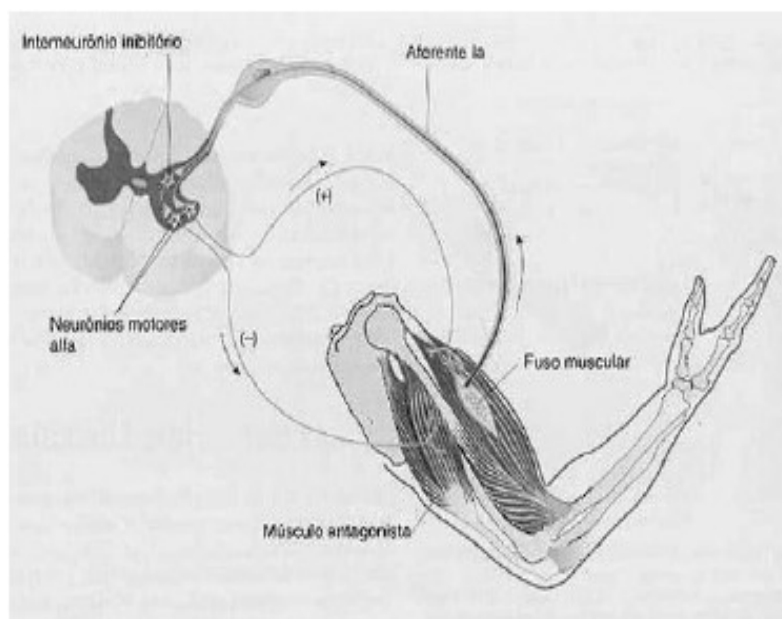
Fonte: adaptado de COCHRANE (2010).

2.2.1 Efeitos das vibrações mecânicas sobre o sistema músculo esquelético.

A vibração mecânica promove pequenas e rápidas alterações no comprimento do músculo exposto ao estímulo vibratório. Frente a essas alterações o fuso muscular promove uma contração reflexa, semelhante ao reflexo miotático, denominada de Reflexo Tônico de Vibração (RTV) (BROWN e WEIR, 2001; WILCOCK, 2009; POLLOCK *et al.*, 2012). Quando o músculo é estirado ele provoca a excitação do fuso muscular, um receptor sensorial fusiforme localizado entre as fibras musculares, que gera uma contração reflexa do músculo estimulado (FOSS e KETEVIAN, 2000). O fuso muscular é excitado por mudanças significativas no comprimento do músculo e pela velocidade de mudança no comprimento das fibras intrafusais (CHEN *et al.*, 2003; KANDEL, SCHWARTZ e JESSELL, 2003). O circuito neuronal do reflexo miotático ocorre por meio de uma via monossináptica, na qual as terminações primárias Ia realizam a sinapse direta com o motoneurônio anterior, possibilitando assim um retardo quase desprezível do impulso (CHEN *et al.*, 2003). No estiramento súbito do músculo esquelético, as fibras musculares intrafusais com bolsa nuclear são excitadas. Isso faz com que haja uma contração reflexa instantânea do músculo estirado,

que atua em oposição às súbitas alterações no comprimento muscular, gerando tensão de origem passiva (reflexa) na estrutura muscular (FIGURA 7) (CHEN *et al.*, 2003; POLLOCK *et al.*, 2012).

FIGURA 7 - Representação esquemática do reflexo miotático.



Fonte: Foss e Keteyian (2000).

O RTV ocorre por meio da ativação das fibras Ia dos fusos musculares, mediado por vias monossinápticas e polissinápticas (LUO, MCNAMARA e MORAN, 2005; WILCOCK *et al.*, 2009; POLLOCK *et al.*, 2012). Este reflexo pode ocorrer em diferentes frequências de vibrações (MARTIN e PARK, 1997; RITTWEGGER *et al.*, 2000; POLLOCK *et al.*, 2012). O RTV cessa assim que o músculo não recebe mais o estímulo vibratório, mas, após um intervalo de 10 a 15 segundos, ao ser novamente aplicado estímulos vibratórios observam-se contrações musculares mais rápidas do que as anteriores (CARLSOO, 1982). Portanto, o RTV pode aumentar o recrutamento de unidades motoras por meio da ativação dos fusos musculares e de vias polissinápticas. Entretanto se esses fusos musculares forem estimulados, por meio de vibrações, por um longo período, eles podem atingir o estado de fadiga (MARÍN e RHEA, 2010).

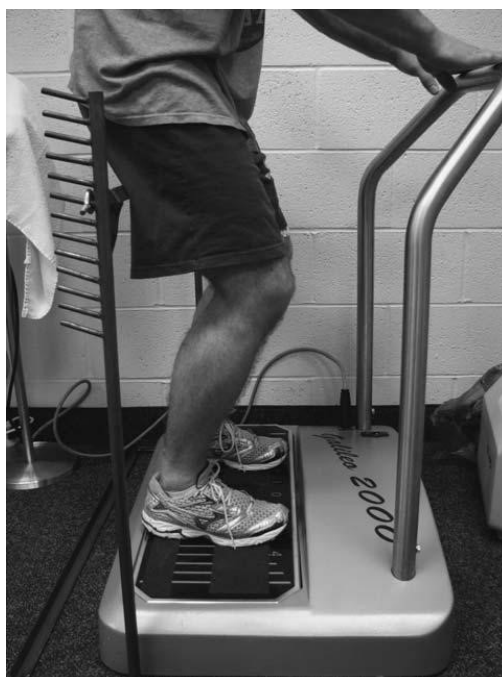
A contração reflexa da musculatura estimulada pela vibração mecânica, também provoca uma consequente inibição recíproca da musculatura antagonista a partir da hiperexcitabilidade dos motoneurônios que inervam esta musculatura (COCHRANE, 2010). Segundo Cochrane (2010), alguns aspectos podem afetar o RTV, tais como a configuração dos parâmetros da vibração mecânica, amplitude e frequência, assim como a forma e o tipo de aplicação da vibração.

2.2.2 Tipos de aplicação da vibração mecânica.

A literatura científica apresenta dois tipos de treinamentos com vibrações, sendo distintos principalmente pela maneira como a vibração é aplicada. Os dois tipos são denominados como vibração de corpo inteiro (VCI) e vibração localizada (MARÍN e RHEA, 2009; DRUMMOND *et al.*, 2012).

A VCI consiste na maneira mais comum de aplicação da vibração mecânica, sendo utilizadas plataformas vibratórias, sobre as quais o indivíduo recebe os estímulos vibratórios nos pés (FIGURA 8), comumente na posição ortostática ou agachada (HOPKINS *et al.*, 2009; MARÍN e RHEA, 2009). A plataforma vibratória pode produzir deslocamentos nos planos horizontal e vertical, de maneira sincronizada ou com alternância entre os lados (CARDINALE e WAKELING, 2005; ABERCROMBY *et al.* 2007; RITTWEGER, 2010). Por meio das plataformas vibratórias é possível manipular amplitude e frequência, além da direção do estímulo vibratório (MAHIEU *et al.*, 2006).

FIGURA 8 - Plataforma vibratória para aplicação de VCI.



Fonte: Hopkins *et al.* (2009).

A VCI é uma forma de aplicação indireta da vibração mecânica no músculo alvo do treinamento de força (LUO, MCNAMARA e MORAN, 2007; MARÍN e RHEA, 2009). Assim, a energia da vibração pode ser atenuada a partir de sua transmissão através dos tecidos corporais, desde a fonte da vibração até o músculo ou segmento a ser estimulado. Além disso, devido à distância entre a fonte de vibração e o músculo transmissão, pode ser ineficaz a quantificação das frequências e amplitudes reais aplicadas nos músculos alvo (DRUMMOND, 2010; DRUMMOND *et al.*, 2012). A propagação do estímulo de vibração na VCI depende de diversas variáveis, tais como os parâmetros da vibração, frequência e amplitude, além das características corporais do indivíduo, da área de contato dos pés com a plataforma e da postura adotada sobre a plataforma (HARAZIN e GRZESIK, 1998; MARÍN e RHEA, 2009).

A vibração localizada busca direcionar o estímulo a um grupo muscular ou segmento corporal (COUTO *et al.*, 2012), possivelmente para evitar perdas nos estímulos da vibração durante a transferência entre os tecidos corporais e não apresentar limitações comuns da VCI, anteriormente citadas (MARTIN e PARK, 1997; LUO, MCNAMARA e MORAN,

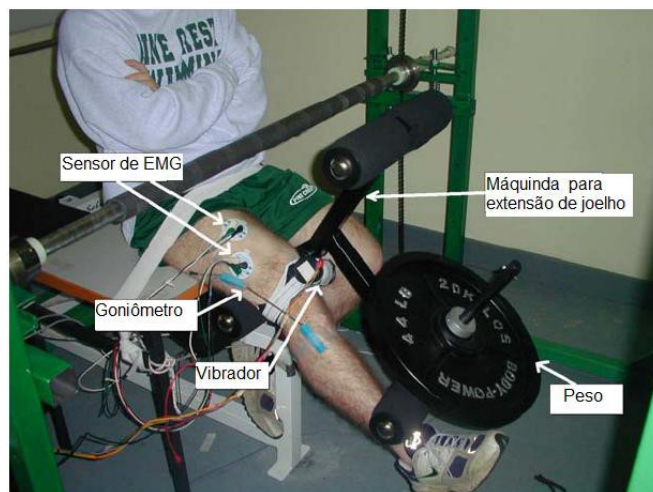
2005). Portanto, a aplicação de vibração localizada possivelmente é mais eficiente no treinamento da força muscular (SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008). Não foram encontrados estudos que comparam a eficácia dos diferentes tipos de aplicação de vibração no treinamento de força. A vibração localizada pode ser aplicada diretamente no peso a ser deslocado (FIGURA 9) (POSTON *et al.*, 2007), no tendão do músculo alvo (FIGURA 10) (LUO, MCNAMARA e MORAN, 2007) e na direção oposta da resultante da força muscular (FIGURA 11) (SILVA, COUTO e SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012, DRUMMOND *et al.*, 2014).

FIGURA 9 - Adição de vibrações mecânicas diretamente no peso a ser deslocado.



Fonte: Poston *et al.* (2007).

FIGURA 10 - Aplicação de vibração mecânica no tendão do músculo alvo.



Fonte: Luo, McNamara e Moran (2007).

FIGURA 11 - Aplicação de vibração mecânica na resultante da força muscular.



Fonte: Silva; Couto; Szmuchrowski (2008).

A aplicação da vibração na direção oposta da resultante da força muscular pode ser mais eficiente no treinamento de força por produzir curtos alongamentos com efeitos

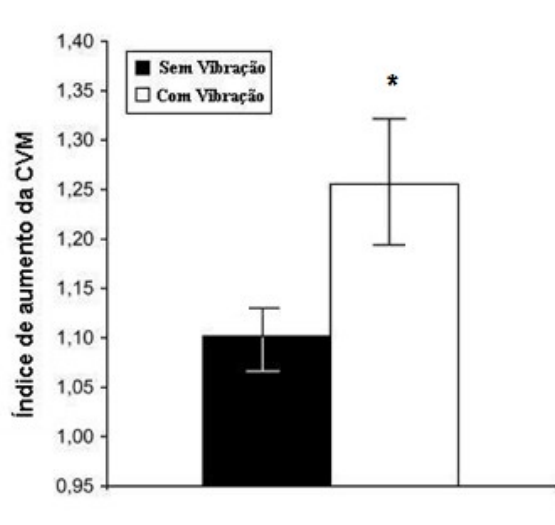
excêntricos no seguimento e, conseqüentemente, na musculatura específica treinada. Assim, os fusos dos músculos alvo podem ser estimulados de maneira mais eficiente (COUTO *et al.*, 2012; DRUMMOND *et al.*, 2014).

2.2.3 Vibrações mecânicas e treinamento da força muscular

A adição de vibração mecânica ao treinamento de força tem recebido destaque no treinamento esportivo devido à procura por métodos mais eficazes para o aumento da força muscular (WILCOCK *et al.*, 2009; MARÍN e RHEA, 2010). Diversos estudos demonstraram que a aplicação de vibração mecânica pode ser eficaz para potencializar os resultados do treinamento de força em relação à força máxima (ISSURIN, LIEBERMANN e TENENBAUM, 1994; RONNESTAD, 2004; SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012) e à hipertrofia muscular (MACHADO *et al.* 2010; OSAWA e OGUMA, 2013), seja com adição de VCI (RONNESTAD, 2004; OSAWA e OGUMA, 2013), ou com adição de vibração localizada (ISSURIN, LIEBERMANN e TENENBAUM , 1994; SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012) aos parâmetros do treinamento de força.

Delecluse *et al.* (2003) compararam o treinamento de força convencional ao treinamento com aplicação de VCI, durante 12 semanas, em mulheres jovens, onde os achados indicaram que o treinamento com adição proporcionou maior ganho de força máxima. Em um estudo realizado por Silva, Couto e Szmuchrowski (2008), o treinamento com adição de vibração na direção contrária do resultante da força gerada pela contração muscular determinou um maior acréscimo da força (26%), comparado ao treinamento sem vibração (10%) (FIGURA 12). A produção de força foi determinada pelos testes de CIVM. De acordo com os autores, possivelmente um maior impulso produzido pela adição da tensão passiva gerada pela vibração determinou um maior estímulo de treinamento, o que pode justificar os resultados.

FIGURA 12 - Efeito da aplicação de vibração mecânica na direção da contração muscular (* $p < 0,05$).



Fonte: adaptado de Silva; Couto; Szmuchrowski (2008)

Em sua investigação, Ronnestad (2004) comparou o efeito do treinamento de força realizado de forma convencional e com adição de VCI no desempenho, no teste de 1RM. Os voluntários realizaram o exercício agachamento durante cinco semanas, divididos nas duas situações experimentais. Durante a primeira semana de treinamento foram realizadas três séries de 10 RM, na segunda e terceira semanas foram realizadas quatro séries de 8 RM e durante as últimas duas semanas de treinamento foram realizadas quatro séries de 6 RM. Os dois grupos apresentaram aumentos significativos no teste de 1RM, sendo 31,5% o aumento do grupo que realizou o treinamento de força com vibração e 24,3% o aumento obtido pelo grupo que realizou o treinamento sem vibração. Os resultados indicam um aumento significativo na força máxima tanto no grupo sem vibração quanto no grupo que treinou com adição de VCI, com uma tendência para um maior aumento no grupo que treinou com adição de vibração.

