

**Marcos Daniel Motta Drummond**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA LOCALIZADA  
DURANTE O TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A HIPERTROFIA  
MUSCULAR**

**Belo Horizonte**

**2012**

**Marcos Daniel Motta Drummond**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA LOCALIZADA  
DURANTE O TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A HIPERTROFIA  
MUSCULAR**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Pena Couto - UFMG

Co-orientador: Prof. Dr. Leszek Atoni Szmuchrowski - UFMG

**Belo Horizonte**

**2012**

## DEDICATÓRIA

*À minha família, especialmente aos meus pais Jane e Marcos, e à minha avó Nilva,  
que sempre estiveram ao meu lado e me ajudaram a me tornar quem eu sou.*

*À Janaína, pelo carinho e companheirismo.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus professores, orientadores e amigos Dr. Bruno Pena Couto e Dr. Leszek A. Szmuchrowski, pela dedicação e ensinamentos.

Aos voluntários.

A todos os membros do LAC que me auxiliaram no processo.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Alterações na área de secção transversal do músculo (AST), na contração voluntária máxima (CVM) e na eletromiografia (EMG) mediante o treinamento de força. Fonte: Seynnes <i>et al.</i> (2007). ....	19
FIGURA 2 - Ruptura do disco-Z. Fonte: Adaptado de Folland e Williams (2007)....	21
FIGURA 3 - Secção transversa da fibra muscular e célula satélite incorporada à fibra. Fonte: Adaptado de Kadi e Thornell (2000).....	22
FIGURA 4 - Vibração periódica. Fonte: Taylor (2003).....	27
FIGURA 5 - Vibração randômica. Fonte: Taylor (2003). ....	27
FIGURA 6 - Representação esquemática do reflexo do estiramento. Fonte: Foss e Keteyian (2000). ....	29
FIGURA 7 - Plataforma de vibração corporal para VCIFonte: Hopkins <i>et al.</i> (2009). .....	31
FIGURA 8 - Instrumento portátil para treinamento com vibração localizada. Fonte: Luo; Mcnamara; Moran (2007). ....	32
FIGURA 9 - Equipamento utilizado por SILVA <i>et al.</i> (2008) para aplicação da vibração mecânica na direção do encurtamento muscular em exercício isométrico. .....	32
FIGURA 10 – Efeito da aplicação de vibração mecânica na direção da contração muscular. Fonte: Silva <i>et al.</i> (2008). ....	35
FIGURA 11 - Dados da força isométrica máxima para as condições de contração muscular com e sem adição de vibração no tendão. Fonte: Humphries <i>et al.</i> (2004). .....	37
FIGURA 12 - Percentual de alterações no pico de torque. Fonte: Herda <i>et al.</i> (2008). .....	37
FIGURA 13 - Variações na massa nos testes de 10RM com e sem vibração. Fonte: McBride; Porcari; Scheunke (2004). ....	38

FIGURA 14 - Posições adotadas em cada exercício: a) meio agachamento b) Agachamento profundo; c) agachamento com os pés afastados; d) meio agachamento nas pontas dos pés.Fonte: MACHADO et al. (2010). ....	40
FIGURA 15 - Alterações agudas hormonais antes ( <i>pre</i> ), imediatamente após ( <i>pos</i> ) e 15 minutos pós (+15 <i>pos</i> ) das sessões de treinamento convencional (círculo), treinamento combinado (quadrado) e treinamento com vibração (triângulo). Fonte: Adaptado de Kvorning <i>et al.</i> (2006). ....	42
FIGURA 16 - Desenho experimental do presente estudo. ....	46
FIGURA 17 – Posições padronizadas do teste de CVM. ....	51
FIGURA 18– Determinação da área dos músculos flexores do cotovelo. ....	53
FIGURA 19 – Exibição do corte axial (A), sua posição no plano sagital (B) e na sequência dos cortes (C). ....	54
FIGURA 20. Execução da flexão de cotovelo unilateral no banco <i>Scott</i> . ....	55
FIGURA 21 – Equipamento de treinamento. ....	58
FIGURA 22 – Sistema utilizado para aplicação da vibração mecânica. (A) Motor; (B) Roldana com eixo excêntrico; (C) Inversor de frequência. ....	58
FIGURA 23 - Sistema utilizado para medição da força. Célula de força (A); Amplificador (B). ....	59
FIGURA 24 - Equipamento de ressonância magnética. ....	60
FIGURA 25 – Comparação dos valores médios obtidos nos testes de 1RM, entre os grupos GSV e GCV. ....	66
FIGURA 26 - Comparação dos valores médios obtidos nos testes de CVM, entre os grupos GSV e GCV. ....	69
FIGURA 27 – Valores pré-treinamento e pós-treinamento da AST total para GSV e GCV. ....	70
FIGURA 28 – Aumento da AST total em valores percentuais, de ambos os grupos de treinamento. ....	71
FIGURA 29 – Valores pré-treinamento e pós-treinamento da AST medial para GSV e GCV. ....	72

FIGURA 31 – Valores pré-treino e pós-treino da AST proximal para GSV e GCV.....	74
FIGURA 32 – Aumento da AST proximal em valores percentuais, de ambos os grupos de treino. ....	75
FIGURA 33 – Valores pré-treino e pós-treino da AST distal para GSV e GCV. ....	76
FIGURA 34 – Aumento da AST distal em valores percentuais, de ambos os grupos de treino. ....	77
FIGURA 35 – Aumento da AST nas diferentes porções musculares analisadas. ...	78

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

QUADRO 1.....	56
TABELA 1 - Valores de repetições máximas, peso médio deslocado e duração média, por série, dos grupos GSV e GCV.....	63
TABELA 2 – Resultado dos testes de 1RM (kg) do GSV.....	64
TABELA 3 – Resultado dos testes de 1RM (kg) do GCV.....	65
TABELA 4 – Resultado dos testes de CVM (N) do GSV.....	67
TABELA 5 – Resultado dos testes de CVM (N) do GCV.....	69



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

1RM – Uma Repetição Máxima

AST - Área de Secção Transversa

CCI - Coeficiente de Correlação Intraclass

CENESP- Centro de Excelência Esportiva

CVM - Contração Voluntária Máxima

EMG – Eletromiografia

EPM - Erro Padrão de Medida

GCV - Grupo com Adição de Vibração

GH - Hormônio de Crescimento

GSV - Grupo sem Adição de Vibração

IC - Intervalo de Confiança

LAC – Laboratório de Análise de Carga

RTV - Reflexo Tônico de Vibração

SCM - Salto Contramovimento

VCI - Vibração de Corpo Inteiro

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

RESUMO.....	12
ABSTRACT .....	13
1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.3 HIPÓTESES.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 Hipertrofia Muscular .....	18
2.2 Parâmetros do treinamento de força para hipertrofia muscular.....	23
2.3 Vibrações mecânicas .....	26
2.3.1 Efeitos das vibrações mecânicas sobre o sistema músculo esquelético.....	28
2.3.2 Treinamento com adição de vibrações mecânicas.....	30
2.4. Aplicações das vibrações mecânicas no treinamento esportivo.....	33
2.5. Vibração e hipertrofia muscular .....	40
3 MÉTODOS .....	45
3.1 Delineamentos do Estudo .....	45
3.2 Amostra .....	46
3.2.1 Cálculo amostral:.....	47
3.3 Cuidados Éticos .....	48
3.4 Procedimentos .....	49
3.4.1 Pré-Testes.....	49
3.4.1.1 Teste de uma repetição máxima (1RM) .....	49
3.4.1.2 Teste de contração voluntária máxima (CVM) .....	50
3.4.1.3 Exame de Ressonância Magnética. ....	51
3.4.2. Protocolo de Treinamento de Força .....	54
3.4.3. Fase Pós-teste .....	57

3.5 Instrumentos.....	57
3.6 Análises estatísticas.....	60
4 RESULTADOS .....	62
4.1 Parâmetros do treinamento .....	62
4.2 Resultados dos testes de 1RM.....	63
4.3 Resultado dos testes de CVM. ....	66
4.4 Resultados dos exames de ressonância magnética .....	69
5 DISCUSSÃO .....	79
6 CONCLUSÃO.....	94
REFERÊNCIAS.....	95
ANEXOS .....	105

## RESUMO

Diversos estudos indicam que a adição de vibrações ao treinamento de força pode contribuir para o desenvolvimento da força muscular e do desempenho esportivo. O objetivo desse trabalho foi verificar o efeito crônico da aplicação de vibração mecânica, durante o treinamento de força, sobre a hipertrofia muscular. A amostra consistiu de 20 voluntários do sexo masculino, com idade média de  $21,3 \pm 3,02$  anos no grupo treinado sem vibrações e  $21,1 \pm 2,13$  anos no grupo treinado com vibrações. Todos os voluntários eram destreinados. Inicialmente, todos foram submetidos ao exame de ressonância magnética, para determinar a área de secção transversa dos flexores do cotovelo, e aos testes de força de uma repetição máxima (1RM) e de contração voluntária máxima (CVM). Posteriormente, os voluntários foram distribuídos em dois grupos: um grupo com adição de vibração mecânica localizada no protocolo de treinamento (GCV) e outro sem adição da vibração mecânica (GSV). Ambos os grupos realizaram o treinamento de força para hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, por 12 semanas. O protocolo de treinamento de força consistiu da execução de quatro séries de oito a 10 repetições máximas, do exercício de flexão de cotovelo unilateral no banco Scott. Os intervalos entre as séries foram de 120 segundos e a frequência de três sessões semanais. O GCV realizou o mesmo protocolo de treinamento, mas com adição de vibração mecânica na frequência de 30 Hz e amplitude de 6 mm. Após o período de treinamento ambos os grupos obtiveram aumentos significativos na força muscular, a partir dos resultados dos testes de 1RM e CVM. Não foi encontrada diferença significativa entre os ganhos de força apresentados pelos grupos. Nos exames de ressonância magnética foi verificada a hipertrofia significativa dos músculos flexores do cotovelo, nos dois grupos. A hipertrofia muscular apresentada pelos grupos foi semelhante. Portanto, a aplicação de vibração não alterou os resultados do treinamento dinâmico de força.

**Palavras chaves:** vibração; hipertrofia muscular; força muscular.

## **ABSTRACT**

Several studies indicate that the addition of vibrations to the strength training (ST) may contribute to the development of muscle strength and athletic performance. The aim of this study was to verify the chronic effect of application of mechanical vibration during ST on muscle hypertrophy. The sample consisted of 20 male volunteers, mean age  $21,3 \pm 3,02$  years in the group trained without vibration and  $21,1 \pm 2,13$  years in the group trained with vibration. All volunteers were untrained. Initially, all volunteers underwent magnetic resonance imaging to determine the cross-sectional area of the elbow flexors, and strength tests of one repetition maximum (1RM) and maximal voluntary contraction (MVC). Later, the volunteers were divided into two groups: one group with the addition of located mechanical vibration in the training protocol (GCV) and another without the addition of mechanical vibration (GSV). Both groups performed ST for hypertrophy of the elbow flexor muscles for 12 weeks. The ST protocol consisted of performance four sets of eight to 10 repetitions maximum, of the exercise unilateral elbow flexion in the Scott bank. The intervals between sets were 120 seconds and the frequency of three weekly sessions. The GCV performed the same training protocol, but with the addition of the mechanical vibration frequency of 30 Hz and the amplitude of 6 mm. After the training period both groups had significant increases in muscle strength, from the results of 1RM tests and CVM. There was no significant difference between the strength gains made by groups. In magnetic resonance imaging was found significant hypertrophy of the elbow flexors in both groups. Muscle hypertrophy was similar in the groups. Therefore, the application of vibration did not alter the results of the dynamic force training.

**Keywords:** vibration, muscle hypertrophy, muscle strength.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da massa corporal magra é um dos principais objetivos dos praticantes de atividade física, principalmente entre os praticantes de musculação, sejam esses indivíduos atletas de alto nível de rendimento, ou que almejam como resultado final a melhora ou manutenção na qualidade de vida (SCHOENFELD, 2010). É conhecido que existe uma elevada correlação entre a área de secção transversa do músculo esquelético e sua produção de força, com consequente melhora no rendimento específico esportivo. Assim, os atletas de modalidades que exigem força muscular, em suas diferentes manifestações, tais como Futebol, Rugby e Luta Livre, possuem como objetivo primário no treinamento de força a hipertrofia muscular, ou seja, o aumento na massa muscular (SCHOENFELD, 2010).

Ao processo de envelhecimento está associado a Sarcopenia, uma significativa perda de massa muscular (MACHADO *et al.*, 2010), que segundo Pizzigalli *et al.* (2010) diminui a produção de força muscular, o que é uma das principais causas de quedas e perda da capacidade de realizar atividades diárias de maneira independente. Hunter *et al.* (2004) afirmam que o treinamento de musculação reduz os efeitos da Sarcopenia, pois gera hipertrofia muscular, aumento na produção de força, de potência e da capacidade funcional do indivíduo. Além disso, segundo Hale *et al.* (2010), a hipertrofia muscular é um objetivo primário de Fisiculturistas e uma ferramenta utilizada por praticantes de *Fitness*, para melhorar a percepção da imagem do próprio corpo, ou seja, da estética corporal.

Na busca por um método eficiente, que possa acelerar e otimizar os ganhos de força muscular em atletas e não atletas, a adição de vibrações mecânicas ao treinamento de força tem recebido, atualmente, destaque no treinamento esportivo e nas ciências do esporte (WILCOCK *et al.* 2009; MARÍN e RHEA, 2010). Vibrações são oscilações sofridas por um corpo (RITWEGGER, 2010). Diversos estudos demonstraram efeitos positivos, agudos e crônicos, no desempenho de força e potência muscular devido à adição de vibrações

mecânicas no treinamento de força (DELECRUSE *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2008; BEDIENT *et al.* 2009; ARMSTRONG *et al.*, 2010; MACHADO *et al.* 2010, MARÍN e RHEA, 2010). Entretanto, ainda existem controvérsias entre os estudos, em relação aos resultados e parâmetros do treinamento (MESTER, SPITZENPFEIL e YUE 2006; WILCOCK *et al.*, 2009). Esse tipo de treinamento de força, determinado pela adição de vibração mecânica aos parâmetros do treinamento de força muscular, é denominado treinamento com vibrações (LUO *et al.*, 2009).

Existem dois tipos de treinamento 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 (LUO, MCNAMARA, MORAN, 2005), que geralmente são aplicadas nos pés por meio de uma plataforma vibratória e transmitidas aos músculos pelos tecidos corporais (MARÍN e RHEA, 2010). A Vibração Localizada é um método onde a vibração é aplicada no ventre muscular (MARTIN e PARK, 1997), no tendão do músculo alvo (LUO, MCNAMARA, MORAN, 2007), ou na direção das resultantes da força muscular (COUTO *et al.*, 2012).

Ainda são escassos estudos que investigaram o efeito do treinamento de força com adição de vibrações, na hipertrofia muscular. Wilcock *et al.* (2009) sugerem que uma das principais adaptações crônicas do treinamento com adição de vibrações, que geram um maior aumento na produção de força muscular, é um maior aumento na massa muscular treinada. Segundo estes autores essa adaptação pode ocorrer devido ao aumento na produção de hormônios anabólicos e na intensidade do treinamento, porém mais estudos longitudinais e específicos precisam ser realizados. O único estudo encontrado sobre os efeitos da adição de vibrações no treinamento de força, na hipertrofia muscular, foi o de MACHADO *et al.* (2010). Nesse estudo mulheres idosas aumentaram a sua massa muscular após 10 semanas de treinamento com adição de vibrações de corpo inteiro em comparação a um grupo controle. Entretanto, nesse estudo, o efeito do treinamento com vibrações, sobre a hipertrofia muscular, não foi comparado ao efeito do treinamento sem vibrações. Diante disso se faz necessária a realização de estudos que investiguem os efeitos da adição de vibrações no treinamento de força na hipertrofia muscular e os comparem com os efeitos do treinamento sem adição de vibrações. Assim, a realização do presente estudo é justificada.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

- Verificar o efeito crônico da aplicação de vibração mecânica durante o treinamento de força sobre a hipertrofia muscular.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Verificar o efeito crônico do treinamento de força dos músculos flexores do cotovelo com aplicação de vibração mecânica localizada sobre a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo.
- Comparar o efeito crônico do treinamento de força com aplicação de vibração mecânica localizada com o efeito crônico do treinamento de força convencional sobre a hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo.
- Comparar o efeito crônico do treinamento de força com aplicação de vibração mecânica localizada com o efeito crônico do treinamento de força convencional sobre a produção de força dos músculos flexores do cotovelo.



### 1.3 HIPÓTESES

- H0: Os protocolos de treinamento utilizados não ocasionarão alterações significativas na área de secção transversa dos músculos flexores do cotovelo.
- H1: O treinamento de força com aplicação de vibração mecânica ocasionará uma maior hipertrofia muscular, quando comparado com treinamento de força convencional.
- H2: O treinamento de força com aplicação de vibração mecânica ocasionará uma menor hipertrofia muscular, quando comparado com treinamento de força convencional.
- H3: O treinamento de força com aplicação de vibração mecânica ocasionará uma hipertrofia muscular semelhante à gerada pelo treinamento de força convencional.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Hipertrofia Muscular

A mensuração da área de secção transversa (AST) tem sido estudada a partir de recursos como ressonância magnética, tomografia computadorizada e ultra-sonografia (BEMBEN, 2002; DE FREITAS *et al.*, 2010). Contudo, a biópsia é utilizada nas investigações de alterações microscópicas do tecido muscular (YANG *et al.*, 2005).

O treinamento de força gera adaptações neurais e estruturais no músculo esquelético, no qual o aumento da massa muscular, a Hipertrofia Muscular, consiste na principal adaptação estrutural, refletindo no aumento na AST e na produção de força do músculo (SCHOENFELD, 2010; AKAGI *et al.*, 2009; SEYNNES *et al.*, 2007).

Akagi *et al.* (2009) encontraram uma elevada correlação entre a AST e a contração voluntária máxima (CVM), no movimento de flexão do cotovelo, em idosos. Os voluntários executaram a CVM assistidos por ultrassonografia, que permitiu o registro direto e análise da correlação entre as variáveis investigadas.

Seynnes *et al.*, 2007 investigaram as adaptações neurais e morfológicas geradas por um programa de treinamento de força. Na FIGURA 1 são exibidas as alterações percentuais da força muscular, avaliada a partir da CVM, geradas a partir de 35 dias consecutivas de treinamento de força. As adaptações neurais são representadas por alterações na eletromiografia (EMG) e as adaptações morfológicas pelas alterações percentuais da área da secção transversal muscular (AST). Com base nos resultados encontrados é possível perceber que nos primeiros 10 dias de treinamento a força muscular sofre um aumento significativo, sem alterações significativas na área da secção transversal do músculo. Contudo, houve um aumento na atividade eletromiográfica. Assim, é possível verificar que o aumento da força muscular identificado no início do programa de treinamento de força ocorre principalmente por adaptações neurais. Após 20 dias de treinamento, a área da secção transversa sofre um aumento significativo que contribui para a

continuidade do aumento da força muscular. Este mesmo efeito foi também identificado 35 dias após o início do treinamento. Portanto, existe uma sequência de fenômenos em que as adaptações morfológicas são precedidas por adaptações neurais.

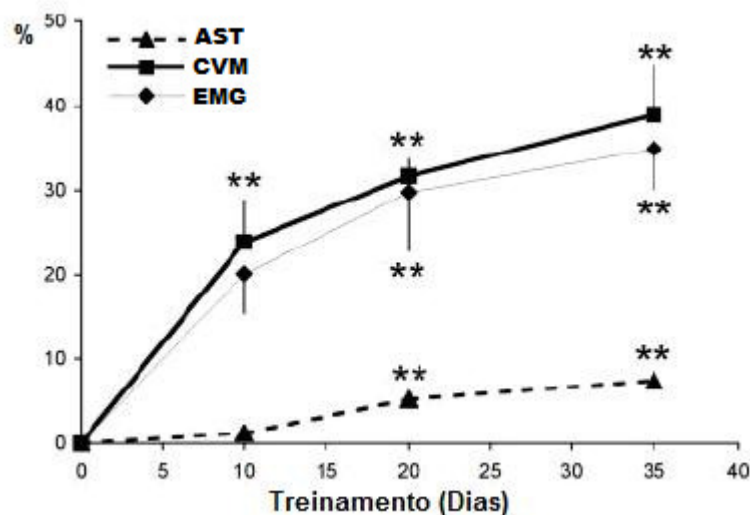


FIGURA 1 - Alterações na área de secção transversal do músculo (AST), na contração voluntária máxima (CVM) e na eletromiografia (EMG) mediante o treinamento de força.

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

Kidgell *et al.* (2010) investigaram o efeito de quatro semanas de treinamento de força, na produção de força do músculo bíceps braquial, do braço direito, por meio do teste de 1RM. Os voluntários, 23 homens destreinados, destros, foram divididos em dois grupos, um grupo treinamento e outro grupo controle. No grupo treinamento, os voluntários realizaram o treinamento de força três vezes por semana, sendo quatro séries de 6 a 8 repetições, com 80% da força máxima, no exercício flexão de cotovelo unilateral com halteres. O treinamento resultou em aumento significativo de 28% na força muscular obtida no teste de 1RM. Os autores atribuem o aumento na força muscular às adaptações neuromusculares. Os resultados demonstraram que o treinamento de força aumenta cronicamente a estimulação dos motoneurônios do bíceps braquial. Não foi encontrada diferença significativa na circunferência do braço de ambos os grupos, na comparação entre valores pré-treinamento e pós-treinamento.

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. Portanto, os aumentos de força presentes nas primeiras semanas de treinamento ocorrem principalmente em decorrência de fatores psicológicos e adaptações neurais (ABE *et al.* 2000; BAWA, 2002; SEYNNES *et al.*, 2007; FOLLAND e WILLIAMS, 2007; SCHOENFELD, 2010).

Uma das razões para o aumento da AST do músculo é o aumento do tamanho da fibra muscular. Este, por sua vez, é consequente do aumento do tamanho e do número de miofibrilas. O aumento do tamanho ocorre devido à adição de filamentos de actina e miosina à periferia das miofibrilas, o que desencadeia um aumento em suas espessuras. Quanto maior o número de filamentos de actina e miosina, mais pontes cruzadas serão formadas e maior será a capacidade do músculo de gerar força (FOLLAND e WILLIAMS, 2007; SCHOENFELD, 2010). Constantemente as proteínas musculares são degradadas e sintetizadas. A diferença entre a produção e degradação protéica é denominada balanço protéico e é decisiva no processo de hipertrofia muscular (BOONYAROM e INUI, 2006; WALTER *et al.*, 2010). Para que a AST do músculo aumente é necessário um balanço protéico positivo – produção maior que a degradação. Contudo, este mecanismo depende diretamente da alimentação e da resposta hormonal do indivíduo treinado (VOLEK, 2004; WALTER *et al.*, 2010; SCHOENFELD, 2010).

O aumento do número de miofibrilas é identificado quando o aumento da AST muscular não é acompanhado pelo aumento da secção transversa das miofibrilas. Durante a contração muscular, diferenças de alinhamento formadas nas bandas A e I fazem com que os filamentos realizem uma tração oblíqua nos disco-Z. Esta alteração no alinhamento da actina aumenta quando as miofibrilas crescem e aumentam de diâmetro. Durante a ação muscular essa tração oblíqua gera um estresse mecânico no disco-Z e pode causar seu rompimento (FIGURA 2). Este fenômeno se repete ao longo da miofibrila podendo desencadear uma divisão longitudinal da mesma e, por tanto, um aumento do número dessas miofibrilas em um músculo treinado (FOLLAND e WILLIAMS, 2007).

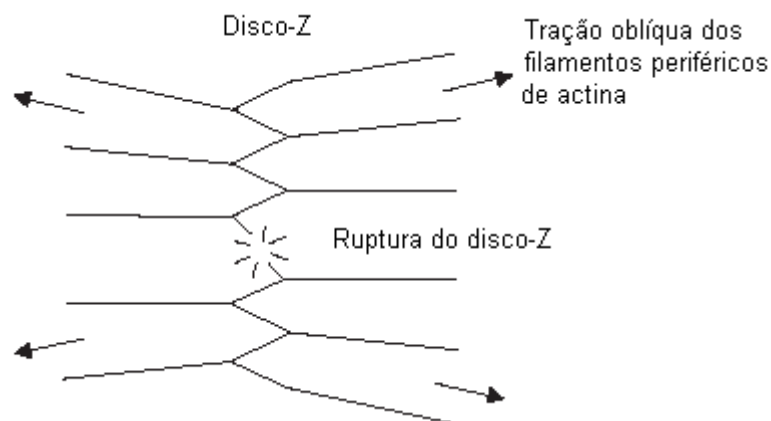


FIGURA 2 - Ruptura do disco-Z.

