

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas**

**Fabiana Angélica de Paula**

**EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO  
SOBRE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS, HORMONAL E EM  
BIOMARCADORES OXIDATIVOS DE IDOSOS SARCOPÊNICOS: ENSAIO  
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

**Diamantina**

**2021**

**Fabiana Angélica de Paula**

**EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO  
SOBRE PARÂMETROS HEMODINAMICOS, HORMONAL E EM  
BIOMARCADORES OXIDATIVOS DE IDOSOS SARCOPÊNICOS: ENSAIO  
CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Amaral Mendonça

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cristina Rodrigues Lacerda

**Diamantina**

**2021**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

P324 Paula, Fabiana Angelica de  
2021 EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO  
SOBRE PARÂMETROS HEMODINÂMICOS, HORMONAL E EM BIOMARCADORES  
OXIDATIVOS DE IDOSOS SARCOPÊNICOS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO E  
RANDOMIZADO [manuscrito] / Fabiana Angelica de Paula. --  
Diamantina, 2021.  
114 p.

Orientador: Prof. Vanessa Amaral Mendonça .  
Coorientador: Prof. Ana Cristina Rodrigues Lacerda.

Tese (Doutorado Multicêntrico em Ciências Fisiológicas) --  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri,  
Programa de Pós-Graduação em Multicêntrico em Ciências  
Fisiológicas, Diamantina, 2021.

1. Sarcopenia no idoso - definição - epidemiologia -  
agravos - à saúde. 2. Diagnóstico - classificação operacional  
- sarcopenia - desempenho funcional. 3. Fisiopatologia -  
sarcopenia. 4. Tratamento - prevenção - sarcopenia no idoso.  
5. Vibração de Corpo Inteiro. I. Mendonça , Vanessa Amaral.  
II. Lacerda, Ana Cristina Rodrigues. III. Universidade Federal  
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz / CRB6-2886  
Técnico em T.I. Thales Francisco Mota Carvalho

FABIANA ANGÉLICA DE PAULA

**EFEITOS IMEDIATOS DO EXERCÍCIO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO SOBRE PARÂMETROS HEMODINAMICOS, HORMONAL E EM BIOMARCADORES OXIDATIVOS DE IDOSOS SARCOPÊNICOS: ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO E RANDOMIZADO**

Tese apresentada ao DOUTORADO EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS, nível de DOUTORADO como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTORA EM CIÊNCIAS FISIOLÓGICAS

Orientador (a): Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Amaral Mendonça

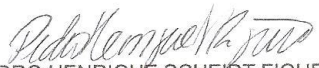
Data da aprovação : 30/04/2021

  
Prof.Dr.<sup>a</sup> VANESSA AMARAL MENDONÇA - UFVJM

  
Prof.Dr. MARCO FABRICIO DIAS PEIXOTO - UFVJM

  
Prof.Dr.<sup>a</sup> NÚBIA CARELLI PEREIRA DE AVELAR - UFSC

  
Prof.Dr.<sup>a</sup> LEANI SOUZA MÁXIMO PEREIRA - UFMG

  
Prof.Dr. PEDRO HENRIQUE SCHEIDT FIGUEIREDO - UFVJM

DIAMANTINA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter abençoado o meu caminho até aqui. Ao Divino Espírito Santo por iluminar minha inteligência e fortalecer a minha fé para superar todos os obstáculos e pela força, ânimo e coragem para trilhar cada novo caminho que surge em minha vida.

Aos meus pais, Jacinta e Wellington, por assumirem o dom da criação e do amor incondicional e por serem os alicerces da minha vida. Sem vocês essa conquista não teria sido possível.

Ao meu amor, Wilton, que foi colocado por Deus em meu caminho bem no início do processo seletivo para o doutorado. Uma frase escrita em meu caderno de estudo ficou marcada, “*estou com você e tudo dará certo*”, deu tão certo que nos casamos e hoje essa conquista não teria significado sem você ao meu lado. Essa vitória é nossa, te amo!!

Aos meus irmãos, Juliano, Wesley e Fabrício, por sempre acreditarem, apoiarem e zelarem por mim. E acima de tudo, à minha cunhada Liliane, professora e pesquisadora, grande incentivadora e entusiasta dessa conquista que faz dos nossos sonhos os seus.

À minha cunhada Rita, zelosa, sempre presente nesta trajetória. À minha cunhada Elinara, aos meus queridos e amados sobrinhos Matheus Henrique, João Vítor, Maria Eduarda, Helena, Henrique e Felipe, bênçãos em minha vida.

Aos meus sogros e cunhados pela acolhida, pelo incentivo e consideração.

Aos demais familiares e amigos, obrigada pelas orações e palavras de carinho e incentivo.

À Profa. Dra. Delba Fonseca Santos, pelo apoio e por sempre querer mostrar o melhor caminho.

À minha orientadora, Profa. Dra. Vanessa Amaral Mendonça, por acreditar na minha capacidade abrindo as portas, me recebendo com carinho e me orientando como só os grandes mestres sabem fazer. Obrigada pelos conhecimentos, dedicação, postura ética e, acima de tudo, pela atenção e confiança para com os meus ideais.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Ana Cristina Rodrigues Lacerda, pela parceria, dedicação e disponibilidade de sempre. Obrigada pelos conhecimentos, postura ética e o otimismo. Vamos que vamos!!!

À Vanessa Kelly Silva Lage, uma pesquisadora nata. Nos tornamos inseparáveis ao longo da coleta e análise de dados, trabalho duro, que foi minimizado pela amizade, generosidade, compartilhamento de conhecimento e muito aprendizado. Serei eternamente grata pela nossa amizade e tudo o que você me proporcionou e ensinou.