Mahieu *et al.* (2006) submeteram 17 esquiadores a 6 semanas de treinamento de força com VCI. Os parâmetros da vibração foram: 24 Hz de frequência e 2 mm de amplitude, aplicadas três vezes por semana, durante três séries de 30 segundos (intervalos de 60 segundos entre as séries). Outros 16 esquiadores realizaram o treinamento de força convencional. O número de saltos aumentou significativamente para os dois grupos mas o

grupo que realizou o treinamento sob a influência de vibração obteve um aumento mais elevado.

Couto *et al.* (2012) compararam o efeito crônico de duas diferentes frequências de vibrações localizadas adicionadas ao treinamento de força, na produção de força dos membros inferiores. A vibração mecânica foi aplicada na direção oposta da resultante das forças musculares no exercício meio-agachamento, isométrico. Os voluntários, 55 homens destreinados, foram divididos em quatro grupos. Um grupo realizou o treinamento de força convencional, enquanto que o segundo grupo realizou o treinamento de força com adição de vibração com frequência de 8 Hz e o terceiro grupo realizou o treinamento com adição de vibração mecânica com frequência de 26 Hz. O quarto grupo foi utilizado como controle. Após quatro semanas de treinamento, todos os grupos treinados apresentaram aumentos significativos na CIVM, mas os grupos treinados com adição de vibração mecânica obtiveram um aumento significativamente maior. O treinamento com adição de vibração gerou também aumentos significativos na altura do salto agachado e do salto contra movimento. O grupo treinado sem adição de vibração e o grupo controle, não apresentaram aumentos significativos na altura dos saltos verticais. Não foram encontradas diferenças significativas entre os aumentos na produção de força dos grupos treinados com diferentes frequências de vibração.

Em relação à hipertrofia muscular, Machado *et al.* (2010) estudaram o efeito de 10 semanas de treinamento VCI sobre a massa muscular, força muscular, produção de potência e mobilidade de 26 mulheres idosas. A frequência de vibração utilizada foi de 20 a 40 Hz e a amplitude de 2 a 4 mm. Os exercícios foram realizados sobre uma plataforma vibratória, sendo eles: meio-agachamento (joelhos entre 120° e 130°), agachamento profundo (joelhos em 90°), agachamento com os pés afastados (joelhos em 120° a 130°) e meio agachamento nas pontas dos pés (joelhos entre 120° e 130°). O exame de tomografia computadorizada apontou um aumento significativo na área de seção transversa do músculo vasto medial (8,7%) e do músculo bíceps femoral (15,5%). Também foram encontrados aumentos significativos na CIVM no leg-press horizontal e na potência muscular em 20%, 40% e 60% da CIVM, avaliada no mesmo exercício. A mobilidade foi testada a partir do “teste de ir e vir”, sendo que as idosas treinadas com VCI apresentaram melhora significativa nesta variável. O grupo controle não apresentou melhora em nenhuma das variáveis pesquisadas.

Osawa e Oguma (2011) encontraram que o treinamento de força com adição de VCI gerou maior hipertrofia dos músculos psoas maior e eretor da espinha, após 13 semanas, em comparação com o treinamento de força convencional. A amostra consistiu de indivíduos não treinados com faixa etária entre 22 e 49 anos. A frequência de vibração utilizada foi 35 Hz e a amplitude 2 mm. Todos os exercícios foram realizados com duração de 4 segundos nas fases concêntrica e excêntrica, com 2 segundos de ação isométrica entre as fases dinâmicas. Os autores sugerem que a adição de VCI ao treinamento de força com ações musculares realizadas com baixa velocidade pode potencializar os resultados.

A possível potencialização das adaptações morfológicas pela adição de vibração mecânica ao treinamento de força pode ser determinada pelo aumento da concentração de hormônios anabólicos. Kvorning *et al.* (2006) pesquisaram as respostas hormonais da VCI, VCI combinada com treinamento de força e do treinamento de força isolado. Os resultados apontaram aumentos agudos nas concentrações de testosterona, hormônio de crescimento (GH) e cortisol, logo após as sessões de treinamento convencional e de treinamento convencional com adição de vibração. Não houve diferença no aumento dos níveis de testosterona entre os dois grupos. Entretanto o grupo treinado com adição de vibração apresentou maior concentração de GH e menores níveis de cortisol. O objetivo do estudo de Iodice *et al.* (2011) foi avaliar os efeitos agudos da aplicação de vibração localizada na resposta hormonal e na força muscular de homens jovens. Os resultados apresentaram uma maior concentração, estatisticamente significativa, dos hormônios testosterona e GH após a sessão de treinamento com adição de, em comparação ao treinamento convencional. Outros estudos encontraram resultados semelhantes (BOSCO *et al.* 2000; SILVA, 2009). Entretanto, alguns estudos não encontraram diferenças agudas significativas nas concentrações séricas dos hormônios anabólicos, Testosterona (CARDINALE *et al.*, 2006, ERSKINE *et al.*, 2007) e IGF-1 (ALENTORN-GERLI *et al.*, 2009), devido à adição de vibração ao treinamento de força.

Alguns estudos não encontraram diferenças significativas entre os resultados do treinamento de força convencional e o treinamento com adição de vibrações mecânicas (LAMONT *et al.*, 2010; HUGH *et al.*, 2011; DRUMMOND, 2012; DRUMMOND *et al.*, 2014). Kvorning *et al.* (2006) compararam os efeitos de nove semanas de treinamento de força convencional e o treinamento com adição de VCI, sobre a força muscular de 28 indivíduos treinados. Um grupo realizou o treinamento convencional, com os seguintes

parâmetros: seis séries de oito repetições no exercício agachamento, com 120 segundos de pausa entre as séries. Já o grupo realizou o treinamento de força com os mesmos parâmetros, mas com adição de VCI. Nas cinco primeiras semanas foi utilizada a frequência de vibração de 20 Hz e quatro milímetros de amplitude. Nas quatro semanas restantes a frequência foi aumentada para 25 Hz e a amplitude mantida. Ambos os treinamentos geraram aumentos significativos na força dos voluntários, sem diferenças significativas entre os grupos. Lamont *et al.* (2010) também compararam o efeito do treinamento de força convencional e o treinamento com adição de vibração de corpo inteiro, sobre a força muscular. Após seis semanas de treinamento, ambos os protocolos de treinamento de força proporcionaram aumentos significativos na produção de força, mas não foram encontradas diferenças significativas no percentual de aumento da força.

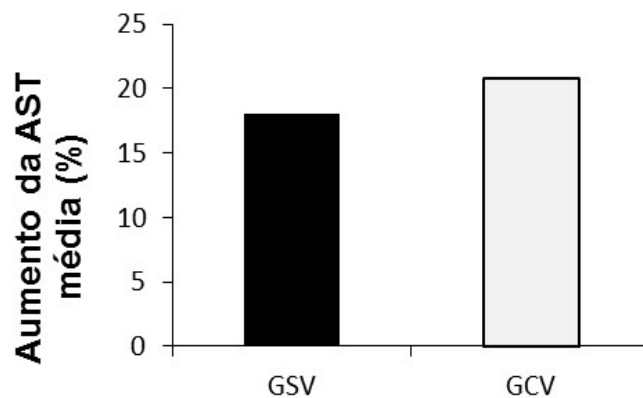
Drummond *et al.* (2014) compararam o efeito de 12 semanas de treinamento de força convencional e com adição de vibração localizada, aplicada na direção oposta à resultante da contração muscular. A amostra consistiu de 20 homens não treinados no treinamento de força, que foram divididos nos dois grupos de treinamento. Os grupos realizaram quatro séries de 8 a 10 RM no exercício de flexão, três vezes por semana. A vibração localizada foi aplicada em um dos grupos, com frequência de 30Hz e amplitude de 6mm. Os resultados apontaram que ambos os grupos aumentaram a produção de força isométrica (CIVM) e dinâmica (1RM), mas não foram encontradas diferenças significativas nos ganhos apresentados pelos grupos (FIGURA 13). Os autores sugerem que a adição de vibração localizada ao treinamento de força de indivíduos destreinados não é necessária para obtenção de resultados significativos no aumento da força muscular. Também sugerem que seja investigada a eficácia de sua adição ao treinamento de força de indivíduos treinados.

Hugh *et al.* (2011) compararam o efeito de seis semanas de treinamento de força, com e sem aplicação de VCI, na produção de força máxima no exercício agachamento e na composição corporal. A composição corporal foi obtida através da técnica de absorimetria por raios-X. A amostra consistiu de 36 indivíduos do gênero masculino, divididos em três grupos. O grupo sem vibração (n=14) realizou três séries de 12 repetições do exercício agachamento, entre 55 e 90% de 1RM, sem a aplicação de VCI antes, durante ou após as séries. O grupo com vibração (n=14) executou o mesmo protocolo do grupo sem vibração, mas antes da execução das séries e no intervalo entre elas foi aplicado a VCI, com frequência de 50Hz, amplitude de 2 a 4 mm, durante 30 segundos. O terceiro grupo foi controle (n=8). Após o

período de treinamento, ambos os grupos de treinamento de força apresentaram aumento significativo da massa magra corporal e da força máxima no agachamento, mas não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de treinamento.

Drummond (2012) investigou o efeito do treinamento de força com adição de vibração localizada sobre a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, em comparação com o treinamento de força convencional. Os resultados demonstraram que ambos os protocolos de treinamento proporcionaram hipertrofia significativa da porção medial dos músculos treinados. Entretanto, não foram encontradas diferenças entre a hipertrofia muscular obtida pelo grupo que realizou o treinamento de força sem vibração mecânica (GSV) e o grupo que realizou o treinamento de força com vibração mecânica localizada (GCV), conforme apresentado na FIGURA 13. Resultados semelhantes foram encontrados em relação às porções distais e proximais dos músculos flexores do cotovelo.

FIGURA 13 – AST dos músculos flexores do cotovelo submetidos ao treinamento de força sem vibração (GSV) e com adição de vibração localizada (GCV).



Fonte: Drummond (2012).

2.2.5 Parâmetros do treinamento com vibrações mecânicas

Os parâmetros do treinamento de força adição de vibrações mecânicas apresentam elevada possibilidade de combinações em relação à frequência e amplitude da vibração, assim como ao tempo de exposição, a aceleração gerada na fonte de vibração e ao tipo de ação muscular.

Utilizando como referência a excitação do fuso muscular e ocorrência do RTV, com conseqüente aumento na produção de força, alguns estudos obtiveram essa resposta reflexa em frequências a partir de 100 Hz ou mais, em um único músculo ou tendão, em situações de equilíbrio estático (RITTWEGGER *et al.*, 2000). Contrariamente a estudos que indicam a ocorrência do RTV em frequências superiores a 100 Hz, a vibração localizada, aplicada diretamente ao músculo ou tendão com frequências de 10 a 200 Hz, gerou o RTV (MARTIN e PARK, 1997). No entanto, a frequência que deve ser aplicada a fim de gerar um RTV é ainda controversa, uma vez que foi sugerido que o RTV também possa ser obtido por VCI em frequências de 1 a 30 Hz (SEIDEL, 1988). Cardinale e Lim (2003) avaliaram a atividade eletromiográfica do músculo vasto lateral, no exercício agachamento, em diferentes frequências de VCI. Estes autores concluíram que a atividade eletromiográfica foi maior na frequência de 30 Hz em comparação às frequências de 40 Hz e 50 Hz. Segundo Issurin (2005), as frequências elevadas de vibração são dissipadas mais facilmente pelos tecidos corporais, enquanto as frequências mais baixas se propagam de maneira mais eficiente.

A amplitude de deslocamento e a conseqüente aceleração gerada por sua combinação com a frequência de vibração podem afetar diretamente os resultados do treinamento de força com adição de vibração. Marín *et al.* (2010) investigaram o efeito da aplicação de VCI com diferentes combinações de frequência e amplitude, no rendimento do treinamento de força de membros superiores. Três situações experimentais foram investigadas em relação aos seus efeitos na velocidade média de execução, percepção de esforço e número de RM. Uma das situações experimentais consistiu na realização da extensão de cotovelo sobre a plataforma vibratória, com 70% de 1RM, frequência de vibração de 50 Hz e amplitude de 2,51 mm. A segunda situação foi semelhante, mas a frequência de vibração foi de 30 Hz e a amplitude 1,15 mm. Na terceira situação o mesmo exercício foi executado, com o mesmo peso, mas sem aplicação de vibrações. Os resultados demonstraram que a aplicação de

vibrações aumentou o número de repetições máximas e a velocidade média de execução, em ambas as combinações de frequência e amplitude. Ainda, a aplicação de elevada frequência e amplitude (50 Hz e 2,51 mm) resultou em uma maior velocidade média de execução. Segundo os autores, os resultados sugerem que a aplicação de vibrações mecânicas aumenta o rendimento no treinamento de força de membros superiores. Entretanto, Cochrane (2010) afirma que a escassez de estudos que compararam diferentes combinações de frequências e amplitudes de vibração não permite concluir qual combinação e consequente aceleração gerada são ideais para um melhor rendimento.

A exposição por tempo prolongado à vibração mecânica pode levar à fadiga muscular, dores articulares e consequente diminuição do desempenho esportivo (CARDINALE e WAKELING, 2005; MISCHI, RABOTTI e CARDINALE, 2012). Cochrane (2010) sugere que a duração da exposição à vibração não ultrapasse 10 minutos, com objetivo de minimizar a possibilidade de ocorrência de efeitos deletérios. Entretanto, Bongiovanni e Hagbarth (1990) avaliaram o efeito da aplicação de VL durante um minuto sobre a CIVM dos dorsiflexores do tornozelo, com frequência de 150 Hz e amplitude de 1,5 mm. Os resultados apontaram uma redução progressiva na atividade eletromiográfica e na força muscular, mesmo com tempo reduzido de exposição à vibração. Cochrane (2010) afirma que a escassez de estudos específicos sobre o tema dificulta a determinação do tempo ideal de exposição à vibração mecânica para potencializar os resultados do treinamento de força.