Fonte: Adaptado de Folland e Williams (2007).

Outro mecanismo importante para hipertrofia muscular é a ativação e proliferação de células satélites. Este mecanismo também é desencadeado por estímulos mecânicos aplicados às células musculares (SAKATA *et al.*, 2006, SCHOENFELD, 2010). A capacidade da fibra muscular em hipertrofiar está diretamente relacionada com a indução da divisão das células satélites e a incorporação de parte de suas células filhas nas fibras musculares pré-existent (KADI e THORNELL, 2000; MACKEY *et al.*, 2007, SCHOENFELD, 2010). Kadi e Thornell (2000) identificaram, após 10 semanas de treinamento de força, um aumento tanto da área de secção transversa da fibra muscular, quanto do número de mionúcleos no interior destas fibras, conforme FIGURA 3.

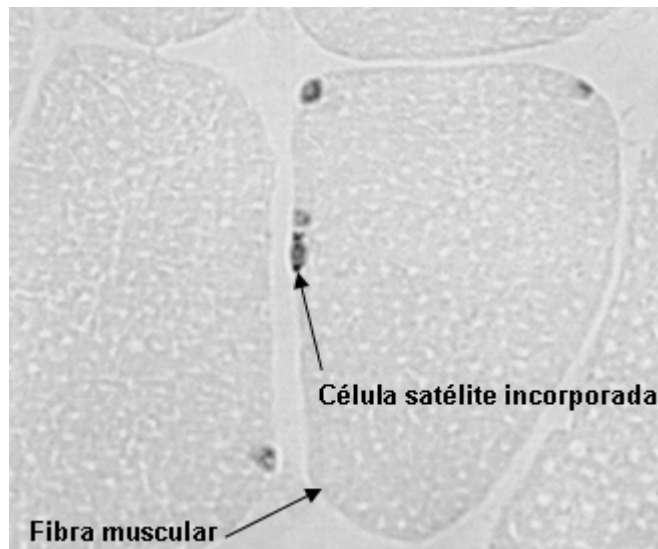


FIGURA 3 - Secção transversa da fibra muscular e célula satélite incorporada à fibra.  
Fonte: Adaptado de Kadi e Thornell (2000).

De acordo com SCHOENFELD (2010), as células satélites são poderosas células miogênicas que participam do crescimento muscular e reparo de células musculares danificadas. Inicialmente o treinamento de força pode causar danos musculares em algumas macromoléculas e até mesmo danos maiores no sarcolema, lâmina basal e no tecido conjuntivo de suporte. Além disso, proteínas contráteis e pertencentes ao citoesqueleto da fibra muscular também podem ser danificadas. Este trauma muscular estimula as células satélites e uma sequência de eventos regenerativos em cascata que resultam na hipertrofia muscular (VIERCK *et al.*, 2000).

Segundo KRAEMER *et al.* (2006), o sistema endócrino, juntamente com o sistema neural, é fundamental para as respostas agudas ao exercício com sobrecarga e para a remodelação tecidual. Os parâmetros da carga interferem diretamente na dimensão das respostas agudas ao treinamento de força - sejam metabólicas, neurais, musculares ou cardiovasculares. Os sistemas corporais relacionados a essas respostas interagem com o sistema endócrino nas adaptações agudas da força muscular, e de forma subsequente, nas adaptações crônicas.

A concentração dos hormônios anabólicos, que aumentam a síntese de proteínas, como a Testosterona e o Hormônio do Crescimento (*growth hormone* - GH), é elevada aguda e cronicamente no treinamento de força. Os hormônios

catabólicos, como o Cortisol, também aumentam sua concentração durante o treinamento, mas suas concentrações são reduzidas em repouso, o que ocorre inicialmente pela elevada concentração dos hormônios anabólicos, que inibem a secreção dos hormônios catabólicos. A relação entre anabolismo e catabolismo provocará o ganho ou a perda de massa muscular. O tipo de programa de treinamento, a predisposição genética, o gênero, o nível de aptidão física e o potencial para adaptação são fatores determinantes para as respostas hormonais aos exercícios de força (KVORNING *et al.* 2006; BURESH *et al.*, 2009; SCHOENFELD, 2010).

Além do aumento do tamanho das células musculares, existe a possibilidade do aumento do número destas células nos músculos treinados contribuir para o aumento da seção transversa do músculo. Este aumento no número de fibras musculares é denominado hiperplasia e é um fenômeno comprovado em animais. Contudo, a ocorrência de hiperplasia muscular em seres humanos adultos, em decorrência do treinamento de força, ainda é controversa (FOLLAND e WILLIAMS, 2007; SCHOENFELD, 2010).

Segundo SCHOENFELD (2010), a hipertrofia muscular pode ocorrer pelo aumento de elementos não contráteis ou fluídos no sarcoplasma, que determinam aumento na área de secção transversa muscular, sem contribuir para aumentos significativos na produção de força. Segundo o mesmo autor, esse tipo de hipertrofia muscular é denominado Hipertrofia Sarcoplasmática.

## **2.2 Parâmetros do treinamento de força para hipertrofia muscular**

A determinação dos parâmetros do treinamento de força para hipertrofia muscular, tal como a seleção da intensidade, do número de séries e repetições de um exercício e o intervalo entre as séries, ainda é um tema que gera discussões e pesquisas (SCHOENFELD, 2010).

No que diz respeito à intensidade do treinamento de força para hipertrofia muscular, Wilborn *et al.* (2009) encontraram que a intensidade do exercício no treinamento de força entre 60 e 85% de Uma Repetição Máxima (1RM) modularam a expressão do RNAm da cadeia pesada da miosina e dos fatores envolvidos na ativação miogênica das células satélites. Outros estudos longitudinais apresentaram resultados significativos de hipertrofia muscular, utilizando de intensidades entre 60 e 85% de 1RM (YANG *et al.*, 2005; SEDLIAK *et al.*, 2009; DE FREITAS *et al.*, 2010). Entretanto, Takarada e Ishii (2002) encontraram que mulheres jovens, após 12 semanas de treinamento de força, com intensidade de 50% de 1RM da extensão bilateral de joelhos, sendo realizadas três séries com intervalo de apenas 30 segundos entre elas, apresentaram um aumento significativo na AST dos músculos treinados. Nesse estudo o aumento da AST foi mensurado por ressonância magnética.

Ainda em relação à intensidade do treinamento, diversos autores utilizaram em seus estudos a realização de repetições máximas (RM), onde um número determinado de repetições é realizado até a falha concêntrica. Assim, a intensidade da resistência é ajustada a fim de permitir a realização do número de repetições objetivado. Nesses estudos os resultados foram positivos acerca da hipertrofia muscular (CHESTNUT e DORCHERTY, 1999; AHTIAINEN *et al.*, 2005; BURESH *et al.*, 2009; DE SOUZA *et al.*, 2010). Willardson (2008) afirma que a realização de repetições até a falha momentânea muscular, pode contribuir significativamente para a hipertrofia do músculo, mas sua seleção como parâmetro de prescrição deve levar em conta o nível de condicionamento e objetivos dos indivíduos. Ainda segundo esse autor, o treinamento de força com repetições máximas não deve ser utilizado por longos períodos de tempo, pois pode acarretar em lesões por *overuse* e na síndrome do *overtraining*.

A respeito da seleção e prescrição do número de séries, Krieger (2010) afirmou que a realização de séries múltiplas por exercício determina maior hipertrofia muscular, quando comparada às séries únicas, no treinamento de força. A utilização de 2 a 6 séries por exercício é eficiente para gerar hipertrofia muscular, sendo mais eficiente a realização de 4 a 6 séries por exercício.

Em relação ao número de repetições executadas em cada série foi encontrada uma variação entre quatro repetições (CHESTNUT e DORCHERTY,



1999, DE FREITAS *et al.*, 2010) e 15 repetições (DE FREITAS *et al.*, 2010), sendo mais frequente a execução de 6 a 12 repetições (TAKARADA e ISHII, 2002; AHTIAINEN *et al.*, 2005; BURESH *et al.*, 2009 WILBORN *et al.*; 2008; DE SOUZA *et al.* 2010). Nos estudos citados acima, foram encontrados aumentos significativos na AST após um período de 8 a 12 semanas.

Peterson *et al.* (2010) compararam diferentes combinações entre séries e repetições no treinamento de força para hipertrofia muscular. O aumento na AST foi comparado nas seguintes combinações de séries e repetições: três séries de 12 RM, três séries de 8 RM e três séries de 6 RM. Após 12 semanas de treinamento, as mulheres apresentaram maior aumento na AST ao realizarem três séries de 12 RM, enquanto os homens apresentaram aumentos semelhantes na AST nas diferentes combinações.

Os intervalos entre as séries utilizados nos estudos, que encontraram efeitos positivos de hipertrofia muscular, variam de 30 segundos (TAKARADA e ISHII, 2002) a 180 segundos (CHESTNUT e DORCHERTY, 1999), sendo mais frequente o intervalo de 120 segundos (DE SOUZA *et al.* 2010, BURESH *et al.*, 2009, WILLARDSON 2008). Entretanto, não fica clara a existência de um consenso na literatura acerca do intervalo ótimo para o treinamento de força, com o objetivo de hipertrofia muscular. Ahtiainein *et al.* (2005) não encontraram diferenças significativas nas respostas neuromusculares e hormonais agudas, e no aumento na AST, em indivíduos do sexo masculino, treinados com diferentes intervalos.

Frente às grandes variações encontradas na literatura acerca dos parâmetros do treinamento de força para hipertrofia muscular (número de repetições, séries, intensidade, intervalos entre séries), fica clara a necessidade de uma adequação entre essas normativas, para que a prescrição seja adequada visando a hipertrofia muscular (SCHOENFELD, 2010).

## **2.3 Vibrações mecânicas**

Vibrações são oscilações mecânicas sofridas por um corpo (RITWEGGER, 2010). A vibração é determinada por sua amplitude e frequência. A frequência pode ser definida pelo número de ciclos por unidade de tempo e a amplitude é definida pela extensão do movimento oscilatório (LUO; MCNAMARA; MORAN, 2005; CARDINALE; WAKELING, 2005).

Durante a prática esportiva o corpo humano interage com forças externas que desencadeiam vibrações e oscilações nos tecidos corporais. Estas forças podem se originar de impactos, como o contato dos pés com o solo durante a corrida, ou de vibrações de equipamentos, como o contato das mãos com uma bicicleta que se desloca em terrenos irregulares. A exposição prolongada a estas vibrações pode gerar fadiga, diminuição na frequência de estímulos nervosos e diminuição na capacidade muscular de gerar força. Contudo, a adequada exposição a vibrações com duração, frequência e amplitudes corretamente determinadas pode se tornar um eficiente estímulo de treinamento (CARDINALE; WAKELING, 2005).

As vibrações podem ser periódicas ou randômicas, livres ou forçadas. As vibrações livres ocorrem quando o sistema recebe apenas um impulso inicial e vibra posteriormente sem a ação de forças externas. Um pêndulo simples é um exemplo de vibração livre. No entanto, quando uma força externa atua repetidamente em um sistema ocorre uma vibração forçada. Nas vibrações periódicas a excitação que age no sistema vibratório é conhecida e se repete periodicamente, como mostrado na FIGURA 4. Em sistemas vibratórios randômicos, ilustrados na FIGURA 5, a excitação que age no sistema não pode ser prevista, apesar de poder exibir alguma regularidade estatística (TAYLOR, 2003).

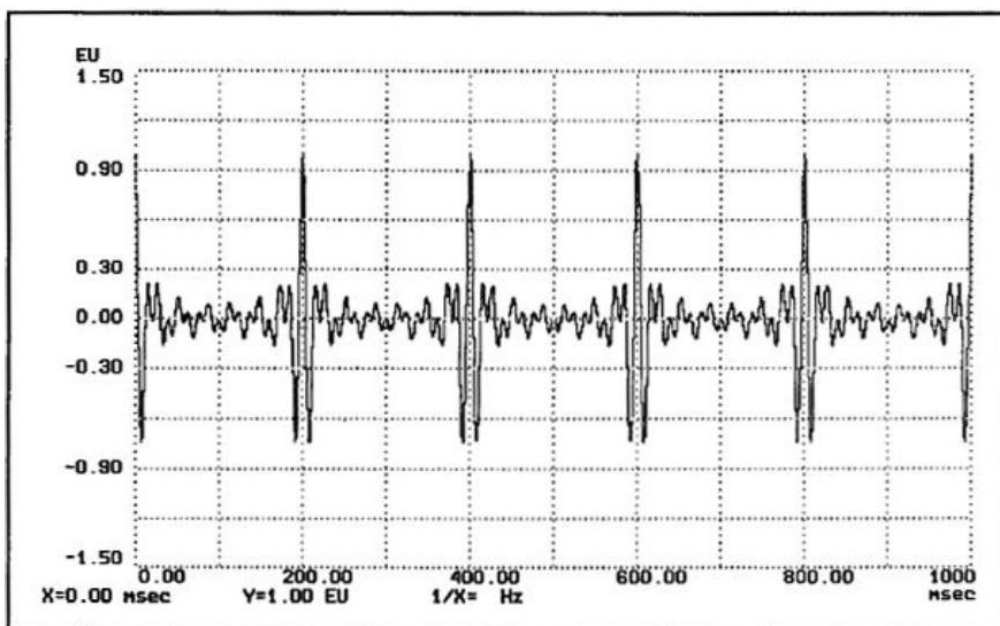


FIGURA 4 - Vibração periódica.

Fonte: Taylor (2003).

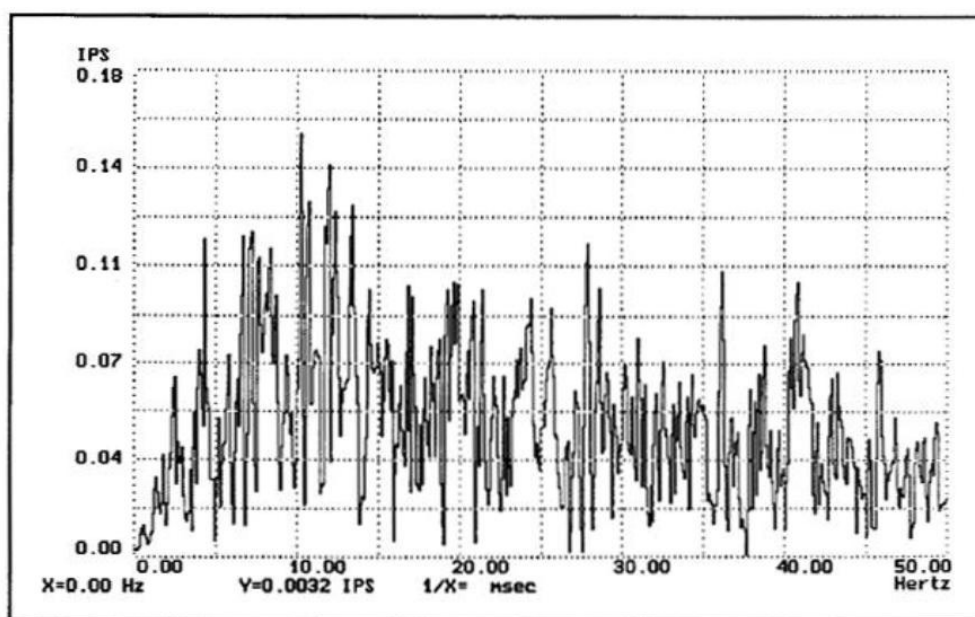


FIGURA 5 - Vibração randômica.

Fonte: Taylor (2003).

A diminuição dos efeitos do envelhecimento sobre o sistema neuromuscular, a prevenção e o tratamento de algumas doenças, tais como osteoporose e a sarcopenia, o combate aos efeitos maléficos da microgravidade e o aumento do desempenho esportivo podem ser obtidos pela aplicação de

vibrações mecânicas (RITTWEGER, BELLER e FELSENBURG, 2000; CARDINALE; WAKELING, 2005, MARÍN e RHEA, 2010).

### 2.3.1 Efeitos das vibrações mecânicas sobre o sistema músculo esquelético.

A resposta muscular à vibração é frequentemente expressa na forma de um reflexo tônico de vibração (RTV), que surge como resultado da estimulação dos fusos musculares e que se assemelha ao clássico reflexo miotático (WILCOCK, 2009).

O reflexo do estiramento, também denominado reflexo miotático, ou reflexo do fuso muscular, é uma função do fuso muscular. Quando o músculo é estirado, ocorre a excitação do fuso muscular e a contração reflexa do músculo. O circuito neuronal do reflexo do estiramento utiliza uma via monossináptica (o motoneurônio Ia realiza a sinapse direta com o motoneurônio anterior), o que possibilita um retardo quase desprezível do impulso. Quando o músculo é subitamente estirado, as fibras musculares intrafusais com bolsa nuclear são excitadas e em resposta ocorre a contração reflexa instantânea muito forte do mesmo músculo a partir do qual partiu o impulso (FIGURA 6). Esse reflexo dinâmico atua em oposição às súbitas alterações no comprimento muscular, uma vez que a contração muscular se opõe ao estiramento do músculo (CHEN *et al.*, 2003).

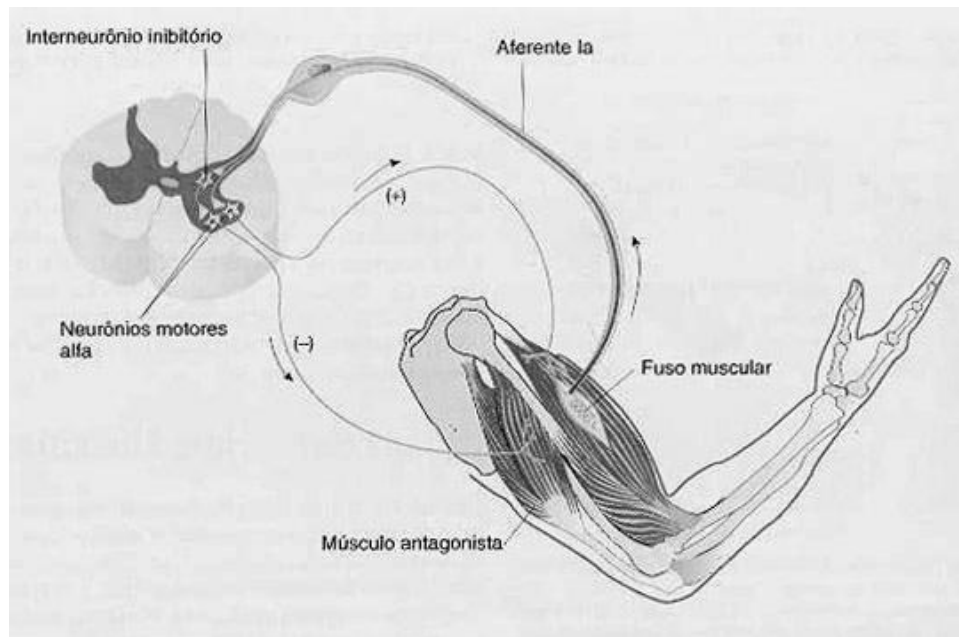


FIGURA 6 - Representação esquemática do reflexo do estiramento.

Fonte: Foss e Keteyian (2000).

O RTV resulta principalmente da atividade de vibração induzida nas fibras Ia dos fusos musculares e é mediado por vias monossinápticas e polissinápticas (LUO *et al.*, 2009; WILCOCK *et al.*, 2009). Alguns estudos obtiveram o RTV em frequências em torno de 100 Hz ou mais, em um único músculo ou tendão em equilíbrio estático (RITTWEGGER *et al.*, 2000). Contrariamente a autores que apontam a ocorrência do RTV em frequências superiores a 100 Hz, foi demonstrado que a vibração aplicada diretamente ao músculo ou tendão em frequências de 10 a 200 Hz, gerou o reflexo tônico de vibração como resposta (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).

O RTV pode também aumentar o recrutamento de unidades motoras por meio da ativação dos fusos musculares e de vias polissinápticas, no entanto, se esses fusos musculares forem estimulados por um longo período de tempo, por meio de vibrações, eles podem alcançar o estado de fadiga (MARTIN e PARK, 1997; MARÍN e RHEA, 2010).

### 2.3.2 Treinamento com adição de vibrações mecânicas.

O treinamento com adição de vibrações mecânicas ocorre não somente pela aplicação de movimentos oscilatórios sobre o sistema músculo esquelético, mas também por sua combinação com o treinamento de força convencional. Os efeitos da vibração no corpo humano dependem de vários fatores, como área corporal em contato com a fonte vibratória, frequência da vibração, amplitude, duração do estímulo e direção da vibração (BEDIENT *et al.*, 2009) WILCOCK *et al.*, 2009, MARÍN e RHEA, 2010).

Kasai *et al.* (1992) demonstraram que a vibração induz a ativação dos receptores do fuso muscular não somente no músculo em que foi aplicada a vibração, mas também nos músculos vizinhos. Esse achado sugere que a aplicação de vibrações pode ser transmitida entre músculos e segmentos corporais. Luo, Mcnamara e Moran (2005) diferenciam duas maneiras de aplicação de vibração durante o treinamento de força. O primeiro é a aplicação indireta de vibração mecânica no músculo alvo, por exemplo, o treinamento com aplicação de vibração de corpo inteiro (VCI). Neste caso, a energia da vibração pode ser atenuada quando transmitida através dos tecidos corporais, especialmente para músculos mais distantes, que conseqüentemente podem não sofrer os efeitos do treinamento vibratório. Além disso, graças à distância de transmissão, torna-se muito difícil quantificar as frequências e amplitudes reais aplicadas nos músculos alvo. No segundo tipo, vibração localizada, a vibração é aplicada geralmente no ventre muscular ou no tendão do músculo alvo. Desta maneira, a atenuação da vibração pela transmissão é reduzida e a amplitude e a frequência podem ser mais facilmente mensuradas, aplicadas e controladas.

Na Vibração de Corpo Inteiro (VCI) o estímulo é geralmente transmitido pelos pés em contato com uma plataforma vibratória, sendo essa a maneira mais comum de realizar exercícios com adição de vibrações mecânicas (MARÍN & RHEA, 2010). Segundo Hopkins *et al.* (2009), a VCI vem sendo aplicada por meio de uma plataforma de vibração que funciona em torno de um eixo de rotação. Normalmente a pessoa é posicionada em pé na plataforma, com os dois pés

posicionados de forma equidistante em cada lado do eixo de rotação (FIGURA 7). A plataforma gera estímulos com direção, amplitude, velocidade e frequência manipuláveis (MAHIEU *et al.*, 2006).

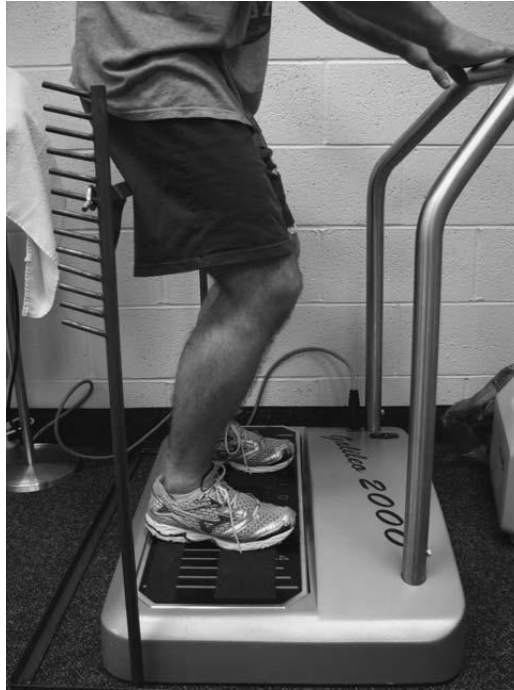


FIGURA 7 - Plataforma de vibração corporal para VCI

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

Partindo do princípio de que o objetivo final da aplicação de vibrações mecânicas é gerar alongamentos no músculo que realiza treinamento de força, Luo, Mchamara e Moran (2007) desenvolveram um equipamento de aplicação de vibração localizada (FIGURA 8). Segundo esses autores, a partir da aplicação da vibração localizada é possível gerar alongamentos rápidos e consecutivos, especificamente nos músculos que realizam esta contração, neste caso, os músculos alvo.