Ao Guilherme Silva, pela dedicação e compromisso para o cumprimento da trabalhosa etapa de coleta de dados. Gratidão sempre!!

Aos amigos do Laboratório de Inflamação e Metabolismo (LIM), em especial, Liliana Lima, Joyce Noelly Santos, Hellen Almeida, Amanda Fernandes, Jaqueline Freitas e Paulo Ferreira, sempre disponíveis em contribuir e generosos em compartilhar seus conhecimentos. Um time de peso. Gratidão!!

À Mariana Aguiar de Matos pelo valioso auxílio na construção desse trabalho.

Às alunas de iniciação científica Daniela Castro, Camila Paixão, Ana Luiza Rodrigues, Anna Gabrielle Pinto, pela dedicação, empenho e competência para com a pesquisa. Aos discentes do curso de enfermagem, André Freire Rocha, Jaqueline Gonçala Miranda e do curso de fisioterapia, Jeferson Rocha e Eduarda Leite pelo compromisso, técnica e disponibilidade.

Aos amigos do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX) pelas trocas nas reuniões científicas e em especial, Jousielle Santos e Vanessa Ribeiro, no auxílio à construção desse trabalho.

Aos colegas e professores da pós-graduação, pela convivência, pela ajuda mútua e por tudo que vivemos e aprendemos juntos.

Aos técnicos – administrativos, Carol, Fidélis, Marcelo e a funcionária Magda do Centro Integrado de Pesquisa e Pós-graduação (CIPq – Saúde).

Ao Programa de Pós-Graduação Multicêntrico em Ciências Fisiológicas, sob a coordenação do Prof. Dr. Daniel Vilella, dando-me a oportunidade de compartilhar a construção de conhecimentos com uma comunidade acadêmica altamente qualificada.

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFVJM.

Aos colegas e amigos professores e técnicos – administrativos do Departamento de Enfermagem da UFVJM, pela oportunidade de iniciar e terminar este tão almejado curso de doutorado.

Ao laboratório Oswaldo Cruz pela parceria na realização das análises laboratoriais.

Às agências de fomento, FAPEMIG, CNPq e CAPES.

À banca examinadora, por aceitar o convite e colaborar para o crescimento deste trabalho.

E para que todos esses agradecimentos fossem possíveis, agradeço eternamente aos participantes pela confiança, disponibilidade e comprometimento com a pesquisa. Vocês foram fundamentais para essa conquista. Obrigada pelas amizades construídas e pelos ensinamentos e experiências compartilhados.

## RESUMO

A sarcopenia é um distúrbio muscular esquelético progressivo e generalizado que está associado ao aumento da probabilidade de eventos adversos incluindo quedas, fraturas, deficiência física e mortalidade. O exercício de vibração de corpo inteiro (VCI) foi recentemente introduzido como uma estratégia terapêutica não farmacológica para idosos sarcopênicos. Entretanto, até onde se sabe, o efeito imediato do exercício de VCI na modulação dos parâmetros hemodinâmicos, hormonal e de biomarcadores oxidativos em idosos com sarcopenia ainda não foi investigado. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do exercício de VCI sobre parâmetros hemodinâmicos, hormonal e biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos. Participaram do estudo quarenta e quatro idosos, não sarcopênicos (GNS=22) e sarcopênicos (GS =22) que foram randomizados de forma cruzada em dois grupos. Um grupo intervenção (agachamento com VCI), que recebeu o estímulo agudo de VCI e um grupo controle (agachamento sem VCI) que não recebeu a intervenção. As variáveis avaliadas na linha de base, durante e após as sessões em ambos os grupos foram frequência cardíaca (FC), FC pico, duplo-produto (DP), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM) e percepção subjetiva de esforço (PSE). As variáveis, avaliadas na linha de base e após a sessão aguda em ambos os grupos, foram concentrações séricas de cortisol, atividade dos biomarcadores oxidativos superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), e concentrações dos ácido tiobarbitúrio (TBARS) e do poder antioxidante de redução do ferro (FRAP). As variáveis foram apresentadas em média e intervalo de confiança a 95%. Para a comparação entre os grupos na linha de base foi realizado o Teste t-independente (variáveis com distribuição paramétricas) ou Teste de Mann-Whitney (distribuição não paramétricas). Análise multivariada para identificação do efeito e interação foi realizada através da Anova two-way medidas repetidas com post-hoc de Bonferroni. Para a comparação dos deltas entre as intervenções e os grupos foi realizado o teste Anova two-way com post hoc de Bonferroni. O nível de significância adotado foi de 5%. Os resultados dos parâmetros hemodinâmicos demonstraram que as variáveis FC, FC pico, DP, PAM e PSE foram semelhantes na linha de base entre os grupos. A adição de VCI promoveu em ambos grupos uma variação significativamente maior da FC ( $p < 0,003$ ), da FC pico ( $p < 0,000$ ) e do DP ( $p < 0,00$ ) quando comparado ao exercício de agachamento sem VCI. Contudo, no GNS houve um discreto aumento significativo da PAM ( $p < 0,03$ ) durante e imediatamente após o exercício de vibração. Não houve diferenças para a



PAS, PAD e PSE para ambos grupos nas situações de exercício de agachamento com e sem VCI. Com relação aos parâmetros hormonal e biomarcadores oxidativos, houve diferença entre os grupos na linha de base. Assim, o GS apresentou maiores concentrações de cortisol sérico ( $p=0,0384$ ) e valores reduzidos das enzimas antioxidantes SOD ( $p