As combinações ideais entre os parâmetros da vibração mecânica podem ser individuais, principalmente em relação à frequência de vibração. As adaptações a diferentes frequências de vibração podem ser individuais devidos às diferentes características intrínsecas do músculo, tais como fusos musculares com diferentes propriedades, mecano e proprioceptores com diferentes distribuições na estrutura muscular, além de diferentes predominâncias dos tipos de fibra e propriedades visco elásticas da unidade músculo-tendínea (CARDINALE e LIM, 2003; DA SILVA *et al.*, 2006). Cochrane (2010) afirma que a dificuldade de identificar a medida mais apropriada para se individualizar a frequência de vibração e a escassez de estudos específicos sobre o tema, dificulta a identificação de parâmetros ideais de treinamento com adição de vibração mecânica.

Issurin (2005) sugere que os efeitos positivos da adição de vibração mecânica ao treinamento de força podem ser significativos em ações musculares de curta duração, dinâmicas e de alta velocidade. Os resultados do estudo de Hazell, Jakobi e Kenno (2007)

indicam que o efeito agudo da adição de vibração mecânica também ocorre nas contrações dinâmicas, frente ao aumento da atividade eletromiográfica do músculo exposto à VCI. Entretanto, os estudos em que foram encontradas diferenças significativas no efeito crônico do treinamento de força, com adição de vibração na direção oposta da resultante da força muscular, utilizaram ações musculares isométricas máximas (SILVA; COUTO; SZMUCHROWSKI, 2008; COUTO *et al.*, 2012). Não foram encontrados estudos que compararam o efeito crônico da aplicação mecânica localizada durante o treinamento dinâmico de força.

A exposição às vibrações pode gerar alguns efeitos prejudiciais ao corpo humano, tais como dores de cabeça, hemorragias internas e, em casos extremos, levar à morte (COUTO, 2009). Mester, Spitzenpfeil e Yue (2006) ressaltam que os possíveis efeitos prejudiciais sobre a região da cabeça merecem atenção especial. O quanto pode ser nociva a exposição do corpo humano à vibração mecânica, pode ser verificada a partir do índice *estimated vibration dose value* (eVDV, ISSO 2631-1, 1997) (COUTO, 2009). O eVDV é determinado a partir da direção, frequência, amplitude e duração da vibração aplicada. Segundo classificação proposta por Abercromby *et al.* (2007), valores de eVDV acima de 17 são considerados nocivos ao organismo humano.

3 MÉTODOS

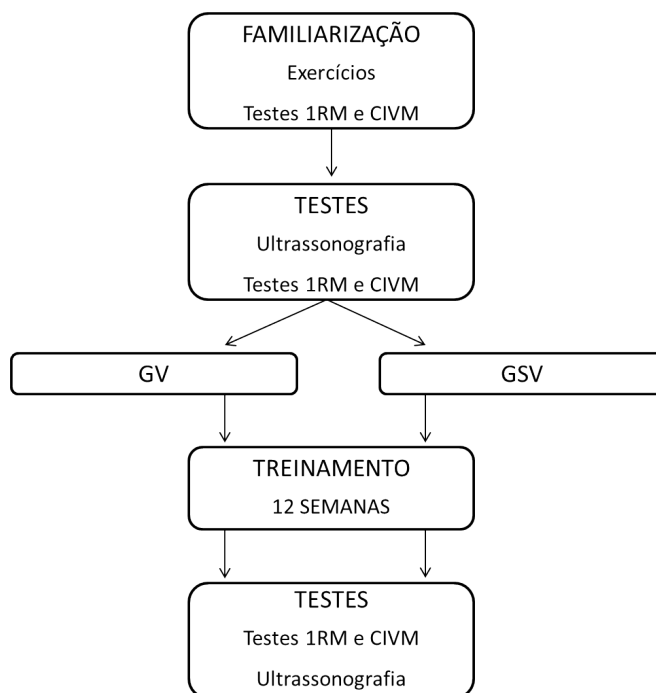
3.1 Delineamentos do estudo

No presente estudo os indivíduos foram submetidos a dois diferentes protocolos de treinamento de força com o objetivo de aumento da força muscular dos músculos flexores do cotovelo, por um período de 12 semanas.

Após a realização da familiarização em relação aos exercícios e testes propostos, os voluntários foram submetidos ao exame de ultrassonografia para determinar a espessura dos músculos do braço, responsáveis pela flexão do cotovelo. Em seguida, os voluntários foram submetidos ao teste de força de CIVM no exercício de flexão de cotovelo na posição ortostática, sem adição de vibração mecânica. Posteriormente, todos foram submetidos aos testes de 1RM nos exercícios do protocolo de treinamento, sem adição de vibração mecânica. Após a realização dos testes, os voluntários foram distribuídos de maneira balanceada, de acordo com os resultados nos testes de 1RM, em dois grupos: um grupo que realizou o treinamento de força com a adição da vibração mecânica (GV) e outro grupo que realizou o mesmo programa, mas sem adição da vibração mecânica (GSV). Após a fase de testes ambos os grupos realizaram o treinamento de força pelo período determinado.

Os testes de força e o exame de ultrassonografia foram realizados novamente após o período de treinamento, a fim de verificar o efeito crônico do treinamento de força, com e sem adição de vibração mecânica, na produção de força e hipertrofia muscular. A figura 14 ilustra o desenho experimental.

FIGURA 14 - Desenho experimental.



3.2 Amostra

Participaram deste estudo 20 voluntários do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos, que praticavam regular e continuamente treinamento de força há um período mínimo de 12 meses anteriores ao início do estudo. Como critério de exclusão, foi exigido que os voluntários não possuísem lesão músculo-tendínea em relação às articulações do cotovelo e punho. Como critério de inclusão, os voluntários deveriam apresentar a seguinte adequação nutricional: dieta normocalórica, sendo os carboidratos fonte de 50 a 55% da energia ingerida, os lipídeos 25 a 30% e as proteínas contribuintes em 15 a 20%. Ainda deviam respeitar a ingestão de 1,2 a 1,7 gramas de proteínas por quilograma da massa corporal total de cada voluntário. Essa ingestão alimentar é recomendada por ACSM (2016), semelhante à ingestão característica da amostra de Drummond *et al.* (2016). Para investigação dessa adequação nutricional foi utilizado o instrumento Registro Alimentar de dois dias típicos, não consecutivos (BURESH *et al.*, 2009). Após o período total de treinamento esse procedimento

foi repetido, com o objetivo de averiguar possíveis alterações no comportamento nutricional dos voluntários (VON STENGEL *et al.*, 2012). Ainda, os voluntários não poderiam fazer uso de ergogênicos nutricionais ou farmacológicos durante todo o período do estudo, além de ser necessário que respondessem negativo a todas as perguntas do questionário PAR-Q. Para análise da ingestão alimentar foi utilizado o aplicativo Dietpro[®] (versão 5.1, Dietpro, Viçosa, Minas Gerais).

3.2.1 Cálculo amostral

O cálculo amostral foi realizado a partir dos resultados do estudo de Drummond *et al.* (2014), tendo como referência os resultados dos testes de CIVM, a variável com maior coeficiente de variação. Para realização deste cálculo foi utilizada a equação para cálculo do tamanho da amostra descrita por Sampaio (2007) (equação 1):

$$IC = t \cdot s / \sqrt{n} \quad (1)$$

O intervalo de confiança (IC) foi fixado em 10% em relação ao valor de média da CIVM, que apresentou maior variação no estudo de Drummond *et al.* (2014). Ainda de acordo com a equação, t = valor encontrado na tabela z de acordo com os graus de liberdade do erro e probabilidade do erro tipo I, s = desvio padrão e n = tamanho da amostra. Os resultados apontaram o número de 10 indivíduos por grupo, o que determinou o número total de 20 voluntários para a amostra.

Tendo em vista a possibilidade de perda amostral, inicialmente foram recrutados 28 voluntários, mas apenas 24 voluntários realizaram todos os testes e deram início ao treinamento. Durante o período de treinamento, entre as terceira e quarta semanas, sete voluntários desistiram de participar do estudo, sendo que três indivíduos alegaram dores na região do antebraço e quatro não relataram qualquer motivo para desistência. Para adequação ao número mínimo de voluntários determinados pelo cálculo amostral foi realizado novo recrutamento de voluntários. A distribuição destes sujeitos entre os grupos seguiu os critérios apresentados anteriormente, sendo iniciado pelo GSV, que apresentou perda de um voluntário a mais do que o GV. Não ocorreram perdas na amostra posteriormente.

3.2.2. Caracterização da amostra

Os 20 voluntários que concluíram o treinamento apresentaram média de idade de $22,7 \pm 5,2$ anos, massa corporal total média de $75,2 \pm 12,8$ quilogramas (kg) e estatura média de $177 \pm 5,2$ centímetros. O tempo médio de histórico de treinamento de força, regular, dos voluntários era de $24,17 \pm 11,8$ meses, até o início do período de treinamento do presente estudo. Segundo classificação apresentada por Rhea (2004), a amostra consistiu de indivíduos recreacionalmente treinados.

3.3 Cuidados éticos

Todos os voluntários receberam as informações completas quanto aos objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa, devendo, a partir disso, assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice 1) concordando em participar do estudo. O projeto desse estudo foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por meio da Plataforma Brasil. Número do Parecer: 1.373.504.

3.4 Procedimentos

3.4.1 Pré-testes

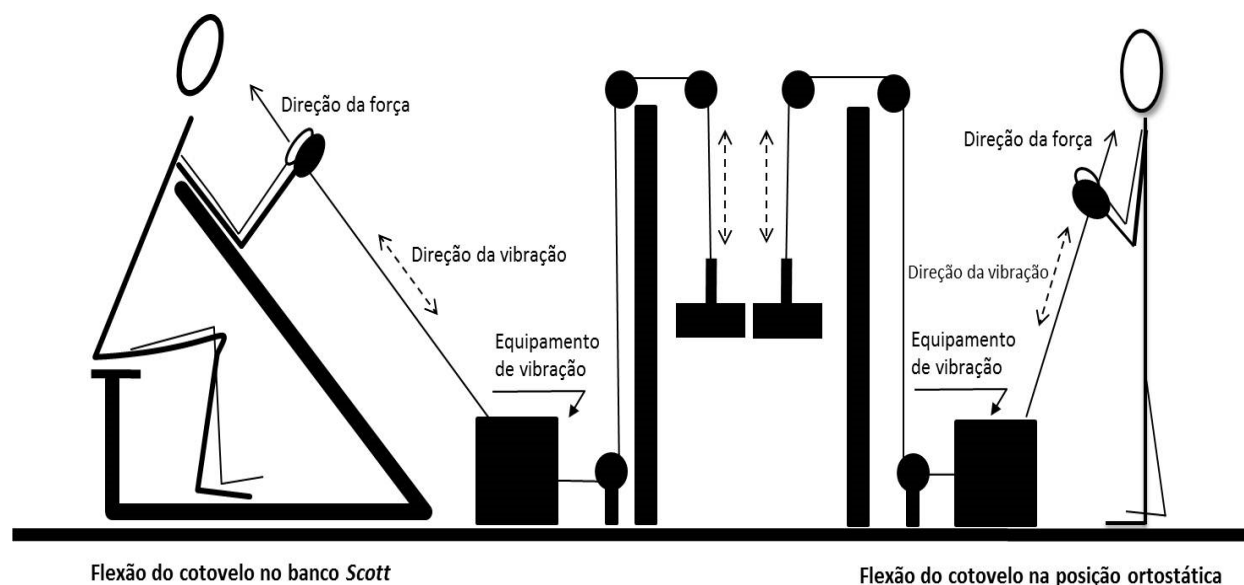
Inicialmente os voluntários foram submetidos a uma sessão de familiarização aos exercícios de flexão dos cotovelos na posição ortostática e no banco *Scott* (figura 15), sem aplicação de vibração localizada, realizados em um equipamento constituído por um sistema de cabos e polias. Os dois exercícios foram executados de forma bilateral. As mãos foram posicionadas em uma barra reta presa ao cabo conectado aos pesos deslocados, na posição supinada, na largura dos ombros. A amplitude do movimento de flexão dos cotovelos foi

máxima em ambos os exercícios, partindo da posição de total extensão. Nesta sessão de familiarização foram realizadas duas (2) séries de no máximo seis (6) repetições de cada exercício, com intervalo de 180 segundos entre as séries. A determinação do peso a ser deslocado em cada série considerou a experiência do voluntário e a avaliação subjetiva do pesquisador (SHAW *et al.*, 2009).

Posteriormente, após um intervalo de 48 horas, os voluntários realizaram a familiarização ao teste de força de 1RM nos exercícios propostos, seguindo os mesmos parâmetros de execução, sendo realizadas duas (2) séries de uma repetição com 95% de 1RM estimada. O maior peso deslocado na familiarização dos exercícios foi utilizado para determinação de 1RM estimada, por meio da equação proposta por Brzycki (1993) (equação 2). O intervalo entre as séries foi de 180 segundos.

$$1RM = \text{peso deslocado} / [1,0278 - (\text{número de repetições até a fadiga} \times 0,0278)] \quad (2)$$

Figura 15 - Equipamentos e exercícios propostos.