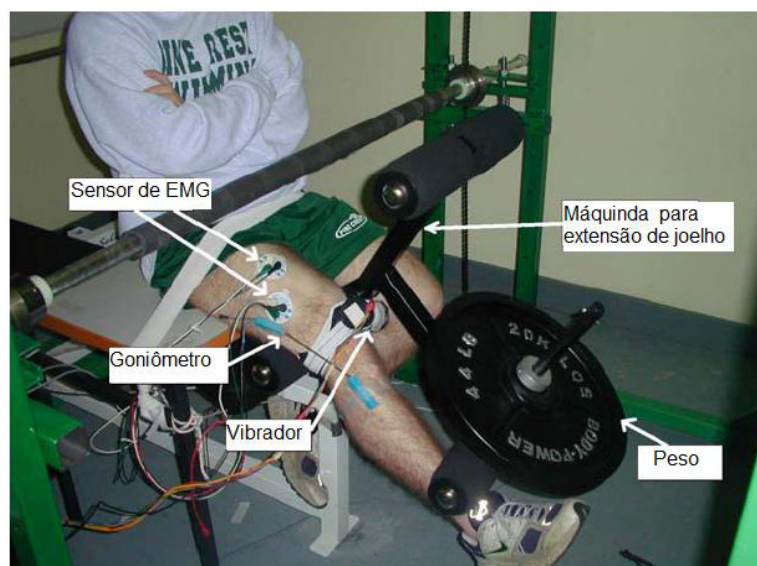


FIGURA 8 - Instrumento portátil para treinamento com vibração localizada.

Fonte: Luo; Mcnamara; Moran (2007).

Silva *et al.* (2008) também desenvolveram em seus estudos um equipamento que aplica vibrações mecânicas localizadas (FIGURA 9). Esses autores sugerem que a aplicação de vibrações locais na direção da resultante das forças musculares pode ser mais eficiente, em comparação com vibração de corpo inteiro, devido à tração que se forma na direção oposta à contração do músculo e que pode aumentar a estimulação sobre os fusos musculares. Esse tipo de vibração também foi testado em membros inferiores e se mostrou eficiente para o desenvolvimento da força máxima e da impulsão vertical (COUTO *et al.*, 2012).



FIGURA 9 - Equipamento utilizado por SILVA *et al.* (2008) para aplicação da vibração mecânica na direção do encurtamento muscular em exercício isométrico.

Fonte: Silva *et al.* (2008).



Com o objetivo de determinar o estímulo ótimo do treinamento com vibração de corpo inteiro (VCI), Hazell, Jakobi e Kenno (2007), compararam a resposta da eletromiografia de superfície (EMG) dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral e bíceps femoral, neste tipo de treinamento. Neste estudo, 10 homens jovens, praticantes de atividades físicas recreacionais, realizaram os exercícios meio-agachamento estático, meio-agachamento dinâmico e flexão do cotovelo bilateral estática e dinâmica. Os resultados demonstraram que a EMG aumentou nos músculos bíceps femoral e vasto lateral em ambas as situações de execução do exercício meio-agachamento, estática e dinâmica. No exercício de flexão do cotovelo bilateral, o aumento da EMG do tríceps braquial ocorreu nos dois tipos de contração muscular, mas o músculo bíceps braquial apresentou aumento na EMG apenas na contração dinâmica. Esses resultados indicam que o efeito da adição de vibração mecânica também ocorre nas contrações dinâmicas. Os autores ainda apontam que uma maior amplitude e frequência de vibração resultam em maiores aumentos da atividade eletromiográfica muscular.

#### **2.4. Aplicações das vibrações mecânicas no treinamento esportivo**

A adição de vibrações no treinamento de força busca aperfeiçoar o desenvolvimento da força e do rendimento esportivo. Segundo Marín e Rhea (2010) diversos autores verificaram que a adição de vibrações mecânicas no treinamento contribui para o aumento do desempenho em testes e tarefas esportivas que exigem força muscular. Issurin e Tenenbaum (1999) compararam o efeito agudo de duas séries de treinamento dinâmico de bíceps braquial, sendo uma convencional e outra com adição de vibração mecânica (44 Hz e 3 mm). A adição de vibração mecânica resultou em um aumento de 10,4% na potência máxima gerada pela musculatura treinada.

Bedient *et al.* (2009) compararam o efeito agudo do treinamento vibratório, com o uso de diferentes frequências de vibração, sendo elas 30, 35, 40

e 50 Hz, em amplitudes de 2 e 5 mm, aplicadas no corpo inteiro durante 30 segundos. Seus achados demonstraram que os treinamentos, com todas as frequências testadas, aumentaram o desempenho no salto contramovimento, após 1 minuto de sua realização. Mas a frequência de 30 Hz pareceu ter um maior efeito no aumento da produção de potência. Não houve diferença entre as amplitudes utilizadas.

Marín *et al.* (2010) investigaram o efeito da aplicação de VCI com diferentes combinações de frequência e amplitude, no rendimento muscular do braço. Três situações experimentais foram investigadas em relação aos seus efeitos na velocidade média de execução, percepção de esforço e no número de repetições realizadas até a falha concêntrica (repetições máximas) na extensão do cotovelo. 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 1,15mm. Na terceira situação o mesmo exercício foi executado, com o mesmo peso, mas sem aplicação de vibrações. O intervalo entre a realização das situações experimentais foi de uma semana. 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 2,51mm) resultou em uma maior velocidade média de execução. Segundo os autores, os resultados sugerem que a aplicação de vibrações mecânicas gera maior facilitação neuromuscular aguda, o que aumenta o rendimento muscular dos braços.

Roelants, Delecluse e Verschueren (2004) investigaram o efeito de 24 semanas de treinamento vibratório (VCI) na força de extensão de joelho, na velocidade de movimento e no desempenho no salto com contramovimento de mulheres idosas. A vibração utilizada possuía amplitudes de 2,5 a 5 mm, frequências de 35 a 40 Hz. Cada sessão apresentava duração máxima de 30 minutos, incluindo o protocolo de aquecimento e volta à calma. Em grupo foram aplicadas vibrações de corpo inteiro (VCI) no treinamento isométrico, enquanto um segundo grupo realizou um treinamento dinâmico com pesos (8 a 20 RM), sem adição de vibrações. A força máxima isométrica e dinâmica dos extensores do

joelho aumentou em 15,0 e 16,1% no grupo VCI e em 18,4 e 13,9% no grupo que realizou o treinamento com pesos resistidos.

Delecluse *et al.* (2003) compararam o treinamento de força convencional ao treinamento vibratório, com aplicação de vibração de corpo inteiro, durante 12 semanas, em mulheres jovens, onde os achados indicaram que o treinamento vibratório gerou maior ganho de força.

Em um estudo realizado por Silva *et al.* (2008), o treinamento com adição de vibração na direção da contração muscular gerou um maior acréscimo da força (26%) do que o treinamento sem vibração (10%) (FIGURA 10). A produção de força foi determinada pelos testes de contração voluntária máxima (CVM). De acordo com os autores, possivelmente um maior impulso total gerado pela otimização de mecanismos involuntários da ação muscular, durante súbitos e consecutivos períodos de ação excêntrica, determinou um maior estímulo de treinamento.

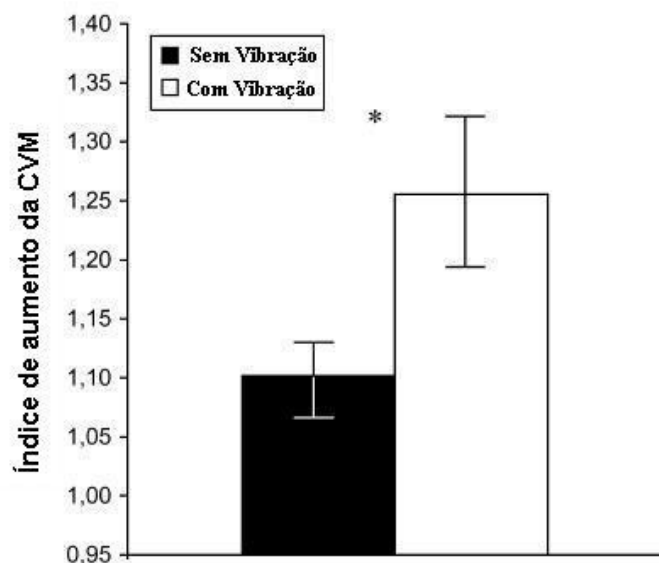


FIGURA 10 – Efeito da aplicação de vibração mecânica na direção da contração muscular.

\* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Silva *et al.* (2008).

Rønnestad (2004) comparou o efeito do agachamento convencional, com a mesma atividade realizada sobre a plataforma vibratória no desempenho no

teste de uma repetição máxima (1RM). Durante a primeira semana de treinamento foram realizadas três séries de 10 RM (repetições máximas), na segunda e terceira semanas foram realizadas quatro séries de 8 RM e durante as últimas duas semanas de 45 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.

Kvorning *et al.* (2006) compararam os efeitos de nove semanas de treinamento de força convencional e o treinamento com adição de vibração de corpo inteiro, sobre a força muscular de 28 indivíduos treinados. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos. Um dos grupos realizou o treinamento convencional, onde foram executadas seis séries de agachamento, com oito repetições por série e 120 segundos de intervalo entre as séries. Já o outro grupo realizou o treinamento com adição de vibração mecânica, executando os mesmos exercícios, mas com adição da vibração mecânica de corpo inteiro. 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, mas não foram encontradas diferenças significativas entre os aumentos obtidos pelos dois grupos.

Humphries *et al.* (2004), ao aplicarem a vibração (50 Hz e 5 mm) diretamente no ventre do reto femoral durante a contração muscular, não encontraram interferência da vibração na força máxima e na taxa de produção de força (FIGURA 11).

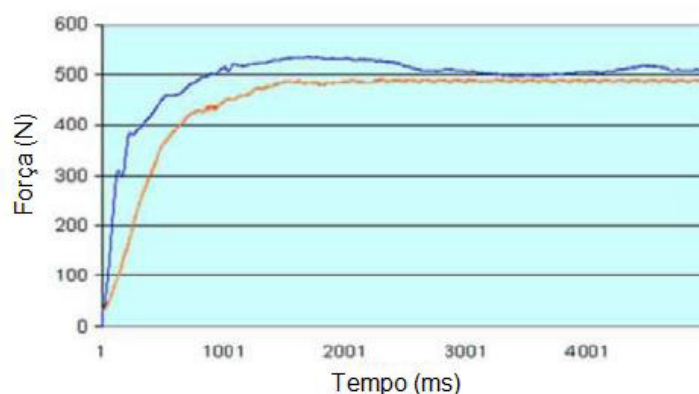


FIGURA 11 - Dados da força isométrica máxima para as condições de contração muscular com e sem adição de vibração no tendão.

Fonte: Humphries *et al.* (2004).

Herda *et al.* (2008) compararam os efeitos do alongamento passivo (20 minutos) e vibração prolongada (70 Hz durante 20 minutos) sobre a força máxima dos músculos flexores plantares. Houve uma diminuição de 10% e 5% no pico de torque gerados pelo alongamento e vibração respectivamente (FIGURA 12).

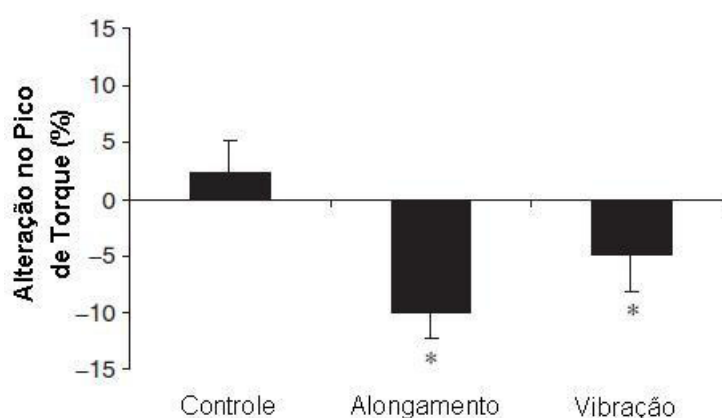


FIGURA 12 - Percentual de alterações no pico de torque.

Fonte: Herda *et al.* (2008).

Lamont *et al.* (2010) compararam o efeito na produção de força muscular, entre o treinamento de força convencional e o treinamento com adição de vibração de corpo inteiro. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, um que realizou treinamento convencional de força e outro que realizou o treinamento de força com adição de vibração de corpo inteiro. Ambos os grupos realizaram

exercícios dinâmicos de agachamento, durante seis semanas e obtiveram aumentos significativos na produção de força, mas não foram encontradas diferenças significativas no percentual de aumento da força entre eles.

A resistência de força é também muito importante para o sucesso em diversas modalidades esportivas. Para analisar os efeitos do treinamento vibratório sobre a resistência de força do bíceps braquial McBride, Porcari e Scheunke (2004) prescreveram, em sessões distintas, um treinamento de força realizado com vibração mecânica e outro sem a utilização deste recurso. Todos os voluntários realizavam um teste para identificação da massa referente à 10RM. Em seguida, à cada 10 minutos o mesmo teste era realizado e a massa ajustada para que os voluntários conseguissem realizar 10 repetições. Conforme demonstrado na FIGURA 13, houve uma queda significativa na massa deslocada após a décima tentativa (70% com vibração e 65% sem vibração). Não houve diferença significativa entre as quedas obtidas nos dois procedimentos.

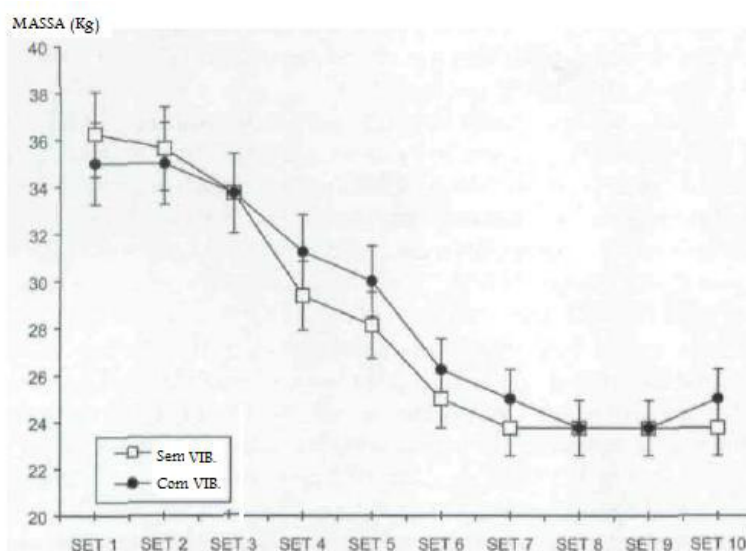


FIGURA 13 - Variações na massa nos testes de 10RM com e sem vibração. Fonte: McBride; Porcari; Scheunke (2004).

O número máximo de saltos realizados lateralmente sobre um banco (30 cm) pode ser utilizado para avaliação da resistência de força de atletas de esqui (MAHIEU *et al.*, 2006). Este autores submeteram 17 esquiadores à 6 semanas de treinamento de força sobre a plataforma vibratória. A vibração possuía 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 um treinamento equivalente sem aplicação de vibração mecânica. 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 mecânicas adicionadas ao treinamento de força, na produção de força dos membros inferiores. A vibração mecânica foi aplicada na direção 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 sem adição de vibração mecânica, um segundo grupo realizou o treinamento de força com adição de vibração de frequência de 8 Hz, enquanto um terceiro grupo realizou o treinamento com adição de vibração mecânica de frequência de 26 Hz. O quarto grupo foi utilizado como controle, que não realizou nenhum treinamento. Após quatro semanas de treinamento, todos os grupos treinados apresentaram aumentos significativos na CVM, 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 contramovimento. 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, apresentados pelos grupos treinados com diferentes frequências de vibração. Os autores concluem que a adição de vibração no treinamento isométrico de força, nas frequências de vibração de 8 e 26 Hz, aumentam a performance dos membros inferiores.

## 2.5. Vibração e hipertrofia muscular

Estudos que investigaram o efeito da aplicação de vibração mecânica na hipertrofia muscular são escassos. 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 o meio-agachamento (joelhos entre  $120^\circ$  e  $130^\circ$ ), agachamento profundo (joelhos em  $90^\circ$ ), agachamento com os pés afastados (joelhos em  $120^\circ$  a  $130^\circ$ ) e meio agachamento nas pontas dos pés (joelhos entre  $120^\circ$  e  $130^\circ$ ), assim como demonstrado na FIGURA 14. Nas primeiras quatro semanas a duração dos exercícios foi de 30 segundos, entre a quinta e a oitava semana foi de 45 segundos e nas últimas 2 semanas finais foi de 60 segundos. Nas três primeiras semanas os exercícios foram estáticos, passando a dinâmicos nas semanas seguintes até o final do período do estudo.

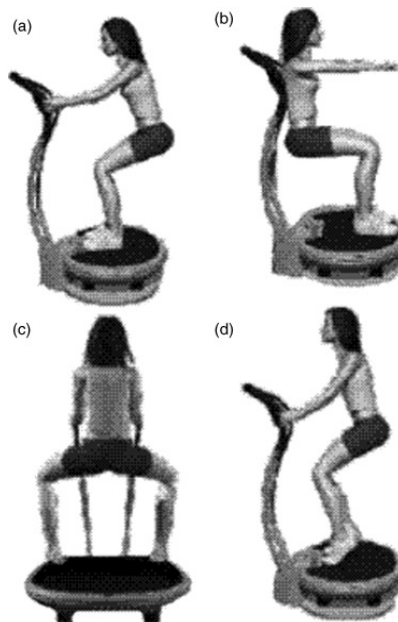


FIGURA 14 - Posições adotadas em cada exercício: a) meio agachamento b) Agachamento profundo; c) agachamento com os pés afastados; d) meio agachamento nas pontas dos pés.

Fonte: MACHADO et al. (2010).



O exame de tomografia computadorizada apontou um aumento significativo na área de secção transversa do músculo vasto medial (8,7%) e do músculo bíceps femoral (15,5%). Também foram encontrados aumentos significativos na CVM das voluntárias, no leg-press horizontal, e na potência muscular em 20%, 40% e 60% da CVM, avaliada no mesmo exercício e equipamento. A mobilidade foi testada a partir do “Teste de ir e vir”, onde as idosas treinadas com VCI apresentaram melhora significativa nos resultados dos testes. O grupo controle não apresentou melhora em nenhuma das variáveis pesquisadas.

Hugh *et al.* (2011) compararam o efeito de seis semanas de treinamento de força, com e sem aplicação de VCI, na produção de força no exercício agachamento e na composição corporal. A composição corporal foi obtida através da técnica de raios-X. A amostra consistiu de 36 indivíduos do gênero masculino, divididos em 3 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. Também foi definido um grupo controle (n=8). Após o período de treinamento, ambos os grupos de treinamento de força obtiveram um aumento significativo da massa magra corporal e da força máxima no agachamento (obtida a partir do teste de 1RM), em comparação ao grupo controle, mas não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de treinamento, para os mesmos parâmetros.

Da Silva *et al.* (2007) sugerem a introdução de vibração mecânica nos treinamentos que visam hipertrofia e emagrecimento. Estes autores analisaram o efeito da adição de VCI no treinamento de força para hipertrofia no gasto energético e na percepção de esforço durante e após o exercício (meio agachamento), em sujeitos ativos fisicamente. Os resultados indicaram que a energia despendida e a percepção do esforço foram significativamente maiores no grupo treinado com acréscimo de vibração, em comparação com o exercício convencional. Essa diferença foi encontrada tanto durante o exercício como durante a fase de recuperação. A maior percepção de esforço indicar um estímulo

mais intenso para os músculos treinados, o que pode desencadear maiores adaptações morfológicas.

As respostas hormonais podem ser analisadas para apontar possíveis respostas morfológicas do treinamento de força com adição de vibrações mecânicas. Kvorning *et al.* (2006) pesquisaram as respostas hormonais da VCI, VCI combinada com treinamento de força e do treinamento de força isolado. Os indivíduos foram divididos em três grupos: somente exercício de agachamento, combinação do agachamento com a VCI e somente VCI. O treinamento convencional consistiu em seis séries de oito repetições máximas (RM) e 120 segundos de intervalo entre as séries. Foi aplicada uma vibração de 20 Hz e com amplitude de 4 mm. Nos resultados foram registrados 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 (FIGURA 15). 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.

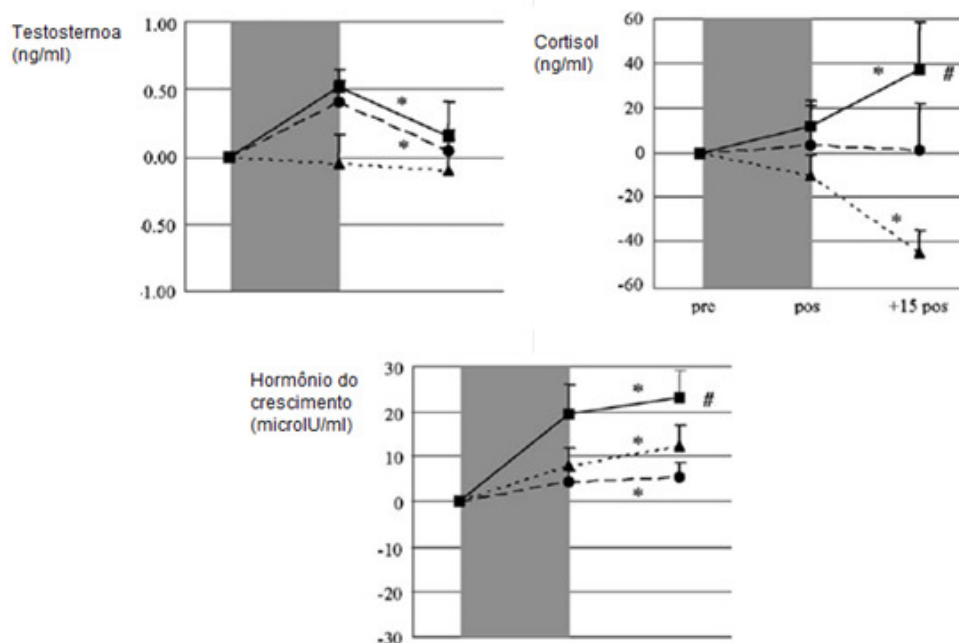


FIGURA 15 - Alterações agudas hormonais antes (*pre*), imediatamente após (*pos*) e 15 minutos pós (+15 *pos*) das sessões de treinamento convencional (círculo), treinamento combinado (quadrado) e treinamento com vibração (triângulo). \*Diferença significativa entre pré e pós ( $p < 0,05$ ). # Diferença significativa entre os tipos de treinamento ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Adaptado de Kvorning *et al.* (2006).

O estudo de Iodice *et al.* (2011) teve como objetivo avaliar os efeitos agudos da aplicação de vibração localizada na resposta hormonal e o efeito crônico no rendimento de homens jovens. Os 36 voluntários foram distribuídos em dois grupos. Um dos grupos treinou com adição de vibração localizada, enquanto o segundo realizou o treinamento de força convencional. Todos os voluntários foram avaliados nos testes isocinéticos e de CVM, antes do início do treinamento, após quatro semanas de treinamento e dois meses após o fim do treinamento. Os resultados demonstraram uma maior concentração dos hormônios testosterona e GH, além de maior concentração de Creatina Quinase, após a sessão de treinamento com adição de vibração, em comparação ao treinamento convencional. Os testes de força também indicaram, que o treinamento com adição de vibração gerou um maior aumento na produção de força dos membros inferiores. A diferença entre os grupos, em relação às concentrações hormonais e os testes de força, foi significativa.

No estudo de Silva (2009) foram investigadas a produção de Lactato e as secreções dos hormônios Cortisol e Testosterona, durante o treinamento de força com adição de vibração mecânica aplicada contra a resultante das forças musculares. Os resultados apresentaram um aumento significativo na testosterona sérica, no cortisol e na concentração de lactato sérico, tanto no treinamento convencional, quanto no treinamento com adição de vibração mecânica. O treinamento com adição de vibração mecânica induziu um maior aumento na concentração do hormônio testosterona, em comparação ao treinamento convencional. Não foi encontrada uma diferença na concentração de cortisol entre os métodos de treinamento de força. O autor afirma que o treinamento com adição de vibração mecânica é uma alternativa viável e que permite submeter o músculo a um estímulo metabólico e hormonal maior, com os mesmos parâmetros de treinamento.

Outros estudos também encontraram aumento na concentração de testosterona sérica (RITTWEGGER, BELLER e FELSENBURG, 2000; BOSCO *et al.*, 2000) e Cortisol (CARDINALE *et al.*, 2010) após uma sessão de treinamento com adição de vibrações. Entretanto, esses estudos não comparam o efeito agudo do treinamento com adição de vibrações com o efeito agudo do treinamento sem vibrações, na resposta aguda hormonal. Alguns estudos não encontraram

diferenças significativas nas concentrações séricas dos hormônios Testosterona (CARDINALE *et al.*, 2006, ERSKINE *et al.*, 2007), Cortisol (ERSKINE *et al.*, 2007) e GH (ALENTORN-GERLI *et al.*, 2009), após uma sessão de treinamento com adição de vibrações.

### **3 MÉTODOS**

#### **3.1 Delineamentos do Estudo**

O estudo foi do tipo longitudinal, no qual os indivíduos foram submetidos a dois diferentes protocolos de treinamento de força, com o objetivo de aumento na massa muscular dos músculos flexores do cotovelo, por um período de 12 semanas.

Inicialmente todos os voluntários foram submetidos aos testes de força de uma repetição máxima (1RM) e de contração voluntária máxima (CVM). Posteriormente todos foram submetidos ao exame de Ressonância Magnética, para determinar a Área de Secção Transversa (AST) dos músculos do braço, responsáveis pela flexão do cotovelo. Após sua realização os indivíduos foram distribuídos de maneira aleatória e balanceada, em relação ao teste de 1RM, em 2 grupos: um grupo com a adição da vibração mecânica (GCV) e outro sem adição da vibração mecânica (GSV). Os testes de força foram realizados novamente após quatro semanas, oito semanas e 12 semanas, com o objetivo de registrar o desenvolvimento da produção de força muscular. Ao final do período de treinamento, os grupos foram submetidos novamente ao exame de Ressonância Magnética para determinar a AST dos músculos estimulados. Posteriormente a esse exame foram realizados novamente os testes de força de 1RM e CVM. A FIGURA 16 ilustra o desenho experimental.

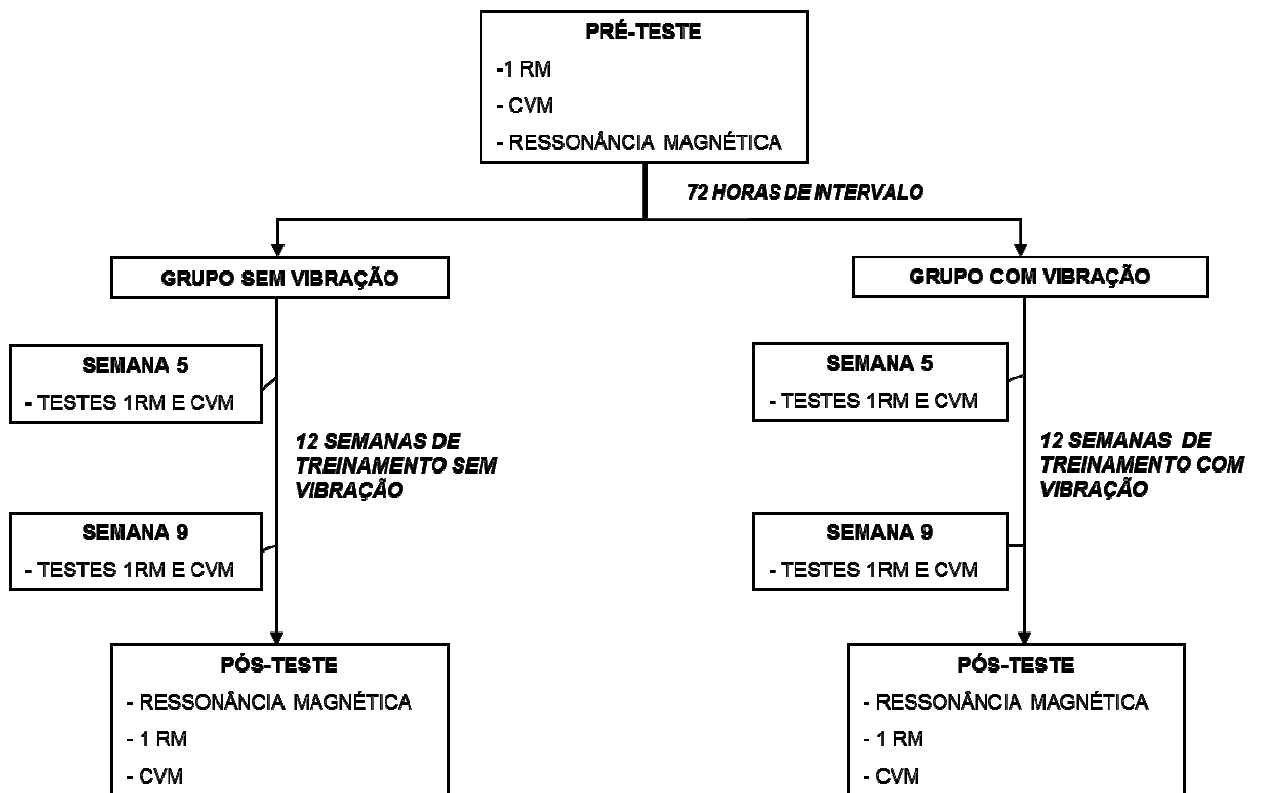


FIGURA 16 - Desenho experimental do presente estudo.

### 3.2 Amostra

A amostra consistiu de 20 voluntários do sexo masculino, com idade média de  $21,3 \pm 3,02$  anos no grupo treinado sem vibrações e  $21,1 \pm 2,13$  anos no grupo treinado com vibrações. Todos os voluntário não foram submetidos a algum tipo de treinamento de força há um período mínimo de 12 meses anteriores ao estudo. Estes voluntários não possuíam histórico de lesão nos membros superiores.

Inicialmente foram relacionados 24 voluntários, assim a perda de amostra do estudo foi de quatro indivíduos. Uma desistência ocorreu logo na primeira semana do estudo, enquanto as outras três ocorreram na décima semana de treinamento.

Como critério de inclusão, os voluntários deveriam apresentar a seguinte adequação nutricional: ingestão de uma dieta normocalórica, sendo os carboidratos fonte de 50-55% da energia ingerida, os lipídeos 25-30% e as proteínas contribuintes em 15-20% e ainda respeitar a ingestão de 1,2 a 1,7 gramas de proteínas por quilograma da massa corporal total do indivíduo. Essa ingestão alimentar é recomendada por Bird (2010) e Volek (2004), semelhante à ingestão característica das amostras de Buresh *et al.* (2009) e Ahtiainen (2005), que em seus estudos encontraram hipertrofia muscular significativa, após o treinamento de força. Para investigação dessa adequação nutricional foi utilizado o instrumento “Recordatório 24 horas” de dias típicos, não de final de semana ou feriado, realizado por um nutricionista experiente, em um ambiente controlado. A adequação nutricional foi determinada a partir do software DietPro<sup>®</sup>, versão 5.5i. Ainda, os voluntários foram instruídos a não utilizarem Esteróides Anabolizantes Androgênicos, Ergogênicos nutricionais ou farmacológicos e responderam negativo a todas as perguntas do questionário PAR-Q. Todos os voluntários são destros, na preferência de habilidades.

### 3.2.1 Cálculo amostral:

O cálculo amostral foi baseado nos dados de média e desvio padrão do estudo de De Souza *et al.* (2010), que avaliou diferentes protocolos de treinamento objetivando hipertrofia muscular, determinada a partir do exame de ressonância magnética. Para a realização deste cálculo, foi utilizada a equação para cálculo do tamanho de amostra conforme 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 área de secção transversa, que apresentou a maior variação no estudo de De Souza *et al.* (2010). Ainda de acordo com a fórmula,  $t$  = valor encontrado na

tabela z de acordo com os graus de liberdade do erro e a probabilidade do erro tipo I,  $s$  = desvio padrão e  $n$  = tamanho da amostra. Os resultados apontaram o número mínimo de 10 indivíduos por grupo, o que determina o número total de 20 voluntários para a amostra.

### 3.2.2. Caracterização da amostra

Os voluntários foram caracterizados em sua massa corporal total, estatura e percentual de gordura. A massa corporal média foi  $79,53 \pm 16,4$  kg no grupo treinado sem vibrações e  $67,81 \pm 5,84$  kg no grupo treinado com vibrações. A estatura média no grupo treinado sem vibrações foi  $1,75 \pm 0,09$  m, enquanto no grupo treinado com vibrações a estatura média foi  $1,76 \pm 0,05$  m. O percentual de gordura médio foi  $18,18 \pm 4,92$  % no grupo treinado sem vibrações e  $13,23 \pm 2,4$  % no grupo treinado com vibrações. Para o cálculo do percentual de gordura foi utilizado o método de dobras cutâneas a partir de nove dobras: região subescapular, do tríceps, bíceps, peitoral maior, regiões subaxilar, suprailíaca, abdominal, da coxa e perna, marcadas do lado direito do corpo. Foi registrada a mediana das três leituras realizadas em cada dobra. O cálculo do percentual de gordura foi realizado de acordo com o protocolo de Jackson e Pollock (1978).

Os voluntários foram orientados a não alterarem sua rotina, mantendo a mesma média de horas de sono, hábitos alimentares e atividades físicas diárias.

### 3.3 Cuidados Éticos

Todos os voluntários receberam as informações completas quanto aos objetivos e procedimentos metodológicos da pesquisa. A partir disso, assinaram o



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo A), concordando em participar do estudo.

Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais. Número do parecer: ETIC 0159.0.203.000-11.

### **3.4 Procedimentos**

#### **3.4.1 Pré-Testes**

Inicialmente os voluntários foram submetidos a uma sessão de familiarização, com o exercício de flexão do cotovelo unilateral (braço direito) no Banco *Scott*, sem aplicação de vibração em ambos os grupos.

##### **3.4.1.1 Teste de uma repetição máxima (1RM)**

Após a sessão de familiarização, com um intervalo de 48 horas, todos os voluntários foram submetidos a duas sessões de testes de uma repetição máxima (1RM), com um intervalo de 48 horas entre as sessões. Este teste foi constituído por no máximo cinco tentativas, 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 (a RM). O exercício consistiu na realização da flexão unilateral do cotovelo, no banco do tipo *Scott*, partindo da posição de total extensão do cotovelo, até a flexão máxima desta articulação. O membro avaliado foi o direito, onde o braço esquerdo foi mantido apoiado no banco, com o antebraço em posição pronada, durante todo o movimento.

Após a realização das duas sessões de testes de 1RM, os valores obtidos foram comparados, com o objetivo de garantir que os resultados não apresentassem diferença significativa. Esses procedimentos se assemelham aos métodos adotados no estudo de McCurdy *et al.* (2008).

A fim de permitir o registro do desenvolvimento da força muscular, os testes de 1RM foram repetidos a cada quatro semanas de treinamento. O teste de 1RM foi realizado na data agendada para a primeira sessão semanal depois de completados os períodos parciais de quatro semanas, ou seja, na primeira sessão da quinta semana de treinamento e na primeira sessão da nona semana de treinamento de força. Os testes foram realizados no início das sessões, sendo os treinos realizados posteriormente, onde o peso foi ajustado para que o indivíduo pudesse cumprir a faixa de repetições estabelecida. O intervalo entre a última tentativa dos testes e a primeira série do treino foi de cinco minutos.

#### 3.4.1.2 Teste de contração voluntária máxima (CVM)

Após um intervalo de 48 horas, contadas a partir do término do teste de 1RM, foram realizados os testes de contração voluntária máxima (CVM). Este teste foi composto por 03 (três) ações isométricas máximas, com duração de 6 segundos e um intervalo de 5 minutos entre cada repetição. O maior valor de força encontrado foi considerado como a força máxima do voluntário. A posição de teste foi padronizada em flexão do cotovelo do braço direito em 90 graus, verificada por meio de goniômetro manual. Os voluntários mantiveram o membro contralateral apoiado sobre o banco, com o antebraço em posição pronada (FIGURA 17).

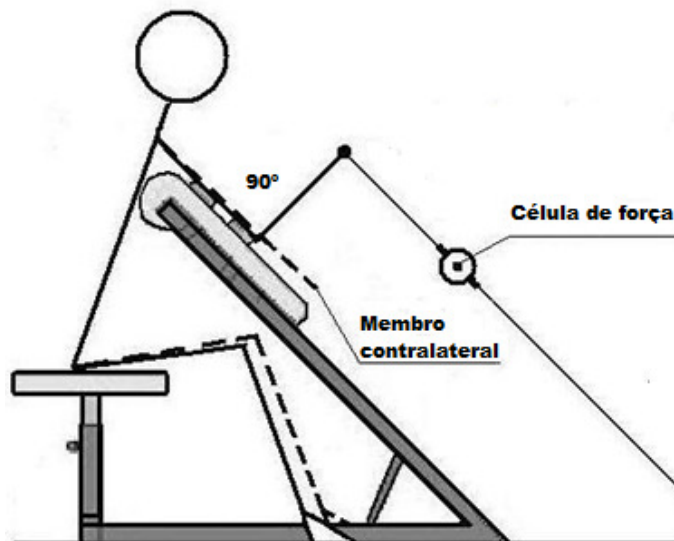


FIGURA 17 – Posições padronizadas do teste de CVM.

Tal como os testes de 1RM, os testes de CVM foram repetidos a cada quatro semanas de treinamento, sendo realizados nas sessões seguintes ao teste de 1RM, ou seja, na segunda sessão de treinamento da quinta e da nona semana. Os testes foram realizados no início das sessões, sendo os treinos realizados posteriormente, sendo o peso ajustado para que o indivíduo pudesse realizar o treino logo em seguida e cumprir a faixa de repetições estabelecida. O intervalo entre a terceira ação isométrica máxima e a primeira série do treino foi de cinco minutos.

#### 3.4.1.3 Exame de Ressonância Magnética.

Posteriormente, 48 horas após a realização do pré-teste de CVM, foram realizados os exames de ressonância magnética. O exame de ressonância magnética é considerado por De Freitas (2010) e Bemben (2002) como padrão ouro para determinação da área de secção transversa muscular, sendo o método utilizado por De Souza *et al.* (2010), Walter *et al.* (2010) e Runge *et al.* (2004), que

em seus estudos avaliaram diferentes variáveis no desenvolvimento da hipertrofia muscular.

No exame de ressonância magnética foram obtidos 30 cortes axiais, entre o ponto proximal (epífise proximal do úmero) e distal do braço (ponto distal anterior à articulação do cotovelo), no eixo craniocaudal. A espessura dos cortes foi 5 mm, com distância de 1,5 mm entre eles e o campo de visão (*field of view*) foi de 40X40 cm. A sequência de pulso *spin echo* utilizada foi a sequência ponderada T1, com o tempo de repetição de 750 milissegundos, *echo time* de 20 milissegundos e resolução da matriz de 230 X 290.

As imagens de ressonância magnéticas foram gravadas em formato digital, para uma posterior análise em um ambiente controlado. O *software PACS - Kodak Carestream*, versão 11.0, foi utilizado para análise das imagens e determinação da área de secção transversa (AST). Todas as análises foram realizadas pelo autor da pesquisa, após treinamento para utilização das ferramentas necessárias, supervisionado por profissionais especializados neste software e procedimento, durante todo o período de análise. A AST de cada voluntário foi determinada em relação às porções proximal, medial, distal dos músculos treinados, além do valor médio total. A AST proximal foi definida a partir da média dos cortes proximais 04, 05 e 06. Os cortes anteriores a esses não foram utilizados no cálculo da AST proximal devido a uma possível presença elevada de tecido conjuntivo na região, por sua proximidade aos tendões. A AST medial foi definida a partir da média de três cortes mediais, sendo selecionados os cortes de números 14, 15 e 16. A AST distal foi definida pela média dos cortes 25, 26 e 27, sendo os cortes seguintes não utilizados devido à sua proximidade ao tendão e uma possível elevada presença de tecido conjuntivo. A AST média foi definida pela média dos 30 cortes. Para determinar a área dos músculos flexores do cotovelo foi utilizada a ferramenta “mão livre”, que permite a seleção de uma área específica e a determinação dos valores dessa área em cm<sup>2</sup>. Os músculos flexores dos cotovelos, Bíceps braquial, Braquial e Coracobraquial, foram identificados e selecionados separadamente em cada corte, onde as áreas obtidas foram registradas para posterior análise (FIGURA 18). Todos os componentes musculares foram incluídos, tais como tecidos conjuntivos e pequenos vasos sanguíneos.



FIGURA 18– Determinação da área dos músculos flexores do cotovelo.

O *software* utilizado proporcionou a transmissão das imagens em dois monitores, o que possibilitou a fácil identificação da posição dos cortes axiais no plano sagital e na sequência dos cortes, conforme demonstrado na FIGURA 19.

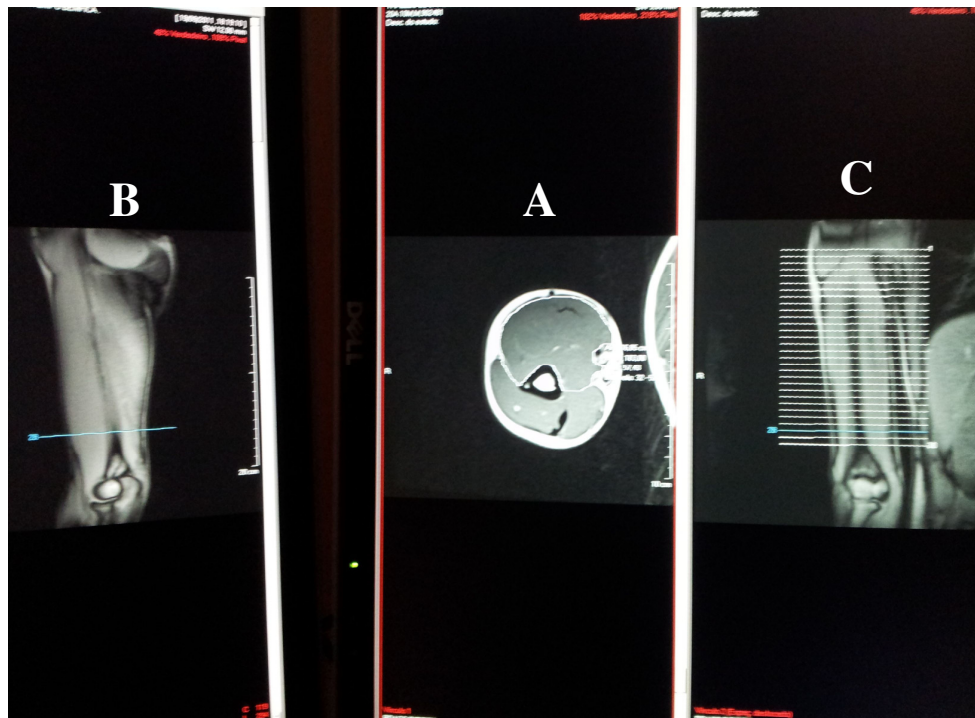


FIGURA 19 – Exibição do corte axial (A), sua posição no plano sagital (B) e na sequência dos cortes (C).

### 3.4.2. Protocolo de Treinamento de Força

Os indivíduos foram distribuídos de forma aleatória e balanceados em função dos resultados do teste de 1RM, em dois grupos: grupo sem vibração (GSV) e grupo com vibração (GCV).

#### 3.4.2.1 Treinamento sem vibração

Em cada sessão de treinamento foram realizadas quatro séries de oito a dez repetições máximas, no exercício de flexão de cotovelo no equipamento do

tipo banco *Scott* (FIGURA 20). Para cada uma das séries, o peso foi ajustado para que o indivíduo pudesse cumprir a faixa de repetições estabelecida. Foi respeitado um intervalo de 120 segundos entre as séries, assim como utilizado por De Souza *et al.* (2010), Buresh *et al.*, (2009), Willardson (2008) e Ahtiainein *et al.* (2005). Cada voluntário realizou três sessões semanais, assim como utilizado por Simão et al (2011) e De Souza *et al.* (2010). A frequência de treinamento foi de três sessões semanais, com intervalo mínimo de recuperação entre as sessões de 48 horas. O período de treinamento teve a duração de 12 semanas, assim como nos estudos de Peterson *et al.* (2010) e Takarada e Ishii (2002).



FIGURA 20. Execução da flexão de cotovelo unilateral no banco *Scott*.

O sistema de carga consistiu de uma coluna de pesos, conectada à empunhadura específica do exercício por meio de um cabo de aço (figura 21), o que permitiu que os indivíduos realizassem a amplitude completa do movimento. Não foi permitida a realização de pausas em qualquer ângulo articular durante a contração, para evitar descansos durante a execução.

### 3.4.2.2 Treinamento com vibração

O grupo com vibração (GCV) realizou o mesmo protocolo de treinamento do grupo sem vibração (GSV). No entanto, foram adicionadas vibrações mecânicas localizadas. As vibrações aplicadas possuíram uma frequência de 30 Hz e uma amplitude de 6 mm na fonte da vibração, pois segundo Marín & Rhea (2010), Wilcock *et al.* (2009) e Bedient *et al.* (2009) essa configuração permite que o reflexo tônico de vibração seja alcançado, com consequente aumento na produção de força. O cabo de aço, que une a coluna de anilhas à empunhadura, foi conectado a um motor acoplado a um eixo excêntrico. A ativação deste mecanismo permitiu empurrar o cabo de aço e gerar a vibração mecânica.

O QUADRO 1 apresenta os parâmetros do protocolo de treinamento.

QUADRO 1  
Parâmetro do protocolo de treinamento

Exercício	Séries	Repetições	Intervalo entre as séries	Vibração (apenas grupo GCV)
Flexão do cotovelo unilateral, no banco Scott	4	8 a 10 RM	120 segundos	30 Hz – 6 mm

Os pesos utilizados pelos voluntários durante o estudo foram registrados para comparação das médias dos grupos, assim como número médio de repetições executadas por série e a duração média de cada série.



### 3.4.3. Fase Pós-teste

Os testes de uma repetição máxima (1RM), contração voluntária máxima (CVM) e o exame de ressonância magnética foram repetidos após o período de treinamento. O exame de ressonância magnética foi realizado 48 horas após a realização da última sessão de treino. O teste de 1RM foi realizado posteriormente aos exames de ressonância magnética, com um intervalo de 24 horas. O teste de CVM foi realizado 48 horas após a realização do teste de 1RM. Os mesmos procedimentos do pré-teste foram adotados nos testes de 1RM e CVM, assim como no exame de ressonância magnética.

Todos os testes e as sessões de treinamento foram realizados no mesmo horário para um determinado voluntário, mas eles determinaram livremente o turno, pois como demonstrou Sedliak *et al.* (2009), o momento do dia não influenciou significativamente o efeito crônico do treinamento na hipertrofia muscular.

Os exames de Ressonância Magnética foram realizados no Centro de Imagem e Medicina Diagnóstica – AXIAL, empresa com certificações ISO 9001 e ISSO 14001. Os testes de 1RM, CVM e o treinamento de força ocorreram no Laboratório de Avaliação da Carga (LAC), do centro de excelência esportiva (CENESP), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

## 3.5 Instrumentos

O treinamento foi realizado em um banco do tipo *Scott* assim como no estudo de Silva *et al.* (2008). O sistema de carga consistiu de uma coluna guia para deslocamento do peso utilizado, que foi acoplada ao banco *Scott*. A movimentação do peso ocorreu a partir de um cabo de aço preso à empunhadura específica do exercício proposto. A seleção por um sistema ajustável de anilhas, e não de placas, foi adotado para possibilitar ajustes mais precisos no peso utilizado (FIGURA 21).

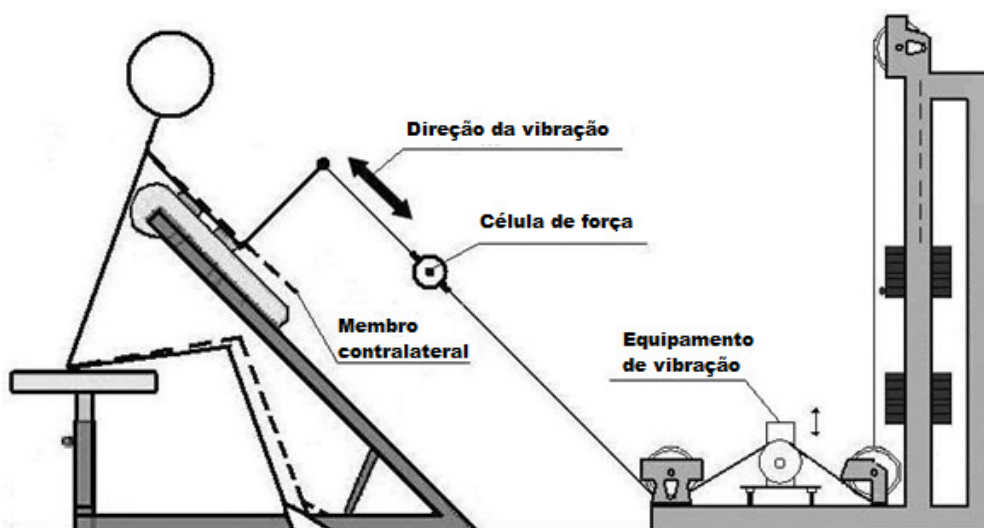


FIGURA 21 – Equipamento de treinamento.