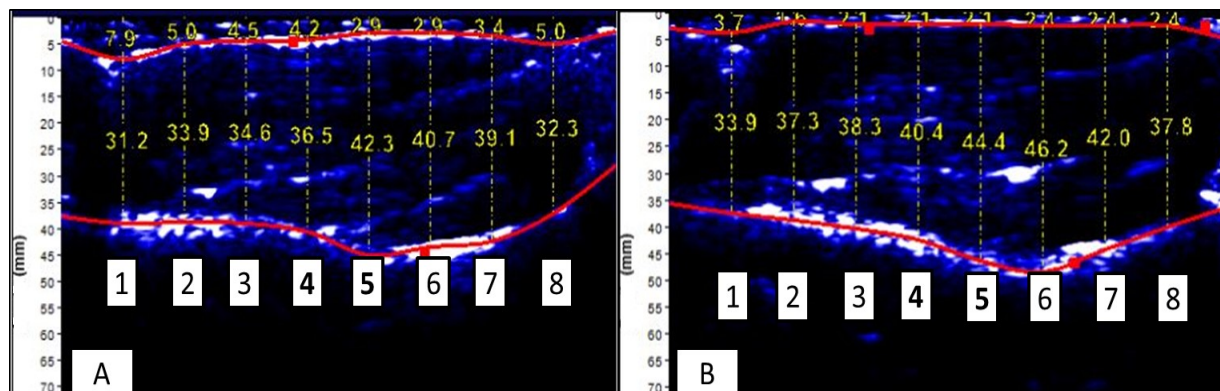
Fonte: elaborado pelo autor.

3.4.1.1 Exames de ultrassonografia

Após a sessão de familiarização, sendo respeitado um intervalo mínimo de 48 horas, todos os voluntários foram submetidos aos exames de ultrassonografia. O exame de ultrassonografia fornece medidas confiáveis e reprodutíveis da hipertrofia muscular, a partir da variação da espessura muscular (REEVES *et al.*, 2004; GOMES *et al.*, 2010), sendo o método utilizado por Schoenfeld *et al.* (2016b) e Simão *et al.* (2012), que em seus estudos que avaliaram diferentes variáveis no desenvolvimento da força e da hipertrofia muscular.

Por meio do exame de ultrassonografia foram obtidos oito (8) pontos de espessura muscular em um corte sagital (Figura 3), entre a linha axilar e a fossa anterior do cotovelo. As imagens de ultrassonografia foram obtidas com os voluntários na posição ortostática, com os braços juntos aos troncos e antebraços em rotação externa. O técnico radiologista aplicou um gel específico para este exame ao longo dos braços dos voluntários, em seguida movimentou a sonda de ultrassonografia perpendicularmente ao membro, seguindo a velocidade padrão exigida pelo equipamento. Caso esses critérios não fossem atendidos, o equipamento não registraria as imagens, obrigando novo procedimento. As digitalizações com definição consideradas satisfatórias pelo técnico radiologista foram gravadas em formato digital, para uma posterior análise em um ambiente controlado. O aplicativo *BodyView Pro*[®] (versão 5.9, *IntelaMetrix, Inc.*, Livermore CA, Estados Unidos) foi utilizado para analisar as imagens. O equipamento de ultrassonografia foi calibrado em cada dia de teste antes do primeiro exame de acordo com as instruções do fabricante. Os procedimentos que foram adotados são semelhantes aos do estudo de Schoenfeld *et al.* (2016b).

Figura 16 - Espessura muscular obtida por ultrassonografia, pré (A) e pós (B) treinamento, em oito pontos de um corte sagital.



Fonte: elaborada pelo autor.

A espessura dos músculos flexores dos cotovelos, do braço, foi determinada pelo aplicativo de análise de imagem, sendo fornecida em milímetros (mm). Todos os componentes musculares, tais como o tecido conjuntivo e pequenos vasos sanguíneos, foram incluídos. A gordura subcutânea foi excluída. O mesmo profissional experiente neste procedimento realizou todas as obtenções e análises das imagens, sendo acompanhado pelo autor do presente estudo. O avaliador foi cegado em relação aos voluntários e seus específicos grupos de treinamento. A espessura muscular de cada voluntário foi determinada a partir da média dos cortes da região medial (4 e 5), que de acordo com Drummond *et al.* (2016), pode ser suficiente para determinar o efeito do treinamento de força na hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo.

3.4.1.2 Teste de contração isométrica voluntária máxima (CIVM)

Após a realização dos exames de ultrassonografia foi realizado o teste de CIVM, na mesma sessão, no exercício de flexão de cotovelo na posição ortostática, sem aplicação de vibração mecânica. Este teste foi composto por três ações isométricas máximas, com duração de 6 segundos e intervalo de 5 minutos entre cada repetição. O maior valor de força encontrado foi considerado como a força máxima isométrica do voluntário. A posição de teste

foi padronizada em flexão do cotovelo em 90 graus, verificada por meio de goniômetro manual.

Esses procedimentos foram repetidos após um intervalo de 48 horas, com objetivo de determinação da confiabilidade dos dados. Os resultados da segunda sessão foram considerados para comparação do efeito crônico do treinamento. Após o período de treinamento foi realizada novamente uma sessão de teste de CIVM, respeitando um intervalo de 48 horas em relação à última sessão de treinamento, para verificar o efeito do treinamento sobre a força máxima.

3.4.1.3 Testes de uma repetição máxima (1RM)

Após a realização dos testes de CIVM, sendo respeitado um intervalo de 48 horas, os voluntários foram submetidos a testes de 1RM sem adição de vibração nos exercícios de flexão do cotovelo na posição ortostática e no banco *Scott*. Estes testes foram constituídos por no máximo cinco tentativas cada, com pausa de cinco minutos entre elas. A progressão do peso foi gradual em função da percepção subjetiva dos voluntários e dos avaliadores. Cada voluntário foi instruído a realizar apenas uma repetição por tentativa. Quando, após o intervalo de recuperação, a execução completa do movimento não foi realizada, o peso deslocado na tentativa anterior foi considerado o peso máximo. Primeiramente foi realizado o teste de 1RM no exercício de flexão do cotovelo na posição ortostática. Em seguida foi realizado o teste de 1RM no exercício de flexão do cotovelo no banco *Scott*. Essa ordem na sequência de realização dos exercícios foi mantida no treinamento, conforme descrito a seguir. Em ambos os exercícios o movimento partiu da posição de total extensão do cotovelo até a flexão máxima desta articulação. O intervalo entre os exercícios foi de 10 minutos. Tais procedimentos foram repetidos em uma segunda sessão de testes de 1RM, após o intervalo de 48 horas, com objetivo de determinação da confiabilidade dos dados. Os resultados da segunda sessão foram considerados para determinação dos pesos iniciais deslocados nos exercícios e para comparação do efeito crônico do treinamento.

As seguintes estratégias foram utilizadas para minimizar a ocorrência de erros durante os testes de 1RM: fornecimento de instruções aos voluntários sobre o procedimento

do teste e estimulação verbal durante a realização do teste. Os voluntários foram instruídos a não realizar exercícios físicos durante o período de teste.

Os procedimentos adotados nos testes são semelhantes aos descritos por De Souza *et al.* (2010) e Drummond *et al.* (2014).

Assim como os testes de CIVM, após o período de treinamento foi realizada uma sessão de teste de 1RM, respeitando um intervalo de 72 horas em relação à última sessão de treinamento.

3.4.2. Programa de treinamento de força

Inicialmente, os voluntários foram distribuídos de forma balanceada, de acordo com os resultados dos testes de 1RM na posição ortostática, nos dois grupos de treinamento: GSV e GV. Posteriormente, o GSV realizou o treinamento de força por 12 semanas, onde os exercícios foram os mesmos utilizados nos testes de 1RM: flexão do cotovelo na posição ortostática seguido de flexão do cotovelo no banco do tipo *Scott* (figura 2).

O GSV realizou 5 séries de 3 a 4 RM, ou seja, até que fosse atingida a falha concêntrica. O peso da primeira série do treinamento em ambos os exercícios foi 90% do peso deslocado no teste de 1RM de cada exercício. Quando o voluntário foi capaz de realizar cinco (5) repetições foram acrescentados 3 a 5 kg (2 a 10%) ao peso deslocado, de acordo com a percepção do avaliador (autor do presente estudo). Os intervalos entre as séries foram de 120 segundos, enquanto o intervalo entre os exercícios foram de 5 minutos. A frequência de treinamento consistiu em duas sessões semanais, com intervalo mínimo entre as sessões de 72 horas. Os voluntários que faltassem duas sessões seguidas, ou acumulassem três faltas durante o período de treinamento seriam excluídas da amostra.

Esse protocolo de treinamento e procedimentos seguem as diretrizes do ACSM - American College Sports Medicine (2009), para aumento da força muscular máxima de indivíduos treinados. A duração de cada repetição não foi controlada, mas os voluntários foram instruídos a realizar as ações concêntricas e excêntricas na mesma velocidade, sendo monitorados, subjetivamente, pelo autor do presente estudo.

O GV realizou o mesmo programa de treinamento do GSV, mas foram adicionadas vibrações mecânicas localizadas durante a execução de ambos os exercícios, com frequência de 26Hz e amplitude de 6mm. Estes parâmetros foram determinados por meio de um estudo piloto, por serem capazes de aumentar de forma aguda a atividade eletromiográfica e força dos músculos flexores do cotovelo nos testes de força máxima de 1RM e CIVM.

No estudo piloto foi realizada uma análise de acelerometria para identificação das acelerações geradas nos músculos flexores do cotovelo e das frequências de vibração que chegam até a cabeça. A partir do cálculo do eVDV foi constatado que a dose de vibração a qual os voluntários foram expostos está dentro dos limites de segurança apresentados por Abercromby *et al.* (2007).

As médias dos volumes totais dos treinamentos dos dois grupos foram registradas e comparadas, sendo determinadas pelo produto da multiplicação do número total de repetições pelo peso deslocado em cada série realizada (DE SOUZA *et al.*, 2010).

Em relação ao treinamento de força de outros grupos musculares, os voluntários não incluíram exercícios que exigiram flexão dinâmica do cotovelo em seus programas de treinamento.

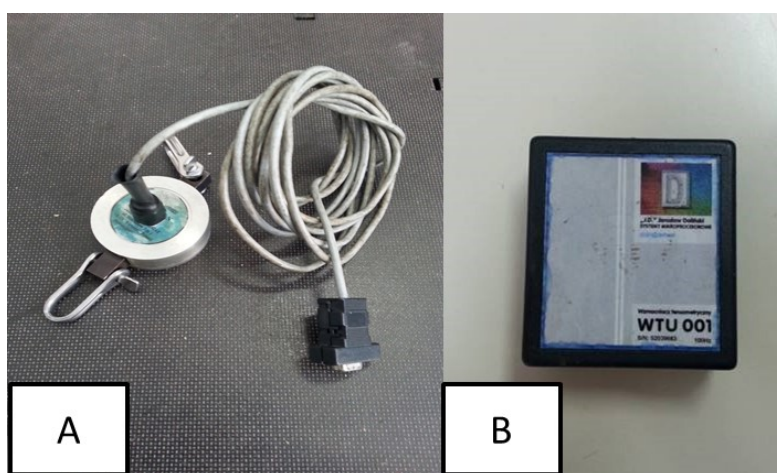
Os testes e o treinamento ocorreram no Laboratório de Avaliação da Carga (LAC) da UFMG e no Laboratório de Movimento da Faculdade Pitágoras de Betim, Minas Gerais, Brasil.

3.5 Instrumentos

Os testes de força e o treinamento foram realizados em um equipamento comumente conhecido como *Crossover* angular da marca Pedalar[®] (Divinópolis, Minas Gerais, Brasil), que consiste em duas colunas guias do peso deslocado, posicionadas lado a lado e compostas por um sistema de polias, onde a altura da polia mais externa pode ser ajustada (FIGURA 15). Um banco do tipo Scott semelhante ao utilizado no estudo de Silva, Couto e Szmuchrowski (2008) foi acoplado a esse equipamento. A movimentação do peso ocorreu a partir de um cabo de aço preso à empunhadura específica do exercício proposto. Os pesos são constituídos por placas de 5 kg, no qual também foi permitido acrescentar anilhas de 1 e 3 kg para possibilitar ajustes mais precisos no peso deslocado (DRUMMOND *et al.*,

2014). Para registro do pico de força durante a CIVM foi utilizada uma célula de carga da marca JBA[®] (ZbStaniak, Polônia), capacidade 10000N, calibrada (FIGURA 17A), conectada a um amplificador e decodificador de sinais da marca WTM[®] (modelo 005-2T/2P, Jaroslaw Doliriski Systemy Mikroprocesorowe, Polônia) (FIGURA 17B). O amplificador foi conectado a um computador, em interface com o programa MAX5 (versão 5.1, JBA[®], ZbStaniak, Polônia), que permite a análise da curva força em função do tempo.

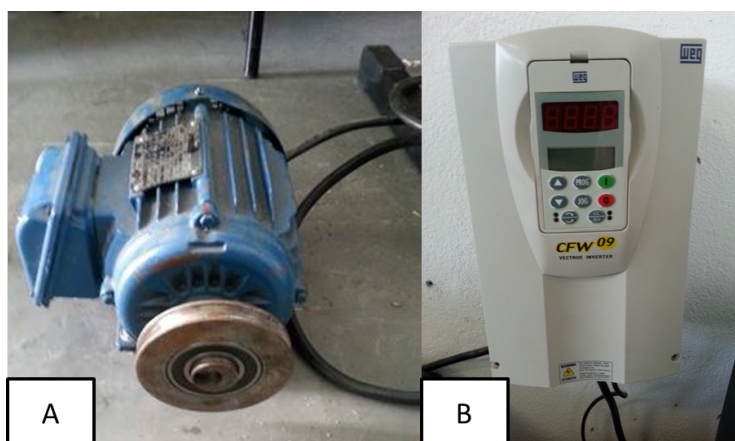
FIGURA 17 - Célula de carga (A) e amplificador (B).



Fonte: adaptado do arquivo do LAC.