O equipamento gerador da vibração mecânica foi composto por um motor da marca Siemens, trifásico de indução, modelo WEG W22 PLUS, 2cv, 3600 rpm, 220-380 V, acoplado a um eixo excêntrico com uma roldana na extremidade, que permite empurrar o cabo de aço que une a coluna de anilhas à empunhadura. A frequência da vibração foi controlada por um inversor de frequência da marca Weg, modelo Easy Drive CFW 10, 200-240 VAC, 50/60 Hz (FIGURA 22).

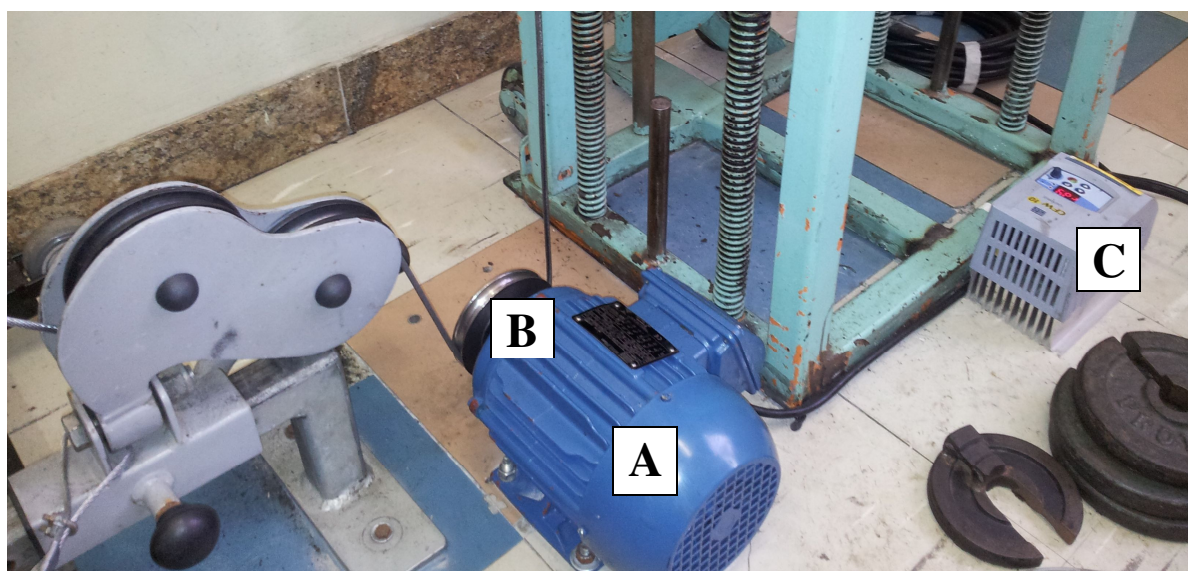


FIGURA 22 – Sistema utilizado para aplicação da vibração mecânica. (A) Motor; (B) Roldana com eixo excêntrico; (C) Inversor de frequência.

Os valores da força foram obtidos utilizando uma célula de força da marca JBA, ZbStaniak, Polônia, capacidade 10000N, calibrada, conectada a um amplificador e decodificador de sinais (WTM 005–2T/2P, Jaroslaw Doliriski Systemy Mikroprocesorowe, Polônia). O amplificador, por sua vez, foi conectado ao computador, em interface com o programa MAX (versão 5.1, JBA, ZbStaniak, Polônia), que permite a análise da curva força em função do tempo. Foi utilizada a frequência de amostragem de 1000 Hz (FIGURA 23).

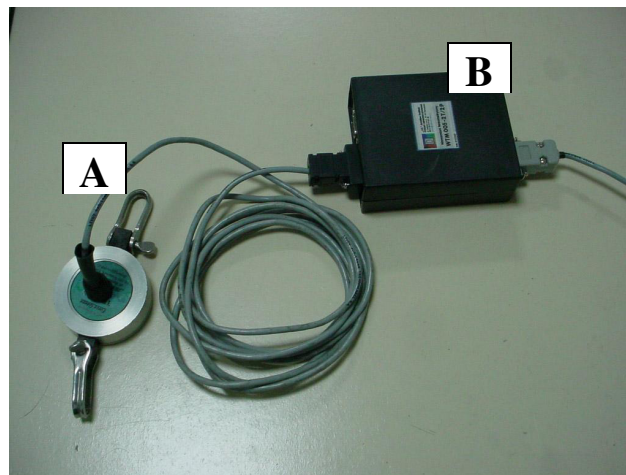


FIGURA 23 - Sistema utilizado para medição da força. Célula de força (A); Amplificador (B).

O exame de Ressonância Magnética foi executado no equipamento RM ESPREE<sup>®</sup>, marca Siemens<sup>®</sup>, modelo Magneton Espree<sup>®</sup> (FIGURA 24), onde os procedimentos de coleta foram realizados por pesquisadores treinados e experientes do Centro de Imagem e Medicina Diagnóstica – AXIAL, sob o acompanhamento do autor deste trabalho.



FIGURA 24 - Equipamento de ressonância magnética.

A massa corporal média foi obtida por meio de uma balança digital (FILIZOLA<sup>®</sup> MF100, Brasil) com precisão de 0,02 kg. A estatura média foi registrada pelo estadiômetro acoplado à balança, com precisão de 0,5cm (Filizola<sup>®</sup>, Brasil). As dobras cutâneas foram medidas utilizando-se um adipômetro da marca Sanny<sup>®</sup>, graduado em milímetros.

### 3.6 Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi verificada a partir do teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Para comparação entre os resultados de 1RM obtidos nas sessões de pré-teste foi realizado o Teste T Pareado. A comparação das médias dos grupos nas etapas de pré e pós-teste, em relação aos testes de força e AST absoluta, foi realizada a partir da ANOVA *two-way* com Medidas Repetidas. Para comparação do percentual de aumento da AST, gerado pelos diferentes protocolos de treinamento aplicados, foi aplicado o Teste T Pareado. O nível de significância adotado foi de 0,05. O mesmo teste foi utilizado para comparar o número médio de repetições executadas por série, assim como o peso médio deslocado e a duração

média, de cada série, dos dois grupos. O teste Post-Hoc utilizado foi o método Holm-Sidak.

Também foram realizados testes de Coeficiente de Correlação Intraclass (CCI) e Erro Padrão de Medida (EPM) para verificar a confiabilidade da medida dos testes de força máxima. Além da estatística inferencial, foi realizada a análise descritiva dos dados. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o *software SigmaPlot* versão 12.0.

## 4 RESULTADOS

Todos os valores obtidos nos testes de 1RM e CVM, assim como nos exames de ressonância magnética, apresentam distribuição normal. O valor de CCI do pré-teste de 1RM foi 0,903, enquanto para o pré-teste de CVM foi de 0,735. O EPM foi 7,28% para o pré-teste de 1RM e 9,08% para o pré-teste de CVM.

### 4.1 Parâmetros do treinamento

O registro dos parâmetros do treinamento apresentou os dados que serão descritos a seguir.

O GSV realizou em média  $8,97 \pm 0,48$  repetições máximas por série, enquanto o GCV realizou  $8,69 \pm 0,29$  repetições máximas por série. Não foi encontrada diferença significativa entre o número médio de repetições máximas executadas por série, entre os grupos ( $p=0,215$ ). Em relação ao peso médio deslocado em cada série, o GSV deslocou em média  $10,77 \pm 2,54\text{kg}$  por série, enquanto o GCV deslocou em média  $8,86 \pm 1,3\text{kg}$  por série. A diferença apresentada também não foi significativa ( $p=0,092$ ). A duração média das séries do GSV foi  $26,42 \pm 2,68$  segundos, enquanto do GCV foi de  $29,03 \pm 2,23$  segundos. Também não foi encontrada diferença significativa entre os valores médios de duração das séries, apresentados pelos grupos ( $p=0,091$ ). A TABELA 1 apresenta esses resultados.

TABELA 1

Valores médios de repetições máximas, peso deslocado e duração, por série, dos grupos GSV e GCV.

	Repetições máximas		Peso deslocado (kg)		Duração (segundos)	
	GSV	GCV	GSV	GCV	GSV	GCV
Média	8,97	8,69	10,77	8,86	26,42	29,03
Desvio padrão	0,48	0,29	2,54	1,3	2,68	2,23

## 4.2 Resultados dos testes de 1RM

Os resultados dos testes de uma repetição máxima (1RM), obtidos no pré-teste e no pós-teste, serão apresentados a seguir. Os resultados obtidos pelos grupos nos dois testes realizados no pré-teste foram semelhantes ( $p=0,581$ ).

O valor médio obtido no pré-teste de 1RM do GSV foi  $14,5 \pm 3,03\text{kg}$ . Após quatro semanas de treinamento esse grupo apresentou o valor médio de  $17,3 \pm 4,19\text{kg}$ , o que representou um aumento significativo no resultado deste teste ( $p<0,001$ ). Após oito semanas de treinamento, também foi encontrado um aumento significativo no valor médio obtido nos testes de 1RM, em comparação ao pré-teste ( $p<0,001$ ) e ao teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p=0,019$ ), sendo o valor médio obtido de  $19,2 \pm 5,31\text{kg}$ . Após 12 semanas de treinamento o valor médio obtido nos testes de 1RM foi de  $19,6 \pm 5,38\text{kg}$ , o que representou um aumento significativo em comparação ao resultado do pré-teste ( $p<0,001$ ) e ao valor médio obtido no mesmo teste após quatro semanas de treinamento ( $p=0,019$ ). Entretanto, o aumento não foi significativo em comparação ao resultado do teste de 1RM realizado após oito semanas de treinamento ( $p=0,573$ ). A TABELA 2 apresenta os valores obtidos nos testes de 1RM do GSV.

TABELA 2  
Resultado dos testes de 1RM (kg) do GSV.

Voluntário	Pré-teste	4 semanas	8 semanas	12 semanas
1	13	17	21	21
2	16	19	20	19
3	17	19	21	23
4	14	16	18	19
5	11	13	14	15
6	14	16	16	16
7	17	19	20	22
8	20	27	32	32
9	13	15	17	15
10	10	12	13	14
Média	14,5	17,3*#	19,2*#	19,6*#
Desvio padrão	3,03	4,19	5,31	5,38

\* Diferença significativa em comparação ao pré-teste ( $p < 0,05$ ).

# Diferença significativa em comparação a quatro semanas de treinamento ( $p < 0,05$ ).

O GSV apresentou o valor médio de  $13,5 \pm 2,68\text{kg}$  no pré-teste de 1RM. Após quatro semanas de treinamento esse grupo apresentou o valor médio de  $15,6 \pm 2,95\text{kg}$ , sendo significativo o aumento encontrado ( $p = 0,017$ ). Após oito semanas de treinamento, também foi encontrado um aumento significativo no valor médio obtido no teste de 1RM, em comparação aos resultados do pré-teste ( $p < 0,001$ ) e ao teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p = 0,019$ ). O valor médio encontrado após oito semanas de treinamento foi  $17,5 \pm 3,31\text{kg}$ . Após 12 semanas de treinamento o valor médio obtido nos testes de 1RM foi de  $17,6 \pm 4,14\text{kg}$ , sendo significativamente maior em comparação aos valores obtidos no pré-teste ( $p < 0,001$ ) e no teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p = 0,019$ ). Em comparação ao teste de 1RM realizado após oito semanas de treinamento, não foi encontrado um aumento significativo ( $p = 0,888$ ). A TABELA 3 apresenta os valores obtidos nos testes de 1RM para o GCV.



TABELA 3  
Resultado dos testes de 1RM (kg) do GCV.

Voluntário	Pré-teste	4 semanas	8 semanas	12 semanas
1	14	16	16	15
2	10	12	14	15
3	14	16	17	17
4	14	15	19	22
5	11	13	14	15
6	13	14	15	15
7	14	19	22	25
8	18	20	23	23
9	10	12	15	13
10	17	19	20	16
Média	13,5	15,6*	17,5*#	17,68*#
Desvio padrão	2,68	2,95	3,31	4,14

\* Diferença significativa em comparação ao pré-teste ( $p < 0,05$ ).

# Diferença significativa em comparação a quatro semanas de treinamento ( $p < 0,05$ ).

A comparação dos resultados dos testes de 1RM, entre os grupos de treinamento, não apresentou diferenças significativas, para  $p < 0,05$ , em todos os períodos de treinamento, conforme apresentado na FIGURA 25.

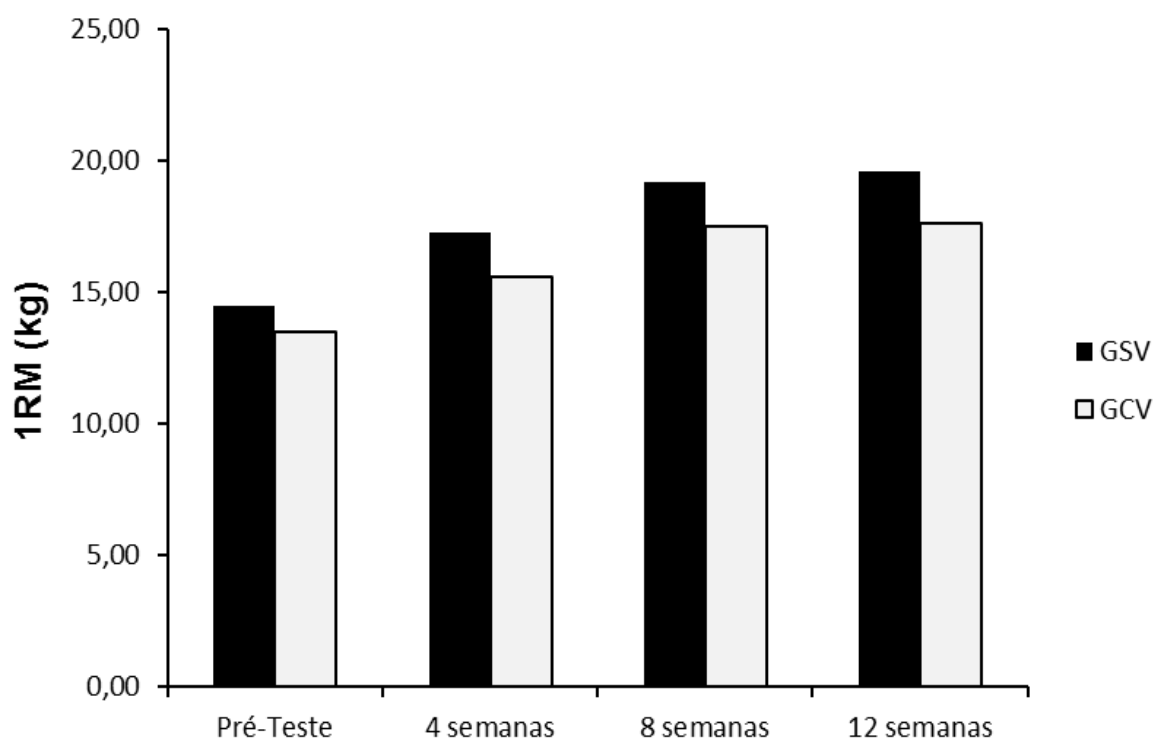


FIGURA 25 – Comparação dos valores médios obtidos nos testes de 1RM, entre os grupos GSV e GCV.

#### 4.3 Resultado dos testes de CVM.

Em relação aos resultados dos testes de contração voluntária máxima (CVM), no pré-teste, os grupos apresentaram valores semelhantes ( $p=0,969$ ). Esses e outros resultados serão demonstrados a seguir.

No pré-teste de CVM, o GSV apresentou um valor médio de  $198,36 \pm 33,17N$ . Após quatro semanas de treinamento, o mesmo grupo apresentou o valor médio de  $226,71 \pm 52,35N$ , no mesmo teste, sendo esse aumento significativo ( $p=0,004$ ). Após oito semanas de treinamento, o valor médio obtido nos testes de CVM foi  $249,53 \pm 59,79N$ , o que também representou um aumento significativo, em comparação aos resultados do pré-teste ( $p<0,001$ ) e do teste de 1RM realizado após quatro semanas de treinamento ( $p=0,006$ ). Após 12 semanas de treinamento, o valor médio obtido nos testes de CVM foi  $251,47 \pm 47,15N$ , o que também representou um aumento significativo em comparação ao resultado do pré-teste

( $p<0,001$ ) e ao resultado do teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p=0,003$ ). Entretanto não foi encontrado um aumento significativo no valor médio obtido no mesmo teste após 12 semanas de treinamento, em comparação com o teste realizado após oito semanas de treinamento ( $p=0,624$ ). Os resultados estão representados na TABELA 4.

TABELA 4  
Resultado dos testes de CVM (N) do GSV

Voluntário	Pré-teste	4 semanas	8 semanas	12 semanas
1	190,0	200,2	236,3	250,8
2	202,3	215,0	239,0	236,1
3	198,2	265,7	296,0	288,1
4	203,1	218,7	240,5	250,0
5	165,1	192,0	225,7	235,6
6	199,7	218,7	223,9	240,8
7	219,0	240,0	264,6	234,0
8	276,0	355,1	392,8	368,0
9	168,2	188,0	197,0	206,8
10	162,0	173,7	179,5	204,7
Média	198,36	226,71 *	249,53 *#	251,47 *#
Desvio padrão	33,17	52,35	59,79	47,15

\* Diferença significativa em comparação ao pré-teste ( $p<0,05$ ).

# Diferença significativa em comparação a quatro semanas de treinamento ( $p<0,05$ ).

O valor médio obtido no pré-teste de CVM do GCV foi  $200,92 \pm 31,09N$ . Após quatro semanas de treinamento, o mesmo grupo apresentou o valor médio de  $219,41 \pm 27,27N$ , no teste de CVM, sendo esse aumento significativo ( $p=0,03$ ). Após oito semanas de treinamento, o valor médio obtido no mesmo teste foi  $241,2 \pm 51,97N$ , o que representou também um aumento significativo, em comparação ao resultado do pré-teste ( $p<0,001$ ) e ao resultado do teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p=0,01$ ). Após 12 semanas de treinamento, o valor médio obtido no teste de CVM foi  $245,4 \pm 51,97N$ , o que também representou um aumento significativo em comparação aos resultados do pré-teste ( $p<0,001$ ) e do

teste realizado após quatro semanas de treinamento ( $p=0,03$ ). Entretanto não foi encontrado um aumento significativo no valor médio obtido no teste de CVM após 12 semanas de treinamento, em comparação com o teste realizado após oito semanas de treinamento ( $p=0,639$ ). A TABELA 5 apresenta esses resultados.

TABELA 5  
Resultado dos testes de CVM (N) do GCV

Voluntário	Pré-teste	4 semanas	8 semanas	12 semanas
1	188,2	225,0	204,5	230,4
2	175,2	194,8	191,0	219,1
3	204,4	209,1	216,6	226,3
4	202,3	209,0	268,9	245,9
5	157,0	171,6	168,1	168,4
6	203,7	218,2	231,2	296,4
7	223,9	253,4	279,3	323,1
8	250,0	268,2	301,0	319
9	163,6	223,0	194,6	191,4
10	240,9	221,8	237,8	234
Média	200,92	219,41*	241,2*#	245,4*#
Desvio padrão	31,09	27,27	29,47	51,97

\* Diferença significativa em comparação ao pré-teste ( $p<0,05$ ).

# Diferença significativa em comparação a quatro semanas de treinamento ( $p<0,05$ ).

A comparação dos resultados dos testes de CVM, entre GSV e GCV, não demonstrou diferenças significativas, em todos os períodos de treinamento, para  $p<0,05$ . A FIGURA 26 apresenta essas comparações.

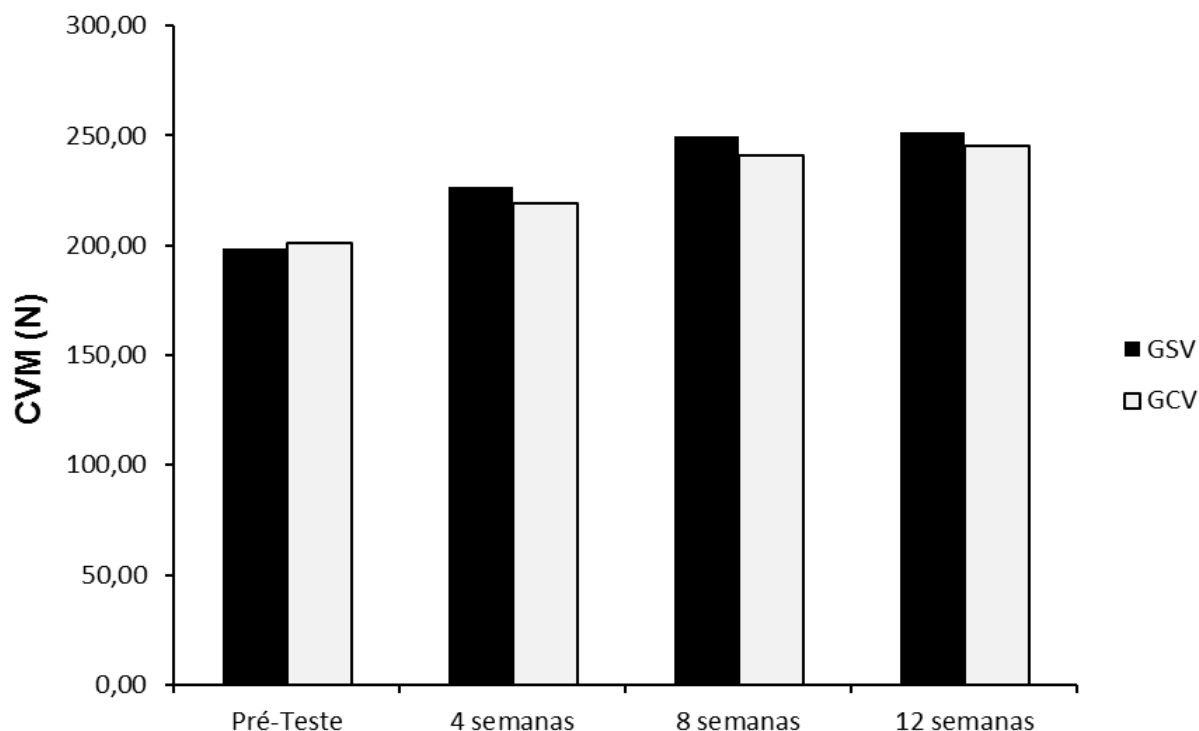


FIGURA 26 - Comparação dos valores médios obtidos nos testes de CVM, entre os grupos GSV e GCV.

#### 4.4 Resultados dos exames de ressonância magnética

Os exames de ressonância magnética apresentaram os valores descritos a seguir.

No que diz respeito à AST média, o valor pré-treinamento apresentado pelo GSV foi  $16,29 \pm 3,08 \text{ cm}^2$ . Após o período de treinamento o valor apresentado por esse mesmo grupo foi de  $19,28 \pm 3,41 \text{ cm}^2$ , o que representou um aumento significativo na AST média ( $p < 0,001$ ). O GCV antes do treinamento apresentou o valor médio de  $14,66 \pm 2,54 \text{ cm}^2$ . Após o período de treinamento o valor médio encontrado foi  $17,75 \pm 2,89 \text{ cm}^2$ , o que também representou um aumento significativo na AST média ( $p < 0,001$ ). Não foi encontrada diferença significativa entre os valores da AST média pré-treinamento entre os grupos ( $p = 0,238$ ), assim como na AST média pós-treinamento ( $p = 0,269$ ). Os valores médios absolutos da

AST média, pré-treinamento e pós-treinamento, de ambos os grupos, estão representados na FIGURA 27.

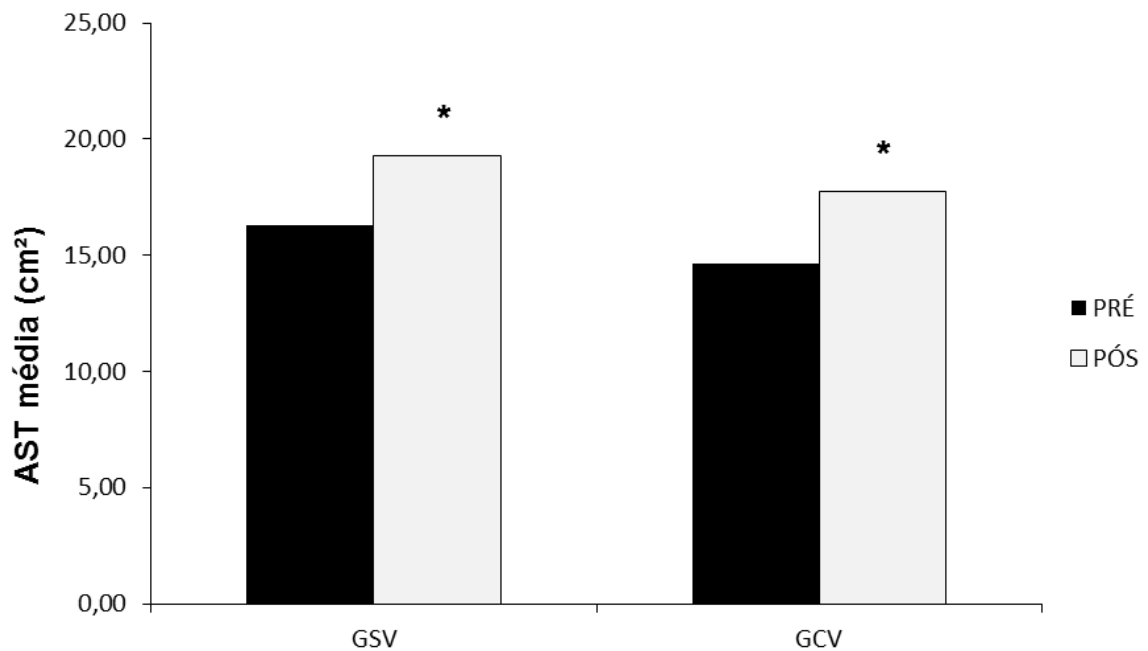


FIGURA 27 – Valores pré-treinamento e pós-treinamento da AST média para GSV e GCV.

\* Diferença significativa entre os valores da AST média pré-treinamento e pós-treinamento ( $p < 0,05$ ) para um mesmo grupo.

Em relação ao aumento percentual da AST média, o GSV apresentou um aumento de  $18,0 \pm 6,67 \%$  após o período de treinamento, enquanto o GCV apresentou um aumento de  $20,82 \pm 8,73 \%$  (FIGURA 28). A diferença apresentada nos aumentos percentuais da AST média dos grupos, não foi significativa ( $p=417$ ).

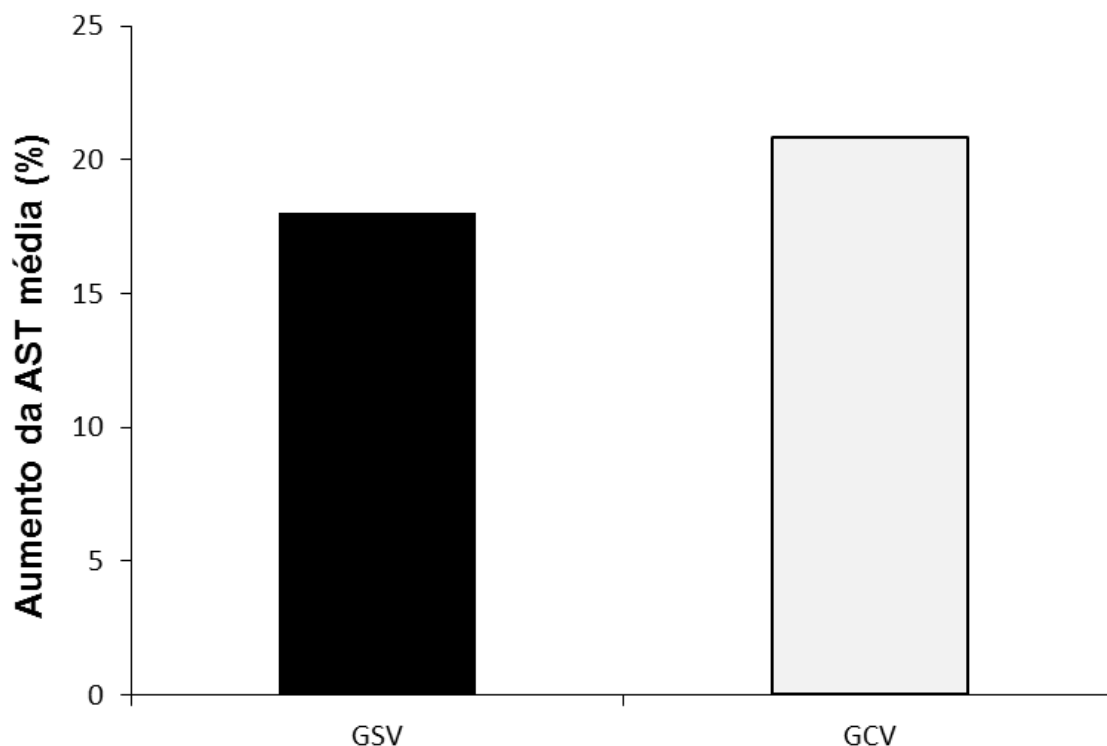


FIGURA 28 – Aumento da AST média em valores percentuais, de ambos os grupos de treinamento.

Em relação à AST medial, o valor médio pré-treinamento apresentado pelo GSV foi  $17,88 \pm 3,38 \text{ cm}^2$ . Após o período de treinamento o valor médio apresentado foi de  $21,17 \pm 3,78 \text{ cm}^2$  neste mesmo grupo, o que representou um aumento significativo na AST medial ( $p < 0,001$ ). O GCV apresentou o valor médio pré-treinamento de  $15,48 \pm 2,36 \text{ cm}^2$ . Após o período de treinamento o valor médio encontrado foi  $18,78 \pm 2,63 \text{ cm}^2$ , o que também representou um aumento significativo na AST medial ( $p < 0,001$ ). Na comparação dos valores médios da AST medial apresentada pelos grupos, não foi encontrada diferença significativa tanto pré-treinamento ( $p = 0,098$ ) quanto pós-treinamento ( $p = 0,099$ ). Os valores médios absolutos da AST medial pré-treinamento e pós-treinamento, de ambos os grupos, estão representados na FIGURA 29.

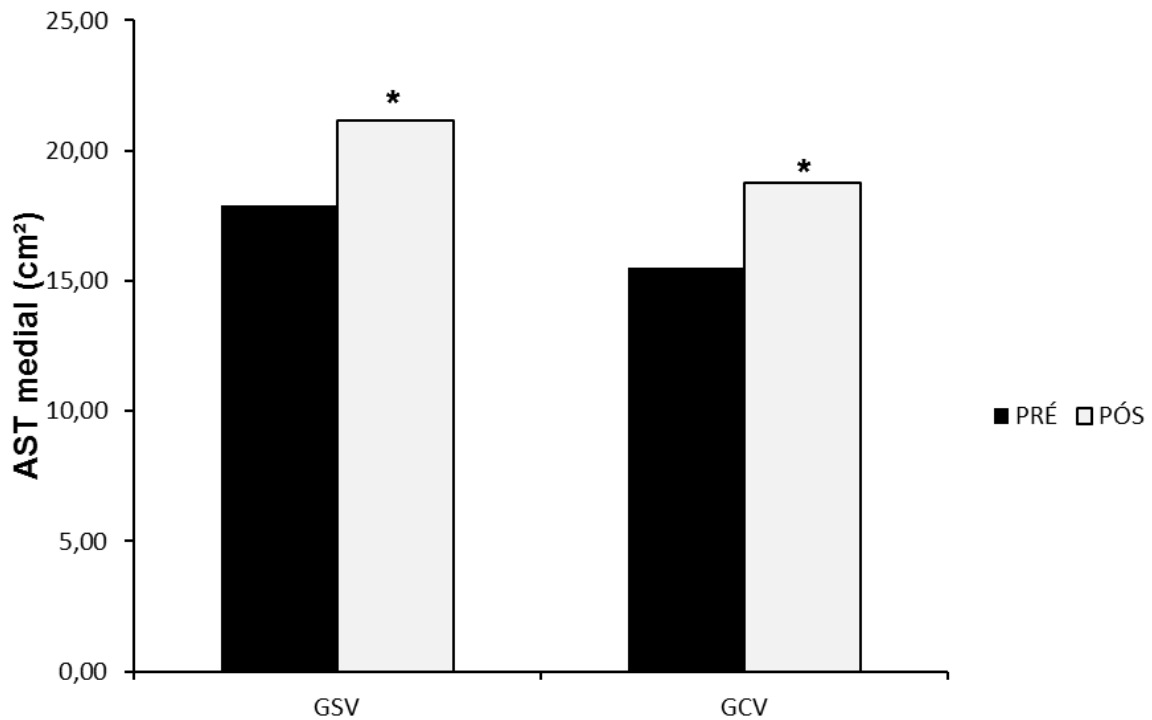


FIGURA 29 – Valores pré-treino e pós-treino da AST medial para GSV e GCV.

\* Diferença significativa entre os valores da AST medial pré-treino e pós-treino ( $p < 0,05$ ) para um mesmo grupo.

O aumento percentual da AST medial apresentado pelo GSV foi de  $19,03 \pm 8,49 \%$ , enquanto o GCV apresentou o aumento percentual de  $21,93 \pm 13,31\%$ . Esses valores estão demonstrados na FIGURA 30. Não foi significativa a diferença entre os valores percentuais apresentados pelos grupos ( $p = 0,571$ ).



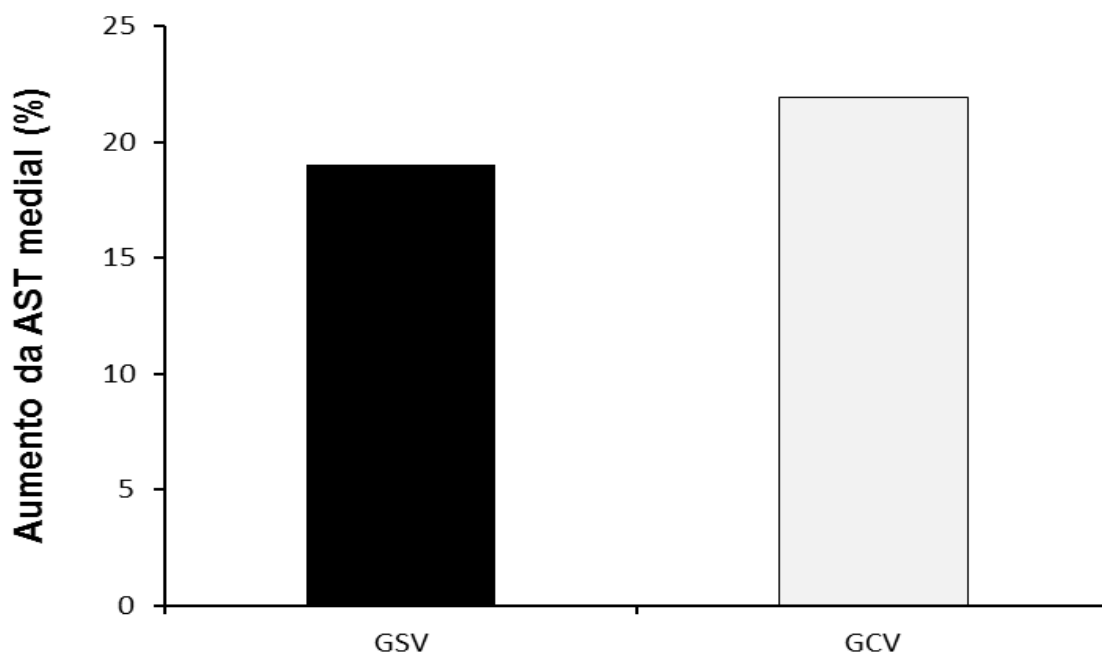


FIGURA 30 – Aumento da AST medial em valores percentuais, de ambos os grupos de treinamento.

No que diz respeito à AST proximal, o GSV apresentou o valor médio pré-treinamento de  $9,21 \pm 1,74 \text{ cm}^2$ . Após o período de treinamento o mesmo grupo apresentou o valor médio de  $10,63 \pm 2,23 \text{ cm}^2$ , o que representou um aumento significativo na AST proximal ( $p < 0,001$ ). O GCV apresentou antes do período de treinamento a AST proximal média de  $7,99 \pm 1,16 \text{ cm}^2$ , e o valor médio de  $9,26 \pm 1,38 \text{ cm}^2$  após o período de treinamento. O aumento encontrado também foi significativo nesse grupo ( $p < 0,001$ ). Esses valores estão representados na FIGURA 31. Não foi encontrada uma diferença significativa na AST proximal pré-treinamento entre os grupos ( $p = 0,119$ ), assim como nos valores pós-treinamento ( $p = 0,082$ ).

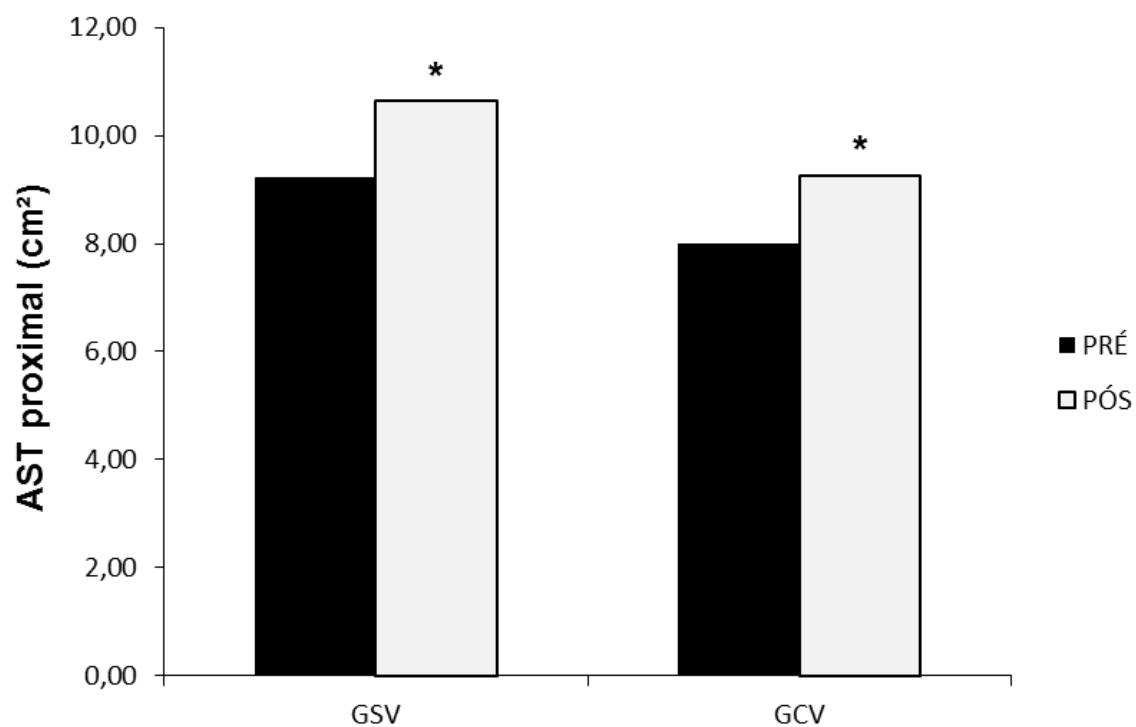


FIGURA 31 – Valores pré-treinamento e pós-treinamento da AST proximal para GSV e GCV. \* Diferença significativa entre os valores da AST proximal pré-treinamento e pós-treinamento ( $p < 0,05$ ) para um mesmo grupo.

Em relação ao aumento percentual da AST proximal, o GSV apresentou um aumento de  $15,56 \pm 8,16\%$ , enquanto o GCV apresentou o aumento de  $16,57 \pm 12,58\%$  (FIGURA 32). Não foi encontrada uma diferença significativa entre os valores apresentados pelos grupos ( $p = 0,842$ ).

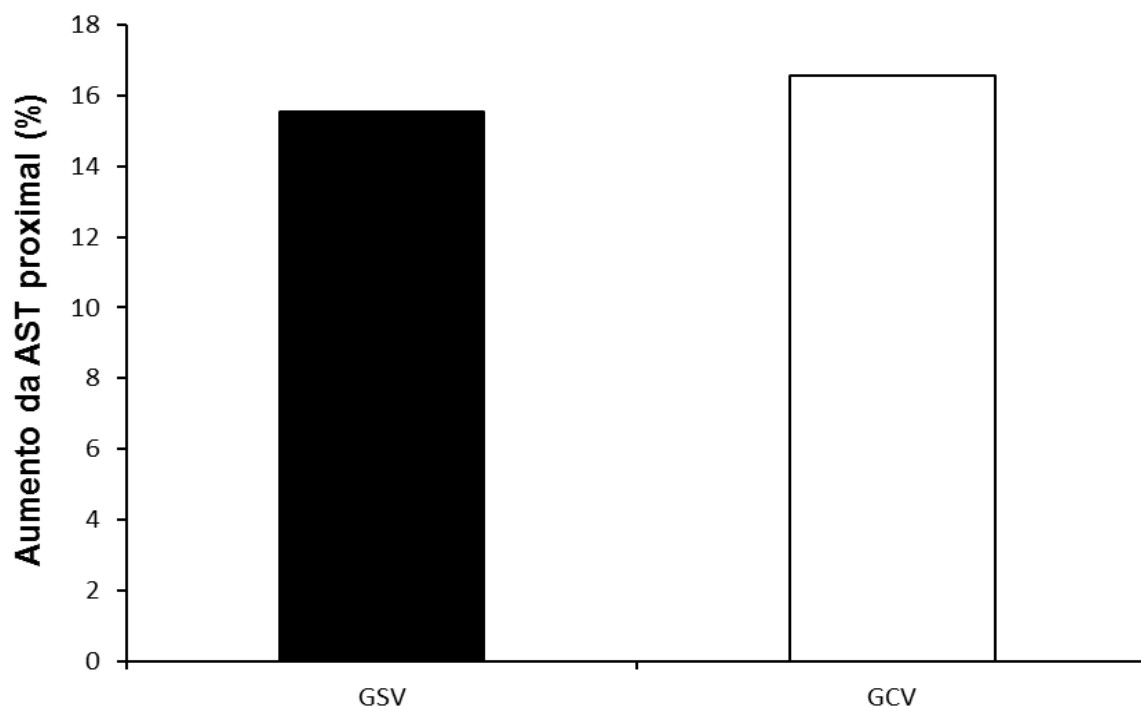


FIGURA 32 – Aumento da AST proximal em valores percentuais, de ambos os grupos de treinamento. \* Diferença significativa entre os aumentos da AST proximal dos grupos treinados ( $p < 0,05$ ).

Na análise da AST distal, o GSV apresentou o valor médio de  $22,42 \pm 4,43 \text{ cm}^2$  pré-treinamento, enquanto que após o período de treinamento o valor médio da AST distal foi  $27,24 \pm 3,69 \text{ cm}^2$ . O aumento da AST distal no GSV foi significativo ( $p < 0,001$ ). O GCV apresentou o valor médio pré-treinamento de  $18,81 \pm 2,51 \text{ cm}^2$  de AST distal. Após o período de treinamento esse grupo apresentou o valor médio de  $23,20 \pm 2,52 \text{ cm}^2$  de AST distal. A diferença encontrada entre os valores pré e pós-treinamento no GCV também foi significativa ( $p < 0,001$ ). Na comparação dos valores apresentados pelos grupos foram encontradas diferenças significativas tanto antes do início do período de treinamento ( $p = 0,026$ ) quanto após esse período ( $p = 0,027$ ), conforme demonstrado na FIGURA 33.

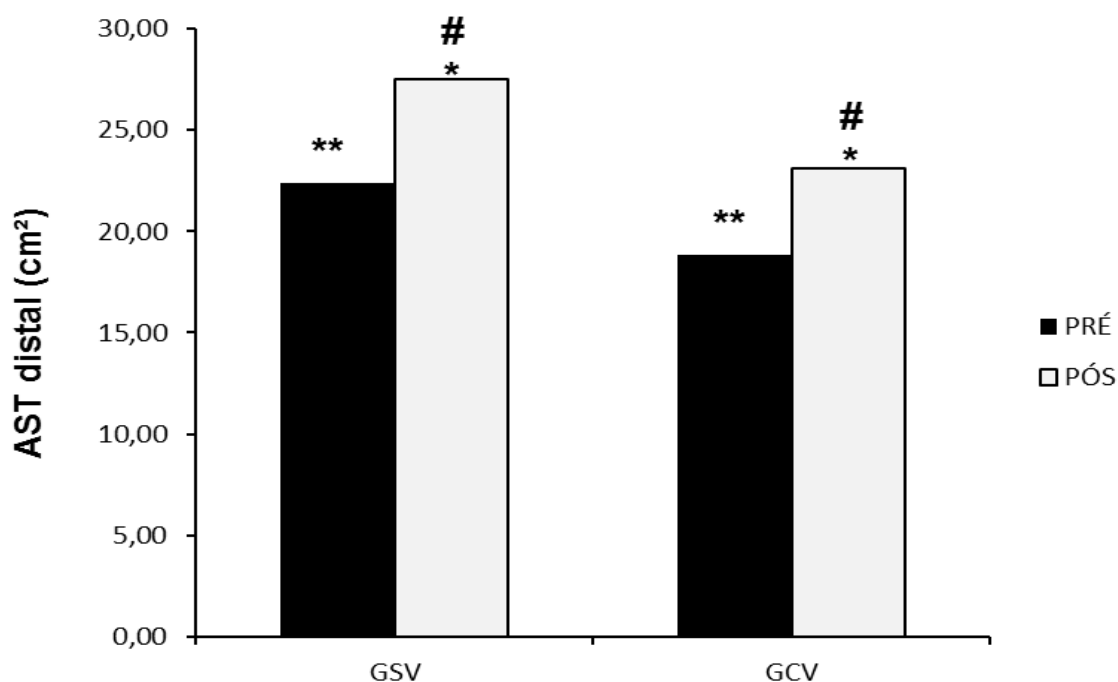


FIGURA 33 – Valores pré-treinamento e pós-treinamento da AST distal para GSV e GCV.

\* Diferença significativa entre os valores da AST distal pré-treinamento e pós-treinamento ( $p < 0,05$ ) para um mesmo grupo. \*\* Diferença significativa entre os valores pré-treinamento da AST distal entre os grupos treinados ( $p < 0,05$ ). # Diferença significativa entre os valores pós-treinamento da AST distal entre os grupos treinados ( $p < 0,05$ ).

Em relação ao aumento da AST distal em valor percentual médio, o GSV apresentou um aumento de  $21,04 \pm 6,88 \%$ , enquanto o GCV apresentou o aumento de  $23,17 \pm 6,5 \%$  (FIGURA 34). Não foi encontrada uma diferença significativa entre os valores apresentados pelos grupos ( $p = 0,587$ ).

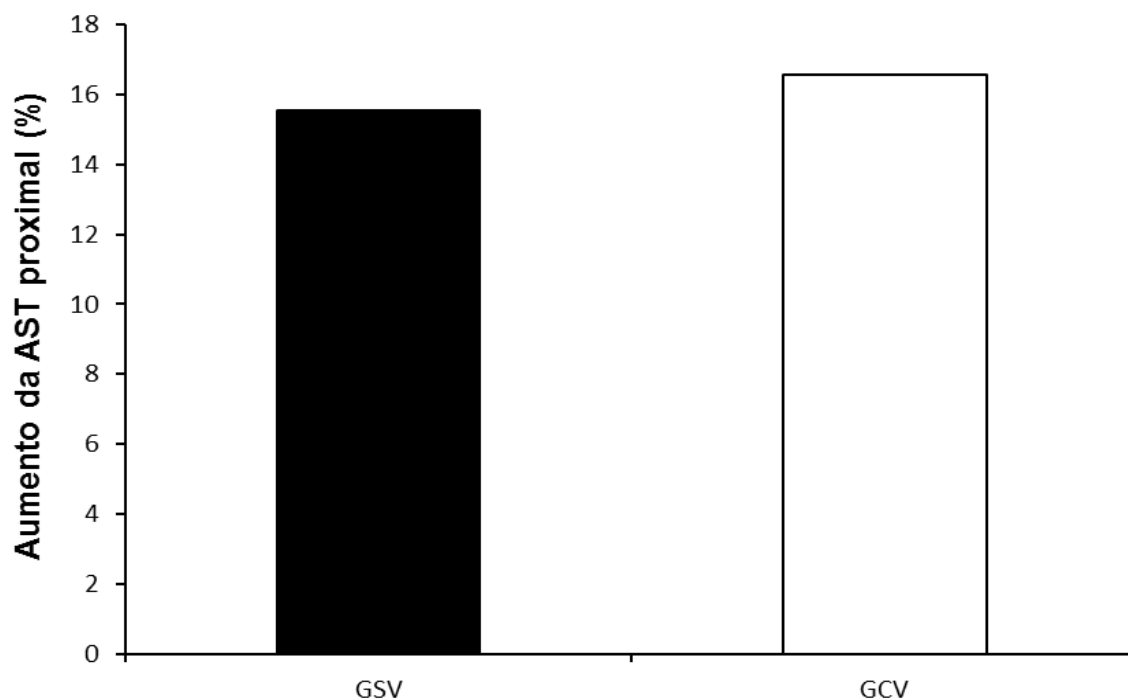


FIGURA 34 – Aumento da AST distal em valores percentuais, de ambos os grupos de treinamento.