O equipamento gerador da vibração mecânica foi composto por um motor da marca WEG[®] (modelo W22 PLUS, 2cv, 3600 RPM, 220-380 V, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, Brasil) acoplado a um eixo excêntrico com uma roldana na extremidade (FIGURA 18A), que permite empurrar o cabo de aço que une a coluna de pesos à empunhadura. A frequência da vibração foi controlada por um inversor de frequência da marca WEG[®] (modelo CFW 09, Jaraguá do Sul, Santa Catarina, Brasil) (FIGURA 18B).

FIGURA 18 - Motor trifásico e inversor de frequência.



Fonte: adaptado do arquivo do LAC.

O exame de ultrassonografia foi executado por meio do equipamento BodyMetrix, (IntelaMetrix[®], Livermore CA, Estados Unidos) (FIGURA 19). Os procedimentos de coleta foram realizados por um pesquisador treinado e experiente, sob o acompanhamento do autor deste estudo.

FIGURA 19 - Equipamento ultrassonografia.



Fonte: arquivo do autor.

A massa corporal média foi obtida por meio de uma balança digital da marca Filizola[®] (modelo MF100, São Paulo, Brasil). A estatura média foi registrada por meio do estadiômetro acoplado à balança.

3.6 Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada a partir do teste de Shapiro-Wilk. Para verificar a confiabilidade da medida dos testes de força foram realizados testes de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) e Erro Padrão de Medida (EPM).

A comparação das médias de produção de força e espessura muscular apresentada pelos grupos entre os momentos pré-treinamento e pós-treinamento, foi realizada por meio da ANOVA *two-way* com medidas repetidas (situação x tempo). O *Post hock* adotado foi o de Tukey. O teste t não pareado foi utilizado para comparar a variação percentual dos resultados dos testes de força e espessura muscular entre os grupos, assim como para comparar o volume total do treinamento dos grupos após o período de treinamento. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 0,05. Para verificar o efeito do treinamento sobre a força muscular foram calculados os tamanhos do efeito (*Effect Sizes*), com classificação segundo Rhea (2004).

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software *GraphPad Prism* versão 7.02. Além da estatística inferencial foi realizada a análise descritiva dos dados.

4 RESULTADOS

Todos os resultados obtidos nos testes de força e nos exames de ultrassonografia apresentaram distribuição normal. Os valores de CCI dos testes de 1RM na posição ortostática e no banco Scott foram 0,981 e 0,977, respectivamente, enquanto os valores de EPM foram 1,56% e 1,24%. Os valores de CCI e EPM para o teste de CIVM foram 0,905 e 1,62%, respectivamente.

4.1 Resultados dos testes de 1RM

Após o período de treinamento o GSV apresentou aumento significativo no valor médio de 1RM no exercício de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p < 0,0001$) e na flexão de cotovelo no banco Scott ($p < 0,0001$). O GV também apresentou aumentos significativos nos valores de 1RM nos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p < 0,0001$) e no banco Scott ($p < 0,0001$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias dos valores de 1RM na flexão de cotovelo na posição ortostática dos grupos, nos momentos pré-treinamento ($p = 0,267$) e pós-treinamento ($p = 0,652$). Na comparação dos valores médios de 1RM apresentados pelos grupos no exercício de flexão de cotovelo no banco Scott foram encontradas diferenças estatisticamente significativa antes ($p = 0,026$) e após ($p = 0,007$) o período de treinamento. Estes resultados estão representados na tabela 1.

TABELA 1- Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) dos resultados dos testes de 1RM (kg) dos grupos GSV e GV, na flexão de cotovelo na posição ortostática e no banco Scott.

GSV				GV			
Posição ortostática		Banco Scott		Posição ortostática		Banco Scott	
Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós
69,5	74,5	61,8	65,5	70,1	74,8	63,3	67,4
$\pm 7,2$	$\pm 7,5^*$	$\pm 9,7^\#$	$\pm 10,6^{*\#}$	$\pm 7,8$	$\pm 8,3^*$	$\pm 10,8^\#$	$\pm 11,2^{*\#}$

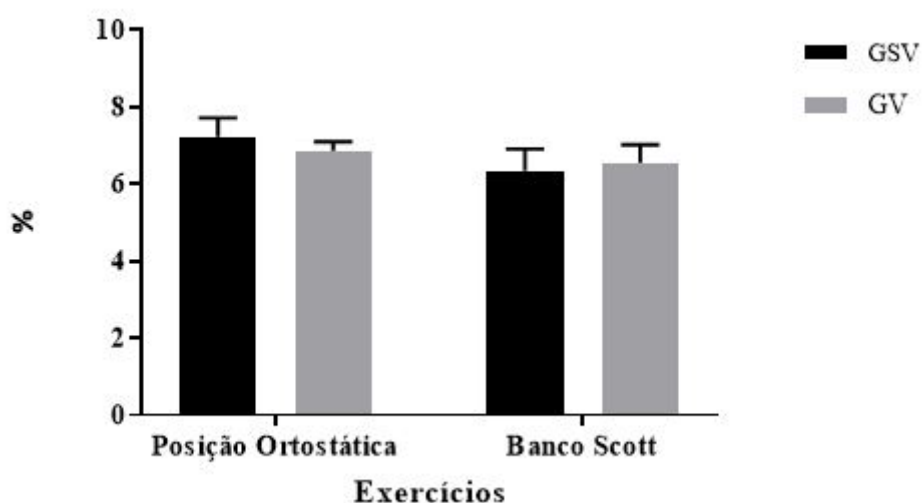
* Diferença significativa em comparação ao período pré-treinamento.

^\# Diferença significativa em comparação ao outro grupo de treinamento.

Em relação à variação percentual dos valores médios de 1RM após o período de treinamento, o GSV apresentou um aumento de $7,2 \pm 1,5\%$ no exercício de flexão do cotovelo na posição ortostática e de $6,3 \pm 1,8\%$ no banco Scott. O GV apresentou um aumento de $6,87 \pm 0,8\%$ e $6,56 \pm 1,4\%$ nos valores médios de 1RM na flexão de cotovelo na posição ortostática e no banco Scott, respectivamente (GRÁFICO 1). Não foi encontrada diferença significativa entre os aumentos percentuais apresentados pelos grupos, nos exercícios de flexão de cotovelo na posição ortostática ($p=0,250$) e no banco Scott ($p=0,384$).

O tamanho do efeito do treinamento apresentado pelo GSV em relação às médias de 1RM foi 0,68 na flexão de cotovelo na posição ortostática e 0,4 no banco Scott. No GV, o tamanho do efeito do treinamento foi 0,61 e 0,38 nas médias de 1RM na flexão de cotovelo na posição ortostática e no banco Scott, respectivamente. Todos os valores encontrados indicam baixo efeito do treinamento, segundo classificação sugerida por Rhea (2004).

GRÁFICO 1 – Variação percentual dos valores de 1RM



4.2 Resultados dos testes de CIVM

O GSV apresentou aumento significativo no valor médio de CIVM após o período de treinamento ($p<0,0001$), assim como o GV, que também apresentou aumento significativo no valor médio da CIVM após o treinamento ($p<0,0001$). Não foram encontradas diferenças

estatisticamente significativas entre os valores médios apresentados pelos grupos GSV e GV, pré ($p=0.272$) e pós-treinamento ($p=0,066$). Os resultados estão apresentados na tabela 2.

O tamanho do efeito do treinamento sobre a CIVM média do GSV foi 0,44, enquanto que no GV foi de 0,4. Em ambos, o efeito do treinamento foi baixo, segundo classificação sugerida por Rhea (2004).

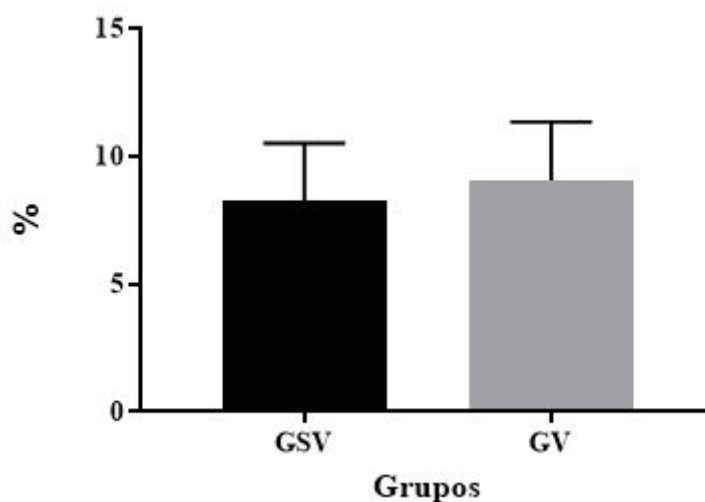
TABELA 2 - Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) dos resultados dos testes de CIVM (N) dos grupos GSV e GV.

GSV		GV	
Pré	Pós	Pré	Pós
432,79 ± 85,9	467,32 ± 86,5*	437,53 ± 89,2	477,22 ± 97,8*

* diferença significativa em comparação ao período pré-treinamento.

Após o período de treinamento o GSV apresentou aumento percentual médio de $8,2 \pm 2,3$ % no valor médio da CIVM. O GV apresentou um aumento médio percentual de $9,1 \pm 2,4$ % nos valores médios da CIVM, após o treinamento (GRÁFICO 2). A diferença entre os aumentos percentuais apresentados pelo GSV e o GV após o período de treinamento não foi estatisticamente diferente ($p=0,212$).

GRÁFICO 2 – Variação percentual dos valores médios da CIVM.



4.3 Espessuras dos músculos flexores do cotovelo.

Após o período de treinamento, o GSV apresentou aumento significativo no valor médio da espessura dos músculos do braço flexores do cotovelo ($p=0,001$). O GV também apresentou aumento significativo da espessura média dos flexores do cotovelo após o treinamento ($p=0,001$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as médias da espessura muscular pré-treinamento dos grupos GSV e GV ($p=0,151$), assim como após o período de treinamento ($p=0,084$). Os resultados estão apresentados na tabela 3.

TABELA 3 - Análise descritiva (valores médios e respectivos desvios padrão) da espessura (mm) dos músculos flexores do cotovelo dos grupos GSV e GV.

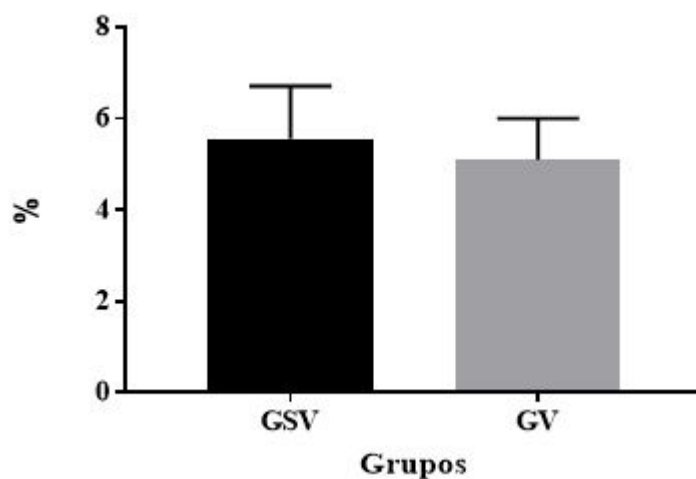
GSV		GV	
Pré	Pós	Pré	Pós
34,5 ± 4,29	36,35 ± 4,18*	35,4 ± 3,3	37,2 ± 2,9*

* diferença significativa em comparação ao período pré-treinamento.

Em relação à variação percentual da espessura média dos músculos flexores do cotovelo, o GSV apresentou o valor médio de $5,6 \pm 3,5\%$, enquanto o GV apresentou a média de $5,1 \pm 2,8\%$, conforme apresentado no GRÁFICO 3. A diferença na variação percentual média entre os grupos não foi estatisticamente significativa ($p=0,380$).

O tamanho do efeito do treinamento sobre a espessura dos músculos flexores do cotovelo foi de 0,43 no GSV e 0,54 no GV, que segundo classificação proposta por Rhea (2004), representa um efeito baixo em ambos os grupos.

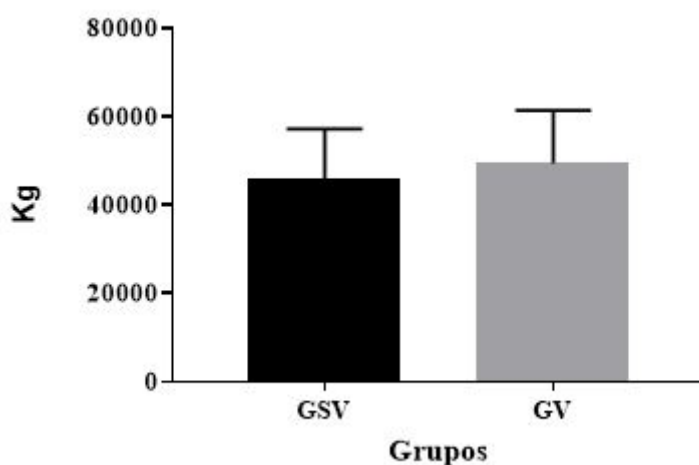
GRÁFICO 3 – Variação percentual média da espessura muscular.



4.4 Volume total de treinamento

A média do volume total de treinamento do GSV foi de $45967,1 \pm 1352,4$ kg, enquanto que a média do GV foi $49509,4 \pm 1196,6$ kg (GRÁFICO 4). Não foi encontrada diferença significativa entre as médias do volume total de treinamento apresentadas pelos grupos ($p=0,253$).

GRÁFICO 4 – Médias dos volumes totais de treinamento.



5 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar o efeito crônico do treinamento dinâmico de força máxima, realizado de forma convencional e com adição de vibração localizada, sobre a força máxima e a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, em indivíduos experientes no treinamento de força. A principal hipótese formulada foi que o treinamento de força com adição de vibração localizada ocasionaria maior aumento na força máxima e maior hipertrofia muscular.