A comparação entre os aumentos percentuais obtidos nas diferentes porções musculares e na média de todos os cortes dos exames de ressonância magnética, não determinou diferenças significativas entre os valores apresentados ( $p < 0,05$ ). O aumento da AST foi semelhante em todas as porções musculares selecionadas para um mesmo grupo, assim como na comparação do aumento da AST para uma mesma porção entre os grupos. Esses valores estão representados na FIGURA 35.

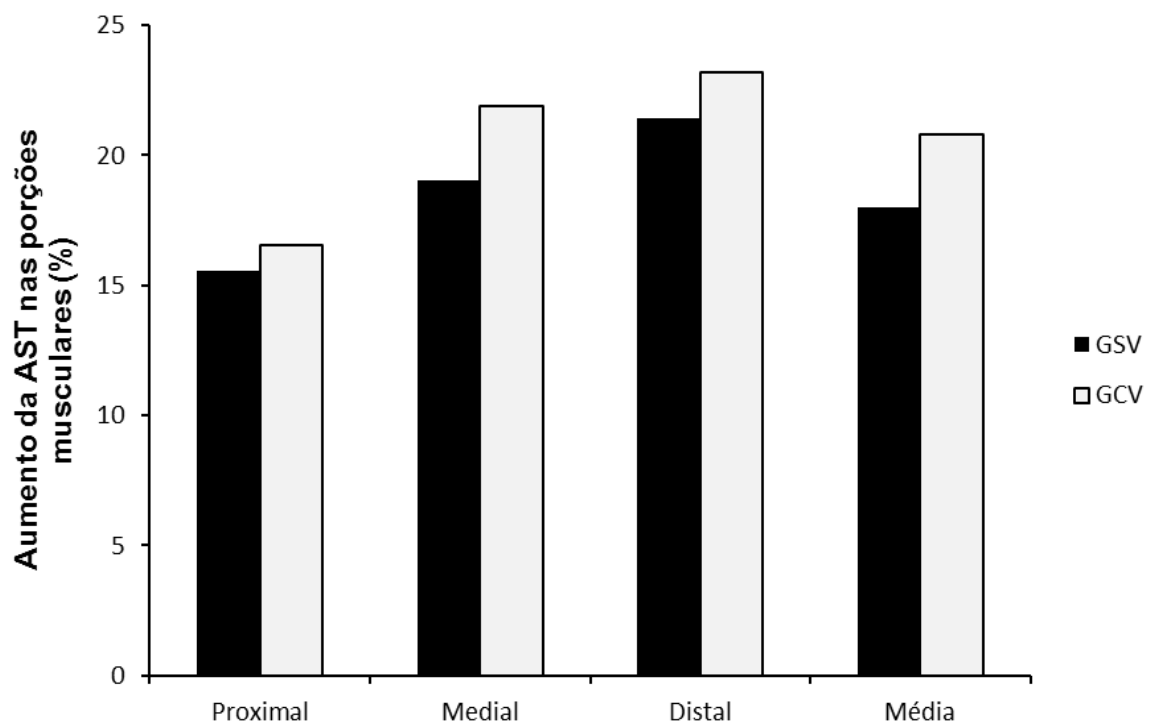


FIGURA 35 – Aumento da AST nas diferentes porções musculares analisadas.

## 5 DISCUSSÃO

O presente estudo verificou o efeito crônico do treinamento com adição de vibração mecânica localizada sobre a hipertrofia muscular e sobre o desenvolvimento da força dos músculos flexores do cotovelo. Foram comparados os efeitos do treinamento dinâmico de força realizado com adição de vibração localizada, com os efeitos do treinamento de força convencional, sem adição de vibração.

No que diz respeito à força muscular, após 12 semanas de treinamento de força, ambos os grupos apresentaram aumento significativo na produção de força muscular. Esse resultado reforça os achados de Matta *et al.* (2011), que averiguaram o efeito de 12 semanas de treinamento de força na contração voluntária máxima (CVM) e na arquitetura da organização das fibras musculares dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial. Após o período de treinamento os resultados do teste de CVM demonstraram um aumento significativo na força muscular, em ambos os músculos. Ainda, o músculo tríceps braquial apresentou um aumento homogêneo na espessura e no ângulo de penação das fibras musculares, em relação às suas porções proximal, distal e medial. O músculo bíceps braquial apresentou um maior aumento da espessura e do ângulo de penação das fibras na porção proximal.

Resultados semelhantes foram encontrados por Szymanski *et al.* (2004), que verificaram o efeito de 12 semanas de treinamento de força, nos músculos do punho e do antebraço, no rendimento de atletas de baseball. Os voluntários foram distribuídos em dois grupos, que realizaram o treinamento de força. Apenas um grupo realizou exercícios específicos para os músculos dos punhos e antebraço, junto a exercícios para os braços e coxas, enquanto o outro grupo realizou apenas exercícios para os braços e coxas. Os parâmetros do treinamento de força consistiram da realização de três sessões semanais, onde foram executadas três a cinco séries de 10 repetições máximas dos exercícios propostos. O teste de força de uma repetição máxima (1RM), nos exercícios específicos para os músculos flexores e extensores do punho, e pronadores e supinadores do antebraço, foi

realizado antes do início do treinamento. Esse teste foi repetido após quatro, oito e 12 semanas. Os resultados apresentaram aumentos significativos na força muscular após quatro, oito e 12 semanas, em comparação ao teste prévio ao treinamento de força. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos treinados, em todos os períodos de treinamento. Ao contrário do presente estudo, não foi realizada a comparação dos valores obtidos nos testes de força após quatro e oito semanas, quatro e 12 semanas, assim como a comparação entre oito e 12 semanas de treinamento.

Os resultados do presente trabalho demonstram que os grupos aumentaram a força muscular significativamente, até os testes realizados após oito semanas de treinamento. Não foram encontrados aumentos significativos entre os testes realizados após oito e doze semanas de treinamento, em ambos os grupos. Esses efeitos foram verificados tanto no teste de 1RM quanto no teste de CVM.

De acordo com os resultados obtidos nos testes de 1RM, após oito semanas de treinamento, Ben-Sira, Ayalon e Tavi (1995) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo. Esses autores compararam o treinamento apenas concêntrico, o concêntrico mais excêntrico, apenas excêntrico e o excêntrico com intensidade acima dos valores obtidos no teste de 1RM (130% de 1RM). Após oito semanas de treinamento todos os grupos apresentaram aumentos significativos nos resultados dos testes de 1RM. Os grupos que realizaram a ação excêntrica da contração dinâmica apresentaram maiores ganhos de força muscular. Em seu estudo, Hennessy e Watson (1994), assim como no presente estudo, encontraram que o treinamento de força aumenta significativamente os valores dos testes de 1RM, após oito semanas de treinamento.

Em relação ao aumento da força muscular apresentado nos resultados dos testes de CVM, após oito semanas de treinamento, o estudo de Sparkes e Behm (2010) apresentou resultados semelhantes. Esses autores comparam o efeito do treinamento de força realizado em uma superfície estável, com o efeito do treinamento de força realizado em uma superfície instável. Os voluntários, 18 jovens destreinados, foram distribuídos em dois grupos. O grupo estável realizou o treinamento de força em equipamentos, o que proporcionou maior estabilidade corporal. Já o grupo instável realizou o mesmo treinamento de força, mas em superfícies instáveis (bolas suíças) e com pesos livres (halteres). Após oito



semanas de treinamento ambos os grupos apresentaram aumento significativo na CVM. Não foi encontrada uma diferença significativa entre os grupos, em relação ao aumento de força obtido por meio do teste de CVM.

Contrariamente aos achados do presente estudo e dos estudos previamente descritos, Winchester *et al.* (2008), não observaram aumentos significativos na produção de força muscular nos testes de 1RM e CVM, após oito semanas de treinamento. Entretanto, os resultados apresentaram aumentos significativos na altura do salto com contramovimento e no pico de torque neste salto vertical. O método de treinamento de força deste estudo utilizou de repetições submáximas, com 26 a 48% de 1RM, ao contrário dos métodos de treinamento do presente estudo, onde os voluntários realizaram repetições máximas. Essa diferença entre os métodos de treinamento dos estudos pode justificar a diferença nos resultados.

No que diz respeito ao desenvolvimento da força máxima, medido por meio do teste de CVM, após quatro semanas de treinamento, Herrero *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo. Esses autores compararam o efeito do treinamento de força convencional e do treinamento de força com adição de eletroestimulação, na produção de força muscular, de indivíduos jovens destreinados. Após quatro semanas de treinamento, os grupos treinados apresentaram aumentos significativos nos valores da CVM. Não foi encontrada diferença significativa nos valores obtidos no teste de CVM, entre os grupos que treinaram com ou sem adição de eletroestimulação.

Em relação ao desenvolvimento da força muscular, obtido por meio do teste de 1RM após quatro semanas de treinamento, os resultados do presente estudo reforçam os achados de Kidgell *et al.* (2010). Esses autores investigaram o efeito de quatro semanas de treinamento de força, por meio do teste de 1RM, na produção de força do músculo bíceps braquial, do braço direito. Os voluntários, 23 homens destreinados e destros, foram distribuídos em dois grupos, um grupo treinamento e outro grupo controle. No grupo treinamento, os voluntários realizaram o treinamento de força três vezes por semana, sendo cada sessão composta por quatro séries de 6 a 8 repetições, com 80% do valor de 1RM, no exercício flexão de cotovelo unilateral com halter. O treinamento resultou em aumento significativo de 28% na força muscular obtida no teste de 1RM. Os

autores atribuem o aumento na força muscular às adaptações neuromusculares. Resultados semelhantes foram encontrados por Kim *et al.* (2011) ao comparar o efeito de 4 semanas de treinamento de força convencional, com o treinamento de força denominado *Super-slow*, no qual a velocidade de contração é reduzida e controlada durante todo o movimento. Os resultados dos testes de 1RM demonstraram aumento na produção de força em todos os grupos treinados. Não foi encontrada uma diferença significativa no aumento de força muscular entre os diferentes métodos de treinamento de força. Os autores também atribuem às adaptações neuromusculares, o ganho de força nos estágios iniciais do treinamento de força.

Segundo Komi (1986) e Folland e Williams (2007), o aumento na produção de força muscular, devido a curtos períodos de treinamento de força, parece ser resultado da melhoria dos ajustes neurais intra e intermuscular. De acordo com diversos autores (FLECK *et al.*, 1996; MAIOR e ALVES, 2003; FOLLAND e WILLIAMS, 2007), as principais adaptações neurais são: o aumento do número de unidades motoras recrutadas, a melhoria da sincronização e frequência de disparos das unidades motoras e a menor co-ativação dos músculos antagonistas. Estas adaptações desencadeiam a maior produção de força durante as fases iniciais do treinamento (MAIOR e ALVES, 2003; FOLLAND e WILLIAMS, 2007). O'Bryant *et al.* (1988), Hickson *et al.* (1994) e Folland e Williams (2007) relatam que os ganhos de força ocorridos dentro de um período de 4 a 8 semanas de treinamento de força são resultantes de adaptações neurais, não de aumentos significativos do volume muscular. Portanto, no presente estudo, possivelmente, o aumento na produção de força muscular encontrado nas oito primeiras semanas de treinamento, em ambos os grupos treinados, ocorreu, principalmente por adaptações neurais intra e intermuscular.

Os resultados dos estudos de Seynnes *et al.* (2007) apontam a existência de uma sequência de fenômenos na adaptação crônica ao treinamento de força, onde as adaptações morfológicas são precedidas por adaptações neurais. Estes autores investigaram as adaptações neurais e morfológicas geradas por um programa de treinamento de força. A partir dos resultados encontrados foi possível perceber que nos primeiros 10 dias de treinamento a força muscular sofre um aumento significativo, sem alterações significativas na área da secção

transversal do músculo. Entretanto, houve um aumento na atividade eletromiográfica. Assim, é possível verificar que o aumento da força muscular identificado no início do programa de treinamento de força ocorre principalmente por adaptações neurais. O aumento da área da secção transversa (AST) foi identificado significativamente 35 dias após o início do treinamento. Contudo, no presente estudo, os exames de ressonância magnética não foram realizados após quatro e oito semanas, o que não permite a comparação com os testes de força e o estabelecimento de uma relação direta entre a hipertrofia, força muscular e tempo de treinamento.

No presente estudo, possivelmente, após oito semanas de treinamento de força, os estímulos aplicados desde o início do treinamento não geraram novas adaptações neuromusculares. Isso é indicado pela inexistência de uma diferença significativa no aumento da força muscular, produzidas nos testes de 1RM e CVM, realizados após oito e 12 semanas de treinamento, em ambos os grupos. Hammett e Hey (2003) concluíram em seu estudo que adaptações neuromusculares ocorrem quando um novo estímulo de treinamento é aplicado. Estes autores afirmam que o estímulo de treinamento precisa ser variado, para que novas adaptações neuromusculares e morfológicas possam ser obtidas. No presente estudo apenas o peso foi ajustado durante o treinamento, para permitir a realização de oito a 10 repetições máximas. Assim, esse ajuste pode não ter representado um novo estímulo no treinamento de força. Devido à escassez de estudos sobre o assunto, novas pesquisas precisam ser realizadas, principalmente em relação ao desenvolvimento da força muscular com aplicação de vibração mecânica.

As vibrações aplicadas durante o treinamento geralmente possuem pequenas amplitudes e frequências elevadas, fato que resulta em pequenas amplitudes de estiramento muscular e em elevadas velocidades de estiramento (COUTO *et al.*, 2012). O RTV pode ser entendido como um segmento do reflexo do estiramento que resulta principalmente da atividade de vibração induzida nas fibras Ia dos fusos musculares (TAKATA *et al.*, 1996) e é mediado por vias monossinápticas e polissinápticas (ROMAIGUERE *et al.*, 1991).

Entretanto, no presente trabalho, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, em relação ao desenvolvimento da força muscular, em todos os testes de força muscular, aplicados nas diferentes fases.

Ao comparar os efeitos do treinamento com adição de vibração mecânica e do treinamento convencional, Lamont *et al.*, (2010) obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, em relação à produção de força muscular. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos, um que realizou o treinamento convencional de força e outro que realizou o treinamento de força com VCI. Ambos os grupos realizaram exercícios dinâmicos de agachamento, durante seis semanas e obtiveram aumentos significativos na produção de força, mas não foram encontradas diferenças significativas no percentual de aumento da força entre eles. Os autores sugerem que a adição de vibração mecânica em períodos curtos de treinamento de força, até oito semanas de treinamento, não exerce influência adicional nos ganhos de força.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Kvorning *et al.*(2006), que compararam os efeitos de nove semanas de treinamento de força convencional e o treinamento com adição de vibração de corpo inteiro, sobre a força muscular de 28 indivíduos treinados. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos. Um dos grupos realizou o treinamento convencional, onde foram executadas seis séries de agachamento, com oito repetições por série e 120 segundos de intervalo entre as séries. Já o outro grupo realizou o treinamento com adição de vibração mecânica, executando os mesmos exercícios, mas com adição da vibração mecânica de corpo inteiro. 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, mas não foram encontradas diferenças significativas entre os aumentos obtidos pelos dois grupos.

Outro estudo que obteve resultados semelhantes ao presente estudo foi o de Ronnestad (2004), que comparou o efeito do agachamento convencional, com a mesma atividade realizada sobre a plataforma vibratória no desempenho no teste de uma repetição máxima (1RM) e na altura do salto contramovimento (SCM). Após cinco semanas de treinamento de força, 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. Essa diferença entre os valores obtidos

pelos grupos, não foi estatisticamente significativa. Porém, apenas o grupo que treinou com adição de vibração apresentou aumento significativo na altura do SCM.

Roelants, Delecluse e Verschueren (2004) também não obtiveram aumento no ganho de força com adição de vibração ao treinamento de força. Esses autores investigaram o efeito de 24 semanas de treinamento com adição de vibração de corpo inteiro (VCI) na força de extensão de joelho, na velocidade de movimento e no desempenho no salto com contramovimento, de mulheres idosas. Em um grupo não foram utilizadas cargas adicionais durante o treinamento, apenas aplicação de vibração mecânica de corpo inteiro em exercícios isométricos. Um segundo grupo realizou um treinamento com pesos resistidos sem adição de vibração mecânica. A força máxima isométrica e dinâmica dos extensores do joelho aumentou em 15,0 e 16,1% no grupo VCI, respectivamente, e em 18,4 e 13,9% no grupo que realizou o treinamento com pesos resistidos. Não foi significativa a diferença entre os ganhos de força apresentados pelos grupos.

Entretanto, os resultados do presente estudo são contrários aos achados de Silva *et al.* (2008), onde o treinamento com adição de vibração na direção da contração muscular gerou um maior acréscimo da força (26%) do que o treinamento sem vibração (10%). A produção de força foi determinada pelos testes de CVM. Issurin e Tenenbaum (1999) investigaram em seu estudo o efeito agudo de duas séries de treinamento dinâmico de bíceps braquial, sendo uma convencional e outra com adição de vibração mecânica (44 Hz e 3 mm). A adição de vibração mecânica repercutiu em um aumento de 10,4% na potência máxima gerada pela musculatura treinada.

Couto *et al.* (2012) comparou o efeito crônico de duas diferentes frequências de vibrações, 8 e 26 hertz, adicionadas ao treinamento de força, na produção de força dos membros inferiores. A vibração mecânica foi aplicada na direção da resultante das forças musculares no exercício meio-agachamento, isométrico. Após quatro semanas de treinamento, todos os grupos treinados apresentaram aumento significativo na CVM, mas os grupos 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 contramovimento. O grupo treinado sem adição de vibração e o grupo controle, não apresentaram aumentos significativos na altura dos saltos

verticais. Os autores concluem que a adição de vibração no treinamento isométrico de força, nas frequências de vibração de 8 e 26 Hz, aumentam a performance dos membros inferiores.

Entretanto, nos estudos de Couto *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2008) foram utilizadas contrações isométricas máximas no treinamento, enquanto no presente estudo foram realizadas oito a dez contrações dinâmicas máximas. Não foram encontrados estudos que compararam o efeito crônico da aplicação mecânica localizada durante o treinamento dinâmico de força, o que dificulta a discussão dos resultados do presente estudo, e aponta para a necessidade da realização de estudos específicos deste tipo de aplicação de vibração.

Os resultados dos estudos de Hazell, Jakobi e Kenno (2007) indicam que o efeito da adição de vibração mecânica também ocorre nas contrações dinâmicas. Neste estudo, 10 homens jovens, praticantes de atividades físicas recreacionais, realizaram os exercícios meio-agachamento estático, meio-agachamento dinâmico e flexão do cotovelo bilateral estática e dinâmica. aplicação de VCI. Os resultados demonstraram que a EMG aumentou nos músculos bíceps femoral e vasto lateral em ambas as situações de execução do exercício meio-agachamento, estática e dinâmica. No exercício de flexão do cotovelo bilateral, o aumento da EMG do tríceps braquial aumentou também nos dois tipos de contração muscular, mas o músculo bíceps braquial aumentou apenas na contração dinâmica. Esses resultados apontam um efeito adicional na EMG dos músculos expostos à vibração durante a contração dinâmica. Entretanto, diferente do presente trabalho, os autores verificaram os efeitos agudos da adição de vibração ao treinamento.

Marín *et al.* (2010) encontraram resultados semelhantes ao investigarem o efeito da aplicação de VCI com diferentes combinações de frequência e amplitude, no rendimento muscular do braço. Os resultados demonstraram que a aplicação de vibrações aumentou o número de repetições máximas e a velocidade média de execução, na extensão de cotovelo realizada de forma dinâmica. Ainda, a aplicação de elevada frequência e amplitude (50 Hz e 2,51mm) resultou em uma maior velocidade média de execução. Segundo os autores, os resultados sugerem que a aplicação de vibrações mecânicas gera maior facilitação neuromuscular aguda, o que aumenta o rendimento muscular dos braços, durante a contração

dinâmica. São necessários novos estudos que comparem o efeito crônico da adição de vibração mecânica, principalmente localizada, no treinamento de força dinâmico e isométrico.

Possivelmente, no presente estudo, um dos fatores que não permitiu a verificação de um maior aumento da força muscular, com a adição da vibração mecânica, é a elevada capacidade de adaptação da amostra. Todos os indivíduos participantes não possuíam histórico de treinamento de força, o que lhes conferiu uma elevada treinabilidade. Esse comportamento é corroborado por ACSM (2002), que afirma que um indivíduo não treinado pode aumentar em 40% seus ganhos de força, enquanto um indivíduo treinado pode aumentar apenas 2%. Ahtiainen e Hakkinen (2009) afirmam que atletas experientes no treinamento de força já são bem adaptados, assim possuem uma menor capacidade de adquirir novas adaptações que gerem maior produção de força muscular, ao contrário de atletas inexperientes, como os indivíduos da amostra do presente estudo. Os resultados do estudo de Hammett e Hey (2003) corroboram esses achados. Assim, a possível influência positiva do RTV na aplicação da vibração mecânica, não ocorreu, possivelmente porque o treinamento de força sem vibrações já gera o máximo de adaptações neurais na produção de força muscular, em uma amostra de tal característica.

Outro fator relevante, para a ausência de diferença significativa no aumento da produção de força muscular entre os grupos do presente estudo, é uma possível baixa especificidade dos testes (máximos) utilizados para medir os ganhos de força do método de treinamento utilizado. Shaw *et al.* (2009) afirmam que a característica inexperiente da amostra aponta o uso do teste de 10 repetições máximas (10RM). Ainda, este teste seria mais específico para medir os ganhos do treinamento de força que utiliza um número de repetições máximas próximo ao medido neste teste. Brechue e Mayhew (2009) encontraram que o teste de 1RM é melhor para avaliar o desenvolvimento da força muscular, quando o treinamento é executado com menor número de repetições (3 a 5 RM > 85% de 1RM). Silva *et al.* (2008) e Couto *et al.* (2012) utilizaram de teste máximos de força para comprovar o efeito adicional nos ganhos de força muscular, determinados pela adição de vibração mecânica. estes autores encontraram maiores respostas crônicas ao treinamento com vibrações, mas o tipo de treinamento, assim como os

testes de força, consistiu da realização de contrações isométricas máximas, conforme mencionado anteriormente.

É importante salientar que não existe um consenso quanto ao protocolo ideal de vibração (BEDIENT *et al.*, 2009; WILCOCK *et al.*, 2009; MARÍN e RHEA, 2010). Os resultados dos estudos de Hazell, Jakobi e Kenno (2007) e Marín *et al.* (2010) demonstram que diferentes combinações de frequência e amplitude das vibrações mecânicas, podem gerar diferentes resultados em relação ao desenvolvimento da força muscular. Assim, 30 Hz e 6 mm podem não ter gerado os efeitos desejados, mas talvez outros parâmetros podem gerar este efeito.

Os efeitos do treinamento de força sobre a hipertrofia muscular, realizado com e sem vibrações, também foram analisados no presente trabalho. Após 12 semanas de treinamento, o grupo treinado com adição de vibração mecânica hipertrofiou significativamente os músculos treinados, assim como o grupo treinado sem a adição de vibração mecânica.

Os resultados também demonstram que a hipertrofia muscular foi semelhante em todas as porções musculares analisadas, medial, proximal e distal, assim com na média dos 30 cortes obtidos por meio dos exames de ressonância magnética, em ambos os grupos e na comparação entre os grupos. Esses resultados são contrários à sugestão de Antonio (2000), que as fibras e feixes musculares, de diferentes porções musculares, podem responder de maneira diferente ao mesmo protocolo de treinamento, ou a protocolos diferentes, em relação à hipertrofia muscular.

Diversos estudos também encontraram a hipertrofia muscular como adaptação crônica ao treinamento de força (KADI e THORNELL, 2000; YANG *et al.*, 2005; WILBORN *et al.*, 2008; SEDLIAK *et al.*, 2009; AKAGI *et al.*, 2009; DE FREITAS *et al.*, 2010; PETERSON *et al.*, 2010). A hipertrofia muscular também foi verificada no estudo de De Souza *et al.* (2010), que teve como objetivo comparar o efeito do treinamento de força, com diferentes intervalos entre as séries, na produção de força e na hipertrofia muscular do braço e da coxa. Os voluntários, 20 jovens treinados do sexo masculino, foram distribuídos em dois grupos, que realizaram o treinamento de força durante oito semanas, com frequência de seis sessões semanais. Em cada exercício foram executadas quatro séries de 8 a 10 repetições máximas. Em um dos grupos o intervalo entre as séries foi constante



durante todo o período de treinamento, sendo esse intervalo de 120 segundos. O outro grupo realizou o treinamento de força com intervalo decrescente entre as séries, sendo também de 120 segundos nas duas primeiras semanas, mas foi semanalmente reduzido até atingir 30 segundos na última semana de treinamento. Os resultados dos exames de ressonância magnética demonstraram que ambos os grupos hipertrofiaram os músculos do braço e da coxa. Não foram encontradas diferenças significativas nas hipertrofias musculares alcançadas pelos dois grupos de treinamento.

Resultados semelhantes foram encontrados no estudo de Hermassi *et al.* (2011). A amostra consistiu de 24 jogadores de Handebol, com idade de  $21 \pm 1,9$  anos e experiência prática na modalidade de  $8,6 \pm 1,3$  anos em média. Os voluntários foram distribuídos de maneira aleatória entre um grupo experimental e um grupo controle. O grupo treinamento treinou com intensidade de 80 a 95 % de 1RM, realizando 1 a 3 repetições por série e 3 a 6 séries de cada exercício, com intervalo de 3 a 4 minutos de descanso entre as séries. Após oito semanas, o grupo treinado apresentou um aumento significativo no volume muscular total da perna, coxa e membro superior. O pico de potência de membros superiores e inferiores, a altura do salto agachado e do salto contra movimento também aumentaram em relação ao grupo controle. Também ocorreram ganhos significativos em todos os tipos de arremesso, assim como na produção de força a partir do resultado dos testes de 1RM, para os membros superiores e inferiores.

Os achados do presente estudo reforçam a sugestão de Wilcock *et al.* (2009), que em uma meta-análise sobre o treinamento com adição de vibração mecânica, sugerem que é possível que o aumento na massa muscular no treinamento com vibrações seja uma das principais adaptações do treinamento com adição de vibração. Em um estudo clássico, Necking *et al.* (1996) observaram a centralização dos núcleos das fibras musculares do tipo I e tipo II das patas de ratos, expostos à vibração mecânica, com consequente aumento da AST. Da Silva *et al.* (2007) analisaram o efeito da adição de vibração de corpo inteiro (VCI) no treinamento de força para hipertrofia no gasto energético e na percepção de esforço durante e após o exercício. Os resultados apresentaram uma maior percepção de esforço, o que representa um estímulo mais intenso para os músculos treinados. Isso pode desencadear maiores adaptações morfológicas ao

treinamento de força. Estes autores sugerem a introdução de vibração mecânica nos treinamentos que visam hipertrofia muscular.

MACHADO et al. (2010) também obtiveram resultados positivos ao verificar o efeito da adição de vibração mecânica na hipertrofia muscular. Esses autores estudaram o efeito de 10 semanas de treinamento VCI sobre a massa muscular, força muscular, produção de potência e mobilidade de 26 mulheres idosas. O exame de tomografia computadorizada apontou um aumento significativo na área de secção transversa do músculo vasto medial (8,7%) e do músculo bíceps femoral (15,5%). O grupo controle não apresentou melhora em nenhuma das variáveis pesquisadas. Entretanto, o efeito do treinamento de força com adição de vibração na hipertrofia muscular não foi comparado com o treinamento convencional. Assim, não é possível afirmar se o aumento na AST do grupo treinado foi maior com a adição de vibração mecânica ao protocolo de treinamento, em comparação ao treinamento de força convencional.

Hugh et al. (2011) também encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo, após compararem o efeito de seis semanas de treinamento de força, com e sem aplicação de VCI, na produção de força no exercício agachamento e na composição corporal. A amostra foi dividida em três grupos. O grupo sem vibração (n=14) realizou três séries de 12 repetições do exercício agachamento, 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 serviu de controle. Após o período de treinamento, ambos os grupos de treinamento de força obtiveram um aumento significativo da massa magra corporal e da força máxima no agachamento (obtida a partir do teste de 1RM), em comparação ao grupo controle. Entretanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de treinamento, com e sem vibração, para os mesmos parâmetros. A análise dos métodos de treinamento deste estudo nos remete ao não aproveitamento do incremento na produção de força pela adição da vibração mecânica, pois neste estudo a sua aplicação não foi simultânea à contração muscular. Assim, as possíveis influências na composição corporal pela adição da vibração mecânica, podem não ter sido obtidas.

O sistema endócrino é fundamental para a remodelação tecidual, como adaptação ao treinamento de força. A concentração dos hormônios anabólicos, que aumentam a síntese de proteínas, como a Testosterona e o Hormônio do Crescimento (*growth hormone* - GH), é elevada de maneira aguda e crônica no treinamento de força. Os hormônios catabólicos, como o Cortisol, também aumentam sua concentração durante o treinamento, mas parece ter suas concentrações reduzidas em repouso, o que ocorre inicialmente pela elevada concentração dos hormônios anabólicos, que inibem a secreção dos hormônios catabólicos. O tipo de programa de treinamento, a predisposição genética, o gênero, o nível de aptidão física e o potencial para adaptação são fatores determinantes para as respostas hormonais aos exercícios de força (KVORNING *et al.* 2006; BURESH *et al.*, 2009; SCHOENFELD, 2010).

As concentrações plasmáticas de hormônios anabólicos e catabólicos são um importante parâmetro na adaptação morfológica no treinamento de força. Bosco *et al.* (2000) encontraram que na resposta aguda ao treinamento de força com adição de vibração de corpo inteiro, a concentração dos hormônios Testosterona e Hormônio do Crescimento (GH) é elevada, enquanto a concentração plasmática de cortisol é reduzida. Estes autores apontam que uma maior produção de hormônios anabólicos e uma menor de hormônios catabólicos, no treinamento com adição de vibração, podem gerar uma maior adaptação morfológica crônica no treinamento de força.

Kvorning *et al.* (2006) pesquisaram as respostas hormonais da VCI, VCI combinada com treinamento de força e do treinamento de força isolado. Nos resultados foram registrados aumentos 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.

No estudo de Silva (2009) foram investigadas a produção de Lactato e as secreções dos hormônios Cortisol e Testosterona, durante o treinamento de força com adição de vibração mecânica aplicada contra a resultante das forças musculares. Os resultados apresentaram um aumento significativo na testosterona

sérica, no cortisol e na concentração de lactato sérico, tanto no treinamento convencional, quanto no treinamento com adição de vibração mecânica. O treinamento com adição de vibração mecânica induziu um maior aumento na concentração do hormônio testosterona, em comparação ao treinamento convencional. Não foi encontrada uma diferença na concentração de cortisol entre os métodos de treinamento de força. O autor afirma que o treinamento com adição de vibração mecânica é uma alternativa viável e que permite submeter o músculo a um estímulo metabólico e hormonal maior, com os mesmos parâmetros de treinamento.

No estudo de Iodice *et al.* (2011) os 36 voluntários foram divididos em dois grupos. Um dos grupos treinou com adição de vibração localizada, enquanto o segundo realizou o treinamento de força convencional. Os resultados demonstraram que após a sessão de treinamento com adição de vibração, ocorreu uma maior concentração sanguínea dos hormônios testosterona e GH, além de maior concentração de Creatina Quinase, em comparação ao treinamento convencional. Após quatro semanas de treinamento, os resultados dos testes de força indicaram que o treinamento com adição de vibração gerou um maior aumento na produção de força dos membros inferiores. A diferença entre os grupos, em relação às concentrações hormonais e os testes de força, foi significativa. Os autores apontam que o treinamento de força com adição de vibração localizada apresenta um efeito benéfico no rendimento, em comparação com o treinamento convencional.

Alguns estudos não encontraram diferenças significativas na produção dos hormônios Testosterona (CARDINALE *et al.*, 2006, ERSKINE *et al.*, 2007), Cortisol (ERSKINE *et al.*, 2007) e GH (ALENTORN-GERLI *et al.*, 2009). Esses estudos sugerem que a aplicação de VCI não representa um estímulo significativo para o sistema endócrino. São escassos os estudos que compararam o efeito do treinamento com adição de vibração mecânica e o treinamento de força convencional, na resposta aguda e crônica do sistema endócrino.

Apesar das perspectivas positivas acerca da hipertrofia muscular, a partir dos resultados dos estudos sobre a resposta hormonal no treinamento com vibração, o presente estudo não encontrou diferença significativa na hipertrofia obtida pelos grupos de treinamento. É importante salientar que neste estudo não

foram obtidas as concentrações séricas dos hormônios envolvidos no processo da hipertrofia muscular. Portanto, em estudos futuros sobre o tema devem fazer parte dos objetivos e métodos, a coleta, a análise e a correlação das respostas hormonais no treinamento com adição de vibração mecânica, para hipertrofia muscular.

No presente trabalho, tal como na análise do desenvolvimento da força muscular, um dos fatores que pode não ter permitido uma maior hipertrofia muscular, com a adição da vibração mecânica ao treinamento de força, foi a elevada capacidade de adaptação da amostra. Uma vez que todos os indivíduos participantes eram não treinados e apresentavam inicialmente baixa adaptação morfológica muscular, os mesmos apresentavam elevada capacidade de adaptação, ou seja, elevada treinabilidade. Portanto a adição de vibração não representou um estímulo maior no treinamento de força. Ainda, o protocolo de aplicação de vibração com frequência de 30 Hz e amplitude de 6 mm pode não ter gerado uma maior hipertrofia muscular, mas talvez outros parâmetros podem gerar este efeito. Novos estudos sobre o tema devem ser realizados, principalmente com indivíduos treinados, para verificar se a adição de vibração mecânica localizada no treinamento de força representa um estímulo diferenciado e potencializador do rendimento.

Não foram encontrados estudos que comparassem a hipertrofia muscular gerada pelo treinamento de força com adição de vibração mecânica localizada, com o mesmo efeito gerado pelo treinamento convencional. Assim, a discussão dos resultados do presente estudo é prejudicada.

## 6 CONCLUSÃO

O treinamento de força com adição de vibrações mecânicas localizadas, não resultou em uma maior hipertrofia dos músculos flexores do cotovelo, comparado à hipertrofia muscular gerada pelo treinamento de força sem adição de vibrações mecânicas. Ainda, o treinamento de força com adição de vibrações mecânicas localizadas não resultou em maior desenvolvimento da força muscular dos músculos flexores do cotovelo, em comparação com o treinamento sem adição de vibrações. Assim, possivelmente, a adição de vibração não gerou um estímulo maior do que o gerado pelo treinamento de força sem adição de vibração.

A não identificação de maiores adaptações ao treinamento de força, esperadas para o grupo com vibração, pode ter ocorrido pela elevada capacidade de adaptação da amostra. Ainda, os parâmetros de vibração utilizados, frequência de 30 Hz e amplitude de 6 mm, podem não ter gerado um maior estímulo ao desenvolvimento da força e da hipertrofia muscular. A realização de contrações dinâmicas no treinamento de força pode também justificar a ausência de maiores adaptações ao treinamento de força, esperadas para o grupo com vibração.

Pesquisas acerca do efeito da adição de vibração mecânica na hipertrofia muscular, principalmente quando a adição de vibração é direcionada a um segmento corporal, são escassas. Essa escassez de pesquisas sobre o tema dificulta a discussão dos resultados. Assim, é evidente que são necessárias novas pesquisas sobre o efeito da adição de vibrações na hipertrofia muscular, com a utilização de outros parâmetros de vibração e indivíduos adaptados ao treinamento de força. Também deve ser investigado o efeito da adição de vibração no treinamento de força com ações isométricas.

## REFERÊNCIAS

ABE, T. *et al.* Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 81, n. 3, p. 174-180, 2000.

AHTIAINEN, J. P. *et al.* Short vs. long rest period between the sets in hypertrophic resistance training: Influence on muscle strength, size, and hormonal adaptations in trained men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n.4, p.572-582, 2005.

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

AKAGI, R. *et al.* Relationships between muscle strength and indices of 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.

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

ANTONIO J. Nonuniform response of skeletal muscle to heavy resistance training. Can bodybuilders induce regional muscle hypertrophy? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 14, p.102-103, 2000.

ARMSTRONG, W.J.; GRINNEL P.; WARREN, G.S. The acute effect of Whole-Body Vibration on the Vertical Jump Height. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2835-2839, 2010.

BAWA, P. Neural control of motor output: Can training change it? **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 30, n. 2, p. 59-63, 2002.

BEDIENT, A.M. *et al.* Displacement and frequency for maximizing power output resulting from a bout of whole-body vibration. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 465-474, 2009.

BEN-SIRA, D.; AYALON, A.; TAVI, M. The effect of different types of strength training on concentric strength in women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 9, n.3, p.143-148, 1995.

BEMBEN M.G. Use of diagnostic ultrasound for assessing muscle size. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, n.1, p.103–108, 2002.

BIRD S. Strength Nutrition: Maximizing Your Anabolic Potential. **Strength and Conditioning Journal**, v.32, n. 4, p.80-86, 2010.

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

BRECHUE, W.F.; MAYHEW, J.L. Upper-body work capacity and 1RM prediction are unaltered by increasing muscular strength in college football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n.9, p.2477-2486, 2009.

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

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.

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.

CARDINALE M. *et al.* Hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in elderly individuals. **British Journal of Sports Medicine**, v.44, p. 284-288, 2010.

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



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

CHESTNUT, J. L.; DOCHERTY, D. The Effects of 4 and 10 Repetition Maximum Weight-Training Protocols on Neuromuscular Adaptations in Untrained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, n.4, p. 353–359, 1999.

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

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 FREITAS J. M. *et al.* A comparison of techniques for estimating Training-induced changes in muscle cross-sectional area. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2383–2389, 2010.

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. 24, n. 7, p. 1843–1850, 2010.

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

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.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J.; EVANS, W. J. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. **Exercise and Sports Science Review**, v.24, p.363-397, 1996.

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.

HALE, B.D. *et al.* Exercise dependence and the drive for muscularity in male bodybuilders, power lifters and fitness lifters. **Body Image**, v.7, p. 234-239, 2010.

HAMMETT, J.B.; HEY, W.T. Neuromuscular adaptation to short-term (4 weeks) ballistic training in trained high school athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 3, p. 556-560, 2003.

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.

HENNESSY, L.C.; WATSON, A.W.S. The interference effects of training of strength and endurance simultaneously. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v 8, n.1, p.12-19, 1994.

HERDA, T. J. ; RYAN, E. D.; SMITH, A. E.; WALTER, A. A.; BEMBEN, M. G.; STOUT, J. R.; CRAMER, J. T. Acute effects of passive stretching vs vibration on the neuromuscular function of the plantar flexors. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 1, p. 1-11, 2008.

HERMASSI, S. *et al.* Effects 8- Week in- Season Upper and Lower Limb Heavy Resistance Training on The peak Power, Throwing Velocity, and Sprint Performance of Elite Male Handball Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n.9, p. 2424-2423, 2011.

HERRERO, A.J. *et al.* Short-term effect of strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance. A randomized controlled trial. Part I. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n.6, p. 1609-1615, 2010.

HICKSON, R. C.; HIDAKA, K.; FOSTER, C. Skeletal muscle fiber type, resistance training and strength related performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, n.26, p.593-598, 1994.

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.

HUNTER,G.R., McCARTHY J.P.,BAMMAN M.M.; Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, v.34, n. 5, p. 329-348, 2004.

HUMPHRIES, B. *et al.* The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 3, p.16-22, 2004.

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.; TENENBAUM, G. Acute and residual effects of vibration stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. **Journal of Sports Science and Medicine**, 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.

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.

KASAI, T.; KAWANISHI, M. e YAHAGI, S. The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements. **Experimental Brain Research**, v.90, p. 217-220, 1992.

KIDGELL, D.J. *et al.* Neurophysiological responses after short term strength training of the biceps brachii muscle. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 11, p. 3123-3132, 2010.

KIM, E. *et al.* Effects of 4 weeks of traditional resistance training vs. superslow strength training on early phase adaptations in strength, flexibility, and aerobic capacity in college-aged women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3006-3013, 2011.

KOMI, P. V. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. **International Journal of Sports Medicine**, v.7, p.10-15, 1986.

KRAEMER, W.J., RATAMESS, N.A. Respostas endócrinas e adaptações ao treinamento de força e potência. In: KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006. 536 p.

KRIEGER J.W. Single 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 adding whole body vibration to squat training on isometric force/time characteristics. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n.1, p.171–183, 2010.

LUO, J.; MCNAMARA, B.; MORAN, K. The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. **Sports Medicine**, 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.

LUO, J. *et al.* Influence of resistance load on neuromuscular response to vibration training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n. 2, p. 420-426, 2009.

MACHADO A., J. GONZALEZ-GALLEGO J. E 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.

MACKEY, A.L. *et al.* Enhanced satellite cell proliferation with resistance training in elderly men and women. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v.17, p.34-42, 2007.

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.

MAIOR, A; ALVES, A. A contribuição dos fatores neurais em fases iniciais do treinamento de força muscular: uma revisão bibliográfica. **Motriz: Revista de Educação Física (Online)**, v.9, n.3, p.161-168, 2003.

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. Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. **European Journal of Applied Physiology**, v. 75, p. 504-511, 1997.

MATTA, T. *et al.* Strength training's chronic effects on muscle architecture parameters of different arm sites. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 6, p. 1711–1717, 2011.

MCBRIDE, J.M.; PORCARI, J.P.; SCHEUNKE, M.D. Effect of vibration during fatiguing resistance exercise on subsequent muscle activity during maximal voluntary isometric contractions. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 14, p. 777-781, 2004.

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

NECKING L.E. *et al.* Skeletal muscle changes after short term vibration. **Journal of Plastic Surgery and Hand Surgery**, v.30, p. 99–103. 1996.

O'BRYANT, H S.; BYRD, R.; STONE, M. H. Cycle ergometer performance and maximum leg and hip strength adaptations to two different methods of weight – training. **Journal of Applied Science Research**, v.2, p.27-30, 1988.

PETERSON M. D. *et al.* The contribution of volume load variation on strength and hypertrophy during unilateral resistance training in the elbow flexors. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 142–153, 2010.

PIZZIGALLI, L. *et al.* Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n. 0, p. 1-8, 2010.

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

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

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

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

ROMAIGUERE, P. *et al.* Differential activation of motor units in the wrist extensor muscles during the tonic vibration reflex in man. *Journal of Physiology (London)*, v. 444, p. 645-667, 1991.

RUNGE, M. *et al.* Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance? A comparison of muscle cross section, chair-rising test and jumping power. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 24, p. 335–340, 2004.

SAKATA, T. *et al.* Preliminary experiments on mechanical stretch-induced activation of skeletal muscle satellite cells in vivo. **Animal Science Journal**, v. 77, p. 518-525, 2006.

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.

SEDLIAK, M. *et al.* Effect Of Time-Of-Day-Specific strength training on Muscular Hypertrophy In Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 9, p. 2451–2457, 2009.

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. **The 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. *et al.* 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.

SIMÃO R. *et al.* The Influence of Strength, Flexibility, and Simultaneous Training on Flexibility and Strength Gains. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n. 5, p. 1333–1338, 2011.

SPARKES, R.; BEHM, D.G. Training adaptations associated with an 8-weeks instability resistance training program with recreationally active individuals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1931-1941, 2010.

SZYMANSKI, D.J. *et al.* Effect of 12 weeks of wrist and forearm training on high school baseball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 432–440, 2004.

TAKARADA Y. e ISHII N. Effects of low-intensity resistance exercise with short interser rest period on muscular function in middle-aged women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 16, n. 1, p. 123–128, 2002.

TAKATA, *et al.* Quantitative evaluation of tonic vibration reflex (TVR) in the masseter muscle. **Journal of Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 54, p. 1307-1313, 1996.

TAYLOR, J.I. **the vibration analysis handbook**. New York: VCI, 2003. 373 p.

VIERCK, J. *et al.* Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. **Cell Biology International**, v. 24, n. 5, p. 263-272, 2000.

VOLEK, J S. Influence of nutrition on responses to resistance training. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, v. 01, n. 11, p. 689-696, 2004.

WALTER, A. *et al.* Effects of resistance training volume and whey protein supplementation on lower-body strength and muscle cross-sectional area. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2451–2460, 2010.

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.

WILLARDSON, J.M. A Brief Review: How Much Rest between Sets? **Journal Strength and Conditioning Association**, v.3, n. 30, p.110-118, 2008.

WINCHESTER, J.B. *et al.* Eight weeks of ballistic exercise improves power independently of changes in strength and muscle fiber type expression. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1728-1734, 2008.

YANG Y. *et al.* Time course of myogenic and metabolic gene expression in response to acute exercise in human skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, p. 1745–1752, 2005.



## ANEXOS

### Anexo A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)

#### Termo de consentimento livre e esclarecido

(Em 2 vias, firmado por cada participante-voluntári(o,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 196/96-IV, do Conselho Nacional de Saúde)

Eu, ....., tendo sido convidado a participar como voluntário do estudo “EFEITO DA APLICAÇÃO DE VIBRAÇÃO MECÂNICA DURANTE O TREINAMENTO DE FORÇA SOBRE A HIPERTROFIA MUSCULAR”, recebi de Leszek A. Szmuchrowski, do LAC / CENESP / UFMG, responsável por sua execução, as seguintes informações que me fizeram entender sem dificuldades e sem dúvidas os seguintes aspectos:

☐ ☐ Que o estudo se destina a verificar as respostas musculares à aplicação de vibrações mecânicas.

☐ ☐ Que a importância deste estudo é a de desenvolver novos métodos de treinamento de força.

☐ ☐ Que os resultados que se desejam alcançar são os seguintes: medir a hipertrofia muscular após um período de 12 semanas de treinamento, junto à a atividade neuromuscular e a força muscular, mediante a aplicação de vibração mecânica.

☐ ☐ Que esse estudo terá a duração de 104 dias.

☐ ☐ Que o estudo será realizado da seguinte maneira: primeiro participarei de um processo de familiarização com o equipamento e exercício, depois realizarei o exame de ressonância magnética, para determinação da área de secção transversa do músculo bíceps braquial, e posteriormente os testes de força máxima de 1RM e CVM, sem a adição de vibração. Em seguida participarei de um programa de treinamento de força de doze semanas. Ao final do estudo será realizada uma reavaliação da minha área de secção transversa muscular e minha força muscular, com os mesmos procedimentos anteriores ao treinamento.

☐ ☐ Que os outros meios conhecidos para se obter os mesmos resultados são as seguintes: realizar o estudo com animais, o que não significaria que seriam obtidos resultados semelhantes em humanos.

☐ ☐ Que os incômodos que poderei sentir com a minha participação são os seguintes: alguma dor muscular tardia devido à atividade física, sendo este efeito comum aos treinamentos de força e não será necessário o uso de medicamentos. Se eu me julgar incapaz de realizar o exercício 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 músculo-esqueléticas, 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 ajudem, inclusive, na manutenção da força muscular em idosos.

☐ ☐ 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, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.

☐ ☐ Que eu deverei ser indenizado por qualquer despesa que venha a ter com a minha participação nesse estudo e, também, por todos os danos que venha a sofrer pela mesma razão, sendo que, para essas despesas, foi-me garantida a existência de recursos.

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 implicam, concordo em dele participar e, para isso, eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

**Endereço d(o,a) participante-voluntári(o,a)**

Domicílio:

Bairro: CEP:  
Cidade: Telefone:  
Ponto de referência:

**Contato de urgência:**

Domicílio:

Bairro: CEP:  
Cidade: Telefone:  
Ponto de referência:

**Endereço dos responsáveis 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: 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 d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável legal - Rubricar as demais folhas)	Nome e Assinatura do(s) responsável(eis) pelo estudo (Rubricar as demais páginas)
--	---