Os resultados do presente estudo indicaram que o aumento da força máxima dinâmica foi significativo nos dois grupos, a partir dos aumentos absolutos e percentuais dos valores médios dos testes de 1RM em ambos os exercícios realizados. O aumento da força máxima dinâmica verificada no exercício de flexão de cotovelo na posição ortostática foi estatisticamente semelhante entre os grupos, em relação aos valores médios absolutos e percentuais. Na flexão do cotovelo no banco Scott, o GV apresentou maior média de 1RM após o período de treinamento em comparação com o GSV, mas tal diferença também estava presente antes do início do treinamento de força. Uma vez que os aumentos percentuais no teste de 1RM neste exercício foram estatisticamente semelhantes entre os grupos, é possível afirmar que o aumento da força máxima dinâmica também foi semelhante na flexão do cotovelo no banco Scott. Segundo a classificação sugerida por Rhea (2004), ambos os protocolos de treinamento ocasionaram baixo tamanho do efeito de treinamento em relação aos testes de 1RM, em ambos os exercícios.

Os resultados dos testes de CIVM foram semelhantes. Ambos os grupos de treinamento apresentaram aumento significativo na força máxima isométrica na flexão de cotovelo na posição ortostática, com o cotovelo flexionado a 90°. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os valores médios absolutos e aumentos percentuais apresentados pelos grupos, após o período de treinamento de força. O tamanho do efeito do treinamento também foi baixo em relação à CIVM, segundo classificação sugerida por Rhea (2004).

Assim, frente aos resultados dos testes de força, é possível afirmar que a adição de vibração localizada ao treinamento de força máxima de indivíduos treinados, não alterou a

magnitude das adaptações crônicas adquiridas. Portanto, a principal hipótese do presente estudo foi parcialmente refutada.

Resultados semelhantes foram obtidos por Drummond *et al.* (2014), que também não encontraram diferenças significativas entre os aumentos de força máxima gerados pelos treinamentos de força convencional e com vibração localizada. Estes autores avaliaram o efeito de 12 semanas de treinamento dinâmico sobre a força máxima dos flexores do cotovelo, com e sem adição de vibração localizada. A amostra consistiu de 20 indivíduos não treinados do sexo masculino. A frequência de vibração utilizada foi de 30 Hz e a amplitude de 6 mm. O protocolo de treinamento consistia na realização de quatro séries de 8 a 10 repetições máximas, três vezes por semana. A força máxima foi avaliada por meio dos testes de 1RM e CVM. Em comparação ao presente estudo, a carga do treinamento de força foi diferente, uma vez que no estudo de Drummond *et al.* (2014) o protocolo foi determinado para aumentar a resistência de força e gerar hipertrofia muscular, sendo realizado maior número de repetições máximas por série e adotado uma intensidade submáxima.

Rhea *et al.* (2003) afirmam que a intensidade do treinamento de força deve ser superior a 80% de 1RM para indivíduos treinados e o número de repetições inferior à 6RM, para aumentar de maneira ótima a força muscular dinâmica. Schoenfeld *et al.* (2016 a) encontraram que após 8 semanas de treinamento de força, a utilização de elevada intensidade, ajustada para 2 a 4 RM gerou maiores aumentos na força máxima dinâmica, quando comparado à menor intensidade, ajustada para realização de 8 a 10 RM. Drummond *et al.* (2014) sugerem que seja investigado o efeito da adição de vibração localizada sobre o treinamento de força com parâmetros ajustados para treinamento dinâmico da força máxima, uma vez que um possível aumento da intensidade absoluta ocasionado pela adição de vibração pode repercutir em maiores aumentos da força máxima dinâmica. Entretanto, os resultados do presente estudo não comprovaram essa hipótese, uma vez que os aumentos da força máxima foram semelhantes entre os grupos.

Mileva *et al.* (2006) demonstraram que a aplicação de vibração localizada durante o treino foi capaz de aumentar significativamente a força máxima dinâmica de forma aguda. Nesse estudo nove indivíduos foram expostos a vibração localizada durante o exercício de extensão de joelhos, com frequência de vibração de 10 Hz. No estudo realizado por Poston *et al.* (2007), 10 homens fisicamente ativos foram submetidos à duas sessões de treino, em que realizaram três séries de três repetições no exercício supino reto, com intensidade de 70% de

1RM. Em uma das sessões foi adicionado vibração localizada ao protocolo do treino de força, com frequência de vibração de 30 Hz e amplitude de 1.1 mm. Os resultados demonstraram uma maior potência produzida na situação em que o exercício foi realizado com adição da vibração mecânica. No presente estudo não foi verificado o efeito da aplicação da vibração localizada durante a realização dos protocolos de treinamento da força máxima.

No entanto, é importante salientar que os resultados apresentados pelos estudos que investigaram o efeito da adição de vibração localizada são específicos aos parâmetros da vibração e do treinamento de força. A resposta ao estímulo vibratório depende da frequência de vibração utilizada (CARDINALE e LIM, 2003; ISSURIN, 2005), da amplitude de deslocamento (COCHRANE, 2010) e/ou do tipo de ação muscular (ISSURIN, 2005), além do tempo de exposição à vibração (MISCHI, RABOTTI e CARDINALE, 2012). Oliveira (2016) encontrou em seu estudo que, a frequência de vibração ideal para o aumento agudo na produção de força isométrica é individual. Os resultados do estudo de Oliveira (2016) também apontam que determinada frequência de vibração pode causar efeitos deletérios na produção de força isométrica em alguns indivíduos, sendo necessário identificar individualmente os valores ideais. Então, frente ao exposto, os resultados do presente estudo podem ser considerados apenas para os parâmetros de vibração utilizados, sendo que outros parâmetros podem gerar resultados diferentes.

Almeida (2015) encontrou que a aplicação de vibração localizada durante o teste de 1RM aumentou o resultado desse teste, sugerindo que a configuração da vibração com frequência de 26 Hz e amplitude de 6 mm, que também foi adotada no presente estudo, seria eficaz para aumento agudo da força máxima dinâmica. Isto refletiria no aumento da intensidade absoluta do treinamento de força e, conseqüentemente, em maiores aumentos da força no treinamento com adição de vibração. A realização de 3 a 4 RM no protocolo de treinamento do presente estudo pode justificar a ausência de diferenças significativas entre os aumentos da força máxima apresentados pelos grupos, uma vez que a intensidade absoluta foi reduzida em relação ao teste de 1RM para adequação ao número de repetições máximas prescritas. Assim, o aumento na produção de força devido à adição de vibração localizada pode não ocorrer de forma significativa nos parâmetros de treinamento adotados no presente estudo. Ainda, o equipamento utilizado pode não permitir um ajuste preciso do peso, para aproveitamento do aumento da força quando aplicada a vibração localizada.

Uma vez que o ajuste do peso foi realizado de forma a permitir que a faixa determinada de RM fosse cumprida, maiores produções de força devido à adição de vibração repercutiriam em maior peso deslocado para um mesmo número de repetições, determinando um maior volume total de treinamento (SOUZA *et al.*, 2014). Entretanto os resultados do presente estudo demonstraram que o volume médio total de treinamento foi semelhante entre os grupos. Tal resultado sugere que o possível aumento da intensidade absoluta devido à aplicação de vibração localizada não ocorreu no presente estudo, ou não foi suficiente para alterar o volume do treinamento. Da Silva *et al.* (2010) e Souza *et al.* (2014) sugerem que a equiparação do volume total de treinamento determina resultados semelhantes no treinamento de força. Segundo esses autores, diferenças nos resultados entre situações experimentais ocorrem devido à variável modificada ou acrescida ao protocolo do treinamento de força. Então, é possível que a ineficácia da adição da vibração localizada em gerar maior volume total de treinamento justifique os resultados do presente estudo.

Alguns trabalhos encontraram resultados contrários aos obtidos no presente estudo. Silva, Couto e Szmuchrowski (2008) investigaram o efeito crônico da adição de vibração ao treinamento de força isométrica máxima. A amostra consistiu de 19 homens não treinados que realizaram quatro semanas de treinamento de força isométrico, três vezes por semana. Os indivíduos foram separados em dois grupos, sendo que um deles realizou o treinamento com adição de vibração localizada, aplicada na direção contrária à resultante da força muscular. A frequência de vibração foi de 8 Hz e a amplitude de 6 mm. Os resultados demonstraram que o treinamento com adição de vibração gerou aumentos significativamente maiores na força muscular, em comparação ao treinamento de força convencional. Segundo os autores, o maior aumento na força muscular isométrica máxima foi propiciado pela possível ocorrência do RTV, que por consequência aumentou a intensidade absoluta do treinamento. Couto *et al.* (2012) também encontraram resultados positivos em relação à adição de vibração localizada ao treinamento de força máxima isométrica. Neste estudo foi investigado o efeito crônico da aplicação de vibração localizada, aplicada na direção oposta à resultante da força muscular, sobre a força dinâmica dos membros inferiores. A amostra consistiu de 55 homens não treinados, divididos em quatro grupos. Um grupo realizou o treinamento de força convencional, enquanto que o segundo grupo realizou o treinamento de força com adição de vibração com frequência de 8 Hz e o terceiro grupo realizou o treinamento com adição de vibração com frequência de 26 Hz. O quarto grupo foi utilizado como controle. Após quatro semanas de treinamento, os grupos treinados com adição de

vibração localizada obtiveram um aumento significativamente maior nos valores da CIVM, em comparação aos outros grupos. Apenas o treinamento com adição de vibração gerou aumentos significativos na altura do salto agachado e do salto com contramovimento. Não foram encontradas diferenças significativas entre os aumentos na produção de força dos grupos treinados com diferentes frequências de vibração. Os autores também sugerem que o efeito positivo da adição de vibração localizada seja devido a um maior estímulo para desenvolvimento da força máxima, a partir da possível ocorrência do RTV. Os estudos de Silva, Couto e Szmuchrowski (2008) e Couto *et al.* (2012) apresentam como principal diferença em relação ao presente estudo a realização de um protocolo de treinamento com ações isométricas. Frente a isso, é possível que realizar um programa de treinamento de força máxima isométrica com adição de vibração localizada, aplicada na direção oposta à resultante das forças musculares, signifique treinar com maior intensidade absoluta, o que pode não ocorrer no treinamento dinâmico de força máxima.

Issurin (2005) afirma que o tipo de ação muscular utilizado no treinamento de força com adição de vibração pode influenciar os resultados obtidos. Segundo esse autor, os efeitos da aplicação de vibração sobre a força máxima são percebidos principalmente em ações musculares dinâmicas de curta duração e alta velocidade. Contrário a essa afirmação, Drummond *et al.* (2014) sugerem que a utilização de ações dinâmicas com intensidades submáximas pode justificar a ausência de diferença significativa entre os ganhos de força no treinamento convencional e com vibração, assim como ocorrido no presente estudo. Contudo, os resultados dos estudos de Hazell, Jakobi e Kenno (2007) sugerem que o efeito da adição de vibração mecânica também ocorre nas contrações dinâmicas. Esses autores verificaram que a aplicação de VCI aumenta a atividade eletromiográfica dos músculos ativos em ações isométricas e dinâmicas. Entretanto, esses autores não investigaram os efeitos, agudos e crônicos, da aplicação de vibração sobre a força máxima, além de utilizarem a VCI, diferentemente do presente estudo. O aumento da atividade eletromiográfica indica que o estímulo muscular foi diferente quando aplicada a vibração mecânica, mas a análise da força produzida possivelmente é a melhor maneira de identificar os efeitos agudos da aplicação de vibração e assim, a forma mais adequada para analisar a intensidade do treinamento de força (OLIVEIRA, 2016). Os resultados dos estudos de Mileva *et al.* (2006) e Poston *et al.* (2007) indicam que a aplicação de vibração localizada também proporciona aumentos agudos na força máxima dinâmica, mensurados por meio do teste de 1RM. Portanto, o tipo de ação muscular pode não justificar os resultados do presente estudo. Contudo, não foram

encontrados outros estudos que investigaram o efeito crônico do treinamento da força dinâmica máxima com adição de vibração localizada. Também não foram encontrados estudos comparativos entre o treinamento de força máxima dinâmica e isométrica, acerca dos efeitos agudos e crônicos da aplicação de vibração localizada. Tais lacunas na literatura limitam as discussões dos resultados do presente estudo e indicam a necessidade de estudos adicionais sobre o tema.

Em relação à hipertrofia muscular, no presente estudo ambos os grupos apresentaram aumento significativo da espessura muscular, indicando que a hipertrofia muscular ocorreu significativamente. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em relação às médias de espessura muscular antes e após o treinamento de força, assim como não foi encontrada diferença significativa entre os aumentos percentuais médios apresentados pelos grupos. Ainda, os resultados indicaram baixo tamanho do efeito para ambos os protocolos de treinamento de força, com e sem adição de vibração. Portanto, frente aos resultados do presente estudo, é possível afirmar que a adição de vibração localizada, aplicada na direção contrária à resultante da força muscular, não gera maior hipertrofia muscular. Assim, a principal hipótese do presente estudo foi completamente refutada.

Resultados semelhantes foram encontrados por Drummond (2012), que investigou o efeito de 12 semanas de treinamento de força com adição de vibração localizada sobre a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo. Os resultados indicaram que a adição de vibração não repercutiu em maior hipertrofia muscular, em comparação ao treinamento de força convencional. As principais diferenças entre o estudo de Drummond (2012) e o presente estudo são os parâmetros do treinamento de força e a característica da amostra. No presente estudo o protocolo de treinamento foi prescrito objetivando principalmente o aumento da força máxima dinâmica e a amostra consistiu de indivíduos treinados. No estudo de Drummond (2012) o protocolo foi direcionado para a resistência de força, hipertrofia muscular, para uma amostra composta por indivíduos não treinados. Tais diferenças possivelmente influenciaram os resultados, uma vez que os resultados da hipertrofia muscular nos referidos estudos apresentaram magnitudes diferente. No estudo de Drummond (2012) o grupo que treinou sem adição de vibração apresentou aumento de $18,0 \pm 6,67\%$ na AST dos músculos flexores do cotovelo, enquanto o grupo que treinou com adição de vibração apresentou aumento de $20,82 \pm 8,73\%$. Já no presente estudo, o GSV apresentou o aumento da espessura muscular de $5,6 \pm 3,5\%$, enquanto que o GV apresentou a variação

média de $5,1 \pm 2,8\%$. Não foram encontrados outros estudos que investigaram o efeito do treinamento de força com adição de vibração localizada sobre a hipertrofia muscular.

Resultados semelhantes aos do presente estudo foram obtidos por Hugh *et al.* (2011), ao compararem o efeito de seis semanas de treinamento de força, com e sem aplicação de VCI, na composição corporal de indivíduos não treinados. Nesse estudo a vibração foi aplicada nas pausas entre os exercícios, com frequência de vibração de 50 Hz e amplitude de 2 a 4 mm. Após o período de treinamento ambos os protocolos geraram aumento na força máxima e na massa muscular. Não foram encontradas diferenças significativas entre as adaptações adquiridas em ambos os protocolos de treinamento. Lamont *et al.* (2011) e Von Stengel *et al.* (2012) também não encontraram diferenças significativas ao compararem os efeitos do treinamento de força com e sem VCI sobre a hipertrofia muscular. Além do tipo de aplicação da vibração utilizada, estes trabalhos também diferem do presente estudo em relação à característica da amostra, sendo composta por indivíduos não treinados.

Drummond *et al.* (2014) afirmam que a adição de vibração muscular não é necessária para determinar aumentos significativos na força muscular de indivíduos não treinados. Tal afirmação é corroborada por Drummond (2012) em relação à hipertrofia muscular. Segundo Drummond *et al.* (2014), indivíduos não treinados no treinamento de força apresentam grande treinabilidade, portanto não necessitam de estímulos elevados e diferenciados para alcançarem o aumento significativo de força máxima dinâmica. Tal sugestão é corroborada por Ahtiainen e Hakkinen (2009), que afirmam que indivíduos treinados já são bem adaptados e possuem uma menor capacidade de adquirir novas adaptações, ao contrário de indivíduos não treinados. ACSM (2002) afirma que um indivíduo não treinado pode aumentar em torno de 40% sua força muscular, enquanto um indivíduo treinado pode aumentar cerca de 2%. Drummond *et al.* (2014) sugerem que a adição de vibração localizada ao treinamento de força de indivíduos treinados pode representar um estímulo adicional, potencializador dos resultados obtidos. Entretanto, os resultados do presente estudo são contrários a essa sugestão, uma vez que a adição de vibração localizada ao treinamento de força não repercutiu em maiores aumentos de força máxima dinâmica e hipertrofia muscular em uma amostra treinada. Não foram encontrados estudos que compararam os efeitos crônicos do treinamento com adição de vibração localizada em amostras não treinadas e treinadas. É importante salientar que os resultados da adaptação

crônica morfológica, podem ser específicos aos parâmetros de treinamento e da vibração utilizados no presente estudo.

Os achados de Osawa e Oguma (2003) contrariam os resultados do presente estudo em relação à hipertrofia muscular. Esses autores encontraram que o treinamento de força com adição de VCI gerou maior hipertrofia dos músculos psoas maior e eretor da espinha, após 13 semanas, em comparação com o treinamento de força convencional. A amostra consistiu de indivíduos não treinados. Os parâmetros da vibração aplicada foram: frequência de vibração de 35 Hz e amplitude de 2 mm. Os exercícios foram realizados com duração de 4 segundos nas fases concêntrica e excêntrica, com 2 segundos de ação isométrica entre as fases dinâmicas de cada ação muscular. Além do tipo de vibração aplicada, esse trabalho difere do presente estudo principalmente em relação ao método de treinamento de força. Os autores atribuem à possível hipóxia gerada pela elevada duração das repetições o principal mecanismo para desencadear a hipertrofia muscular. Ainda, segundo esses autores, a vibração pode potencializar o estímulo no músculo alvo ao gerar rápidos alongamentos na fibra muscular contraída e em estado de hipóxia. No presente estudo a velocidade de execução não foi controlada, sendo as ações musculares geralmente realizadas em alta velocidade e conseqüente baixa duração. Assim, o possível efeito potencializador da aplicação da vibração mecânica sobre esse mecanismo da hipertrofia muscular não foi significativo. Ainda, a reduzida duração da ação muscular diminuiu o tempo de exposição à vibração, o que pode modificar o efeito da aplicação de vibração, conforme apontado anteriormente (MISCHI, RABOTTI e CARDINALE, 2012). Portanto, o tempo de exposição à vibração mecânica no presente estudo pode ter sido insuficiente.

As concentrações plasmáticas de hormônios anabólicos, como a testosterona, representa uma importante variável para a adaptação morfológica no treinamento de força (MANGINE *et al.*, 2017). Alguns autores encontraram que a aplicação de vibração mecânica aumenta a secreção de hormônios anabólicos (BOSCO *et al.* 2000; SILVA, 2009; IODICE *et al.*, 2011), o que pode gerar maior hipertrofia muscular. Kvorning *et al.* (2006) pesquisaram as respostas hormonais da VCI, VCI combinada com treinamento de força e do treinamento de força convencional. Os resultados apontaram aumentos subagudos nas concentrações de testosterona, hormônio de crescimento (GH) e cortisol. Não foram encontradas diferenças nos aumentos dos níveis de testosterona entre os dois grupos. Entretanto, o grupo treinado com adição de vibração apresentou maior concentração de GH e menores níveis de cortisol.

Iodice *et al.* (2011) avaliaram os efeitos agudos da aplicação de vibração localizada na resposta hormonal. Os resultados mostraram uma maior concentração dos hormônios anabólicos testosterona e GH após a sessão de treinamento com adição de vibração, em comparação ao treinamento convencional. Contudo, outros estudos não encontraram que a aplicação de vibração durante o treinamento de força aumenta a concentração de testosterona (CARDINALE *et al.*, 2006, ERSKINE *et al.*, 2007), o que pode justificar os resultados do presente estudo. Entretanto, é importante salientar que no presente estudo não foram mensuradas as concentrações séricas dos hormônios possivelmente envolvidos no processo da hipertrofia muscular. Não foram encontrados estudos que investigaram a resposta hormonal de maneira crônica, devido ao treinamento de força com adição de vibração, e a sua relação com a hipertrofia muscular. Fica clara a necessidade de realização de estudos sobre o tema para ajudar a elucidar os mecanismos das adaptações crônicas relacionadas ao treinamento de força com adição de vibração mecânica.

6 CONCLUSÃO

Os protocolos de treinamento de força adotados no presente estudo são eficazes para aumento da força máxima dinâmica, assim como para aumento da força máxima isométrica. A adição de vibração localizada, aplicada na direção oposta à resultante da força muscular, possivelmente não repercute em maiores ganhos de força máxima ou maior hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, em comparação ao treinamento de força convencional.

A aplicação de vibração localizada em ações musculares dinâmicas com intensidade próxima à máxima, com frequência de vibração de 26 Hz e amplitude de 6 mm, não potencializa as adaptações crônicas ao treinamento de força máxima.

Enfim, a adição de vibração localizada, com os parâmetros utilizados no presente estudo, não representa um estímulo adicional para indivíduos treinados no treinamento dinâmico de força máxima. Portanto, a sua prescrição não é eficaz para gerar maiores aumentos na força máxima e maior hipertrofia muscular em indivíduos treinados no treinamento de força.

REFERÊNCIAS

ABERCROMBY, A.F.J. *et al.* Vibration Exposure and Biodynamic Responses during Whole-Body Vibration Training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 10, p. 1794-1800, 2007.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.34, n.2, p.364-380, 2002.

ACSM - AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults.. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, N. 3, p. 364–380, 2009.

AHTIAINEN, J. P.; HAKKINEN, K. Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.4 p.1129-1134, 2009.

AKAGI, R. *et al.* Relationships between muscle strength and muscle cross-sectional area determined during maximal voluntary contraction in middle-aged and elderly individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p.1258–1262, 2009.

ALENTORN-GELI, E. *et al.* Effect of Acute and Chronic Whole-Body Vibration Exercise on Serum Insulin-Like Growth Factor–1 Levels in Women with Fibromyalgia. **The journal of alternative and complementary medicine**. v.15, n. 5, p. 573–578, 2009.

ALMEIDA, A.R. **Comparação dos efeitos da vibração de corpo inteiro e vibração localizada sobre o desempenho nos testes de 1RM e CVM**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2015.

BONGIOVANNI, L.G.; HAGBARTH, K.E. Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from Maximal voluntary contractions in man. **Journal of Physiology**, v.423, p. 1-14, 1990.

BOONYAROM, O.; INUI, K. Atrophy and hypertrophy on Skeletal muscles: structural and functional aspects. **Acta Physiologica**, v. 188, p. 77-89, 2006.

BOSCO, C. *et al.* Hormonal responses to whole-body vibration in men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 81, p. 449-454, 2000.

BRZYCKI M. Strength testing: predicting a one-rep max from repetitions to fatigue. **Joperd**, v. 64, p. 88-90, 1993.

BROWN, L.E.; WEIR, J.P. Asep Procedures Recommendation I: Accurate Assessment Of Muscular Strength And Power. **Accurate assessment of muscular strength and power**, v. 4, n. 3, 2001.

BURESH, R.; BERG, K; FRENCH J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.1, p.62–71, 2009.

CAMPOS, G.E.R. *et al.* Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 2, p.50-60, 2002.

CARSON, R.G.; POPPLE, A.E.; VERSCHUEREN, S.M.P.; RICK, S. Superimposed vibration confers no additional benefit compared with resistance training alone. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 20, p. 827-833, 2010.

CARLSOO, S. The effect of vibration on the skeleton, joints and muscles: a review of literature. **Applied Ergonomics**, v. 13, n. 4, p. 251-258, 1982.

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

CARDINALE, M; LIM, J. Electromyography Activity of Vastus Lateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 3, p. 621-624, 2003.

CARDINALE, M. *et al.* The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.26, p. 380–384, 2006.

COCHRANE, D.J. **The effect of vibration exercise on aspects of muscle physiology and muscular performance**. 250f. Tese (Doutorado em Fisiologia) – Massey University. Palmerston North. New Zealand, 2010.

COUTO, B.P. **Efeito da vibração mecânica na direção da contração muscular durante o treinamento isométrico sobre o desempenho de membros inferiores**. 2009. 128f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

COUTO, B.P. *et al.* Chronic Effects of Different Frequencies of Local Vibrations. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, p.123–129, 2012.

CHEN, H.H. *et al.* Development of the monosynaptic stretch reflex circuit. **Current opinion in Neurobiology**, v. 13, p. 96-102, 2003.

DA SILVA, D.P. *et al.* Comparison of delorme with Oxford resistance training techniques: effects of training on muscle damage markers. **Biology Sports**, v. 27, p. 77-81, 2010.

DA SILVA, M.E. *et al.* Influence of vibration training on energy expenditure in active men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 470-475, 2007.

DE SOUZA, T.P.JR. *et al.* Comparison between constant and decreasing rest intervals: influence on maximal strength and hypertrophy. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 224, n. 7, p. 1843–1850, 2010.

DE SALLES, B.F.; SIMÃO, R.; MIRANDA, F.; NOVAES, J.S.; LEMOS, A.; WILLARDSON, J.M. Rest interval between sets in strength training. **Sports Medicine**, v. 39, n. 9, p. 765-777, 2009.

DELECLUSE, C. *et al.* Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-Trained Athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 26, n. 8, p. 662-668, 2005.

DENADAI B.S., GRECO C.C. **Educação física no ensino superior: prescrição do treinamento aeróbio**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

DRUMMOND, M.D.M. **Efeito da aplicação de vibração mecânica localizada durante o treinamento de força sobre a hipertrofia muscular**. 2012. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

DRUMMOND, M.D.M. *et al.* Effects of 12 weeks of dynamic strength training with local vibration. **European journal of sport Science**, v. 14, n. 7, p. 695-702, 2014.

ERSKINE, J. *et al.* Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.27, p. 242–248, 2007.

FOLLAND, J.P.; WILLIAMS, A.G. The Adaptations to Strength Training: Morphological and Neurological Contributions to Increased Strength. **Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p.145-168, 2007.

FOSS, L. M. e KETEVIAN, S.J. FOX. **Bases Fisiológicas do Exercício e do Esporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. 578 p.

GOMES, P.S.C.; MEIRELLES, C.M.; LEITE, S.P.; MONTENEGRO, C.A.B. Confiabilidade da Medida de Espessuras Musculares Pela Ultrassonografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 1, p. 41-45, 2010.

HÄKKINEN, K. *et al.* Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 569–580, 2001.

HAZELL, T.J.; JAKOBI, J.M. e KENNO, K.A. The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 32, n.1156-1163, 2007.

HARAZIN, B.; GRZESIK, J. The transmission of vertical whole-body vibration to the body segments of standing subjects. **Journal of Sound and Vibration**, v. 215, n. 4, p. 775-787, 1998.

HOFF, J.; GRAN, A.; HELGERUD, J. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. **Scandinavia Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 12, p. 288-295, 2002.

HOPKINS, J.T. *et al.* Whole body vibration does not potentiate the stretch reflex. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, p. 124–129, 2009.

HUGH, S.L. *et al.* Effects of a 6-week Periodized Squat Training With e Without Whole-body Vibration Upon Short-Term Adaptations in Squat Strength and Body Composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n.0, p.1-10, 2011.

IODICE, P. *et al.* Acute and cumulative effects of focused high-frequency vibrations on the endocrine system and muscle strength. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, p. 897–904, 2011.

ISSURIN, V.B. Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review. **Sports Medicine**, v. 45, n. 11, p.4-13, 2015.

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

ISSURIN, V.B.; LIEBERMANN, D.G.; TENENBAUM, G. Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. **Journal of Sports Sciences**, v. 12, n. 6, p. 561-566, 1994.

ISSURIN, V.B.; TENENBAUM, G. Acute and residual effects of vibration stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. **Journal of Sports Science**, v. 17, p.177-182, 1999.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v.40, p. 497-504, 1978.

JONES, D.A.; RUTHERFORD, O.M.; PARKER, D.F. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. **Quarterly journal of experimental physiology**, v. 74, p. 233-256, 1989.

KADI, F.; THORNELL, L. Concomitant increases in myonuclear and satellite cell content in female trapezius muscle following strength training. **Histochemistry and Cell Biology**, v. 113, p. 99-103, 2000.

KANDEL, E.R.; SCHWARTZ, J.H.; JESSELL, T.M. **Princípios da Neurociência**. São Paulo: Manole, 2003. 1412p.

KNUTTGEN, N. H.; KRAEMER, W. J. Terminology and measurement in exercise performance. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 1, p.1-10. 1987.

KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006. 537 p.

KRIEGER, J.W. Singles vs. Multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 224, n. 7, p. 1123-1131, 2010.

KVORNING, T. *et al.* Effects of vibration and resistance training on neuromuscular and hormonal measures. **European Journal of Applied Physiology**, v.96, p. 615–625, 2006.

LAMONT, H.S. *et al.* Effects of a 6-week Periodized Squat Training With e Without Whole-body Vibration Upon Short-Term Adaptations in Squat Strength and Body Composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n.0, p.1-10, 2011.

LUO, J.; MCNAMARA, B.; MORAN, K. The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. **Sports Medicine**, v.35, n. 1, p. 23-41, 2005.

LUO, J.; MCNAMARA, B.P.; MORAN, K. Influence of Resistance Load on Electromyography Response to Vibration Training with Sub-maximal Isometric Contractions. **International Journal of Sports Science and Engineering**, v. 1, n. 1, p. 45-54, 2007.

MACHADO A.; J. 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**, v.20, p. 200–207, 2010.

MAHIEU, N.N. *et al.* W.V. Improving Strength and Postural Control in Young Skiers: Whole-Body Vibration Versus Equivalent Resistance Training. **Journal of Athletic Training**, v. 41, n. 3, p. 286–293, 2006.

MANGINE, T.G. *et al.* Exercise-induced hormone elevations are related to muscle growth. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n.1, p. 45-53, 2017.

MARÍN *et al.* Effects of different magnitudes of whole-body vibration on arm muscular performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n. 9, p. 2506-2511, 2010.

MARÍN, P.J.; RHEA, M.R., Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 2, p. 548–556, 2010.

MARTIN, B.J.; PARK, H.S. Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. **European Journal of Applied Physiology**, v.75, n. 6, p. 504-511, 1997.

MCBRIDE, J.M.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; DAVIE A.; NEWTON, R. U. The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.16, p.75–82, 2002.

MCCURDY, K. *et al.* The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 678-683, 2008.

MESTER, SPITZENPFEIL e YUE. Vibration loads: potential for strength and power development. In: KOMI, P.V. (org): **Força e Potência no Esporte**. Porto Alegre: Artmed, 503-516, 2006.

MILEVA, K.N. *et al.* Acute Effects of a Vibration-like Stimulus during Knee Extension Exercise. **Medicine & science in sports & exercise**, v. 38, n. 7, p. 1317-1328, 2006.

MISCHI, M.; RABOTTI, C.; CARDINALE, M. Analysis of muscle fatigue induced by isometric vibration exercise at varying frequencies. **Conference proceedings : ... ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY**, p. 6463-6466, 2012.

NEWTON, R.U.; KRAEMER, W.J. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. **Strength Conditioning Journal**, v. 16, p. 20–31, 1994.

NÓBREGA, S.R.; LIBARDI, C.A. Is resistance training to muscular failure necessary? **Frontier of Physiology**, v. 7, n. 10, p. 2-4, 2016.

OLIVEIRA, M.P. **Identificação de frequências individualizadas de vibrações mecânicas para treinamento de força**. 2016. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

OSAWA Y, OGUMA Y. Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 23, p. 84-95, 2013.

POLLOCK, R.D.; WOLEDGE, R.C.; MARTIN F.C.; NEWHAM, D.J. Effects of whole body vibration on motor unit recruitment and threshold. **Journal of Applied Physiology**, v.112, p.388-395, 2012.

POSTON, *et al.* The acute effects of mechanical vibration on power output in the bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 1, p. 199-203, 2007.

REEVES, N.D.; MAGANARIS, C.N.; NARICI, M.V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 116-118, 2004.

RHEA, M.R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.5, p. 918–920, 2004.

RHEA, M.R.; ALVAR, B.A.; BURKETT, L.N.; BALL, S.D. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 3, p. 456-464, 2003.

RITTWEGER, J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. **European Journal of Applied Physiology**, v.108, n. 5, p. 877-904, 2010.

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

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**, v. 18, n. 4, p. 839-845, 2004.

SAMPAIO, I.B.M. **Estatística aplicada à experimentação animal**. Belo Horizonte: Fundação de Estudo e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. 264 p.

SCHOENFELD, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857–2872, 2010.

SCHOENFELD, B.J.; CONTRERAS, B.; VIGOTSKY, A.D.; PETERSON, M. Differential effects of heavy versus moderate loads on measures of strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 15, n.2, p. 715-722, 2016a.

SCHOENFELD, B.J.; OGBORN, D.; KRIEGER, J.W. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, p. 1-10, 2016.

SCHOENFELD, B.J.; POPE, Z.K.; BENIK, F.M.; HESTER, G.M.; SELLERS, J.; NOONER, J.L., SCHNAITER, J.A. et al. Longer rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 7, p. 1805-1812, 2016b.

SEIDEL, H. Myoelectrical reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration. **European Journal of Applied Physiology**, v. 57, p. 558-562, 1988.

SEYNNES, O.R.; DE BOER, M.; NARICI, M.V. Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 368-373, 2007.

SHAW, S.B.; SHAW, I.; BROW, A.G. Comparison of resistance and concurrent resistance and endurance training regimes in the development of strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n. 9, p.2507-2514, 2009.

SILVA, H.R. **Treinamento com adição de vibração na direção do encurtamento muscular: desenvolvimento de equipamento e verificação de adaptações agudas ao treinamento.** 2009. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

SILVA, H.R.; COUTO, B.P.; SZMUCHROWSKI L.A. Effects of mechanical vibration applied in the opposite direction of muscle shortening on maximal isometric strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n. 4, p. 1031–1036, 2008.

SILVA, R.A.D.; DRUMMOND, M.D.M.; COUTO, B.P; COSTA, V.T.; GONÇALVES, R.; PEDROSA, G.; SLEDZIEWSKI, D.; SZMUCHROWSKI, L.A. Content validation of training means for taekwondo. **Archives of budo**, v. 11, n. 3, p. 305-317, 2015.

SIMÃO, R.; SPINETI, J.; SALLES, B.F.; MATTA, T.; FERNANDES, L., FLECK, S.J.; RHEA, M.R.; STROM-OLSEN, H.E. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strengths effects. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n.5, p. 1389-1395, 2012.

SOUZA, E.D. *et al.* Early Adaptations to Six Weeks of Non-Periodized and Periodized Strength Training Regimens in Recreational Males. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 13, p. 604-609, 2014.

SZMUCHROWSKI, L.A. **Struktura objętości treningowej w zawodowym futbolu polskich i brazylijskich zespołów pierwszej ligi.** 1995 125f. Tese (Doutorado em Ciências do Treinamento Esportivo) Academia de Educação Física de Varsóvia. Varsóvia: Polônia, 1995.

SZMUCHROWSKI, L. A.; COUTO, B. P. Sistema Integrado do Treinamento Esportivo. In: SAMULSKI, Dietmar. (Org.). **Treinamento Esportivo.** 1ed. São Paulo: Manole, 2013. p.3-26.

SZMUCHROWSKI, L. A.; FERREIRA, J. C. . Training load monitoring and control system. **Laboratório Olímpico**, v. 2, p. 1-3, 2008.

TAN, B. Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 13, n. 3, p.289-304, 1999.

WALTER, A. *et al.* Effects of diferent intensities of resistance exercise on regulators of myogenesis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 8, p. 2179-87, 2009.

WILBORN, C.D. *et al.* Effects of different intensities of resistance exercise on regulators of myogenesis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n.8, p.2179–2187, 2009.

WILCOCK, I. *et al.* Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n. 2, p. 593–603, 2009.

VOLEK, J S. Influence of nutrition on responses to resistance training. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, v.1, n. 11, p. 689-696, 2004.

VON STENGEL, S.; KEMMLER, W.; ENGELKE, K.; KALENDER, W.A. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 22, p.119-127, 2012.

APÊNDICE 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

O TCLE é um documento muito importante para sua proteção.

Nele devem estar descritos, numa linguagem bastante acessível, os seguintes itens:

- Justificativas para a realização do estudo.
- Principais procedimentos e metodologia (como será feito).
- Lista dos possíveis riscos.
- Lista dos benefícios esperados diante do sucesso do estudo.
- Informação sobre outras possibilidades de tratamento.
- Descrição sobre a forma de acompanhamento.
- Descrição de como e quando o experimento será realizado.
- Nome dos investigadores e telefones para contato.
- Informação de que você pode se recusar a participar ou sair do estudo, em qualquer momento, sem que isso signifique prejuízo de alguma forma.

O investigador deve apresentá-lo antes de dar início à sua participação no protocolo.

Diante do TCLE você deve:

Ler, Esclarecer todas as suas dúvidas, Concordar, Preencher com os dados pessoais e Assinar.

Sua assinatura neste documento significa que você concordou com todas as condições apresentadas e está disposto a participar do estudo.

Importante: você não é obrigado a participar de uma pesquisa experimental. Você somente participa se quiser, se realmente acreditar que terá benefícios. Além disso, mesmo tendo assinado o consentimento informado, você pode sair do estudo a qualquer momento.

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)

(Em 2 vias, firmado por cada participante-voluntário/a da pesquisa e pelo responsável)

“O respeito devido à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento livre e esclarecido dos sujeitos, indivíduos ou grupos que por si e/ou por seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa.” (Resolução. nº 466/12, do Conselho Nacional de Saúde)

Eu,, tendo sido convidado(a) a participar como voluntário(a) do estudo “EFEITO CRÔNICO DA ADIÇÃO DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA AO TREINAMENTO DE FORÇA DINÂMICA MÁXIMA”, recebi de Marcos Daniel Motta Drummond e Leszek Antoni Szmuchowski, responsáveis por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

- Que o estudo se destina a comparar o efeito crônico do treinamento de força dinâmico convencional e do treinamento de força dinâmico com adição de vibração localizada, sobre o desenvolvimento da força dos músculos flexores do cotovelo, em indivíduos treinados.
- Que esse estudo terá a duração de aproximadamente 14 semanas, sendo doze (12) semanas de treinamento e duas (2) semanas de testes (pré e pós treinamento).
- Que o estudo será realizado da seguinte maneira:

Após a realização de um processo de familiarização aos exercícios e testes propostos, os voluntários serão submetidos ao teste de força de uma repetição máxima sem adição de vibração (1RM) e de uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Após a realização dos testes, os voluntários serão distribuídos de maneira aleatória em dois grupos: um grupo que realizará o treinamento de força com a adição da vibração mecânica (GV) e outro grupo que realizará o mesmo programa, mas sem adição da vibração mecânica (GSV). Após a fase de testes, ambos os grupos realizarão o treinamento de força pelo período de doze (12) semanas. O teste de 1RM e CIVM serão realizados novamente após 12 semanas de treinamento, com o objetivo de registrar o desenvolvimento da produção de força muscular. No início e final do estudo serão realizados exames de ultrassonografia para verificar a área de secção transversa muscular.

- Que os incômodos que poderei sentir com a minha participação são os seguintes: alguma dor muscular de início tardio devido à atividade física, sendo este efeito comum aos treinamentos de força, sem que seja necessário o uso de medicamentos. Se eu me julgar incapaz de realizar os exercícios, ou se a dor permanecer por um período superior a 72 horas, serei encaminhado à avaliação médica.
- Que os possíveis riscos à minha saúde física e mental são: lesões musculoesqueléticas, que ocorrem com baixa frequência no treinamento a ser aplicado.
- Que deverei contar com a assistência médica devida, se por algum motivo, me sentir mal durante as atividades físicas, estando os pesquisadores responsáveis por me acompanharem a um serviço médico, caso seja necessário.
- Que os benefícios que deverei esperar com a minha participação, mesmo que não diretamente são: contribuir para o estudo da atividade física e do esporte, ajudando a descobrir novos métodos que potencializem os efeitos dos treinamentos de atletas e praticantes de atividades físicas.

- Que os outros meios conhecidos para se obter os mesmos resultados são os seguintes: realizar estudos com animais, o que não significaria que seriam obtidos resultados semelhantes em humanos.
- Que, sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
- Que, a qualquer momento, eu poderei recusar a continuar participando do estudo e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo.
- Que as informações conseguidas através da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo.
- Que eu deverei ser indenizado(a) por qualquer despesa que venha a ter com a minha participação nesse estudo.

Finalmente, tendo eu compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implica, concordo em dele participar e DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO(A) OU OBRIGADO(A).

Endereço do(a) participante-voluntário(a)

Domicílio:

Bairro:

CEP:

Cidade:

Telefone:

Ponto de referência:

Contato de urgência:

Domicílio:

Bairro:

CEP:

Cidade:

Telefone:

Ponto de referência:

Endereço do responsável pela pesquisa:

Pesquisador responsável: Leszek Antoni Szmuchrowski

Instituição: UFMG / Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional / LAC - CENESP

Endereço: Av. Antônio Carlos, 6627

Bairro: Pampulha. CEP. 31270-901 Cidade: Belo Horizonte / MG.

Telefones p/contato: 31 34092326

ATENÇÃO: Para informar ocorrências irregulares ou danosas durante a sua participação no estudo, dirija-se ao:

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais:

Unidade Administrativa II, 2º andar, sala 2005, Campus Pampulha

Av. Antônio Carlos, 6627. Belo Horizonte / MG. CEP: 31270-901

Telefone: 3409-4592

Belo Horizonte, de de 20 .

Assinatura ou impressão datiloscópica do(a) voluntário(a) (Rubricar as demais folhas)	Nome e Assinatura do(s) responsável(eis) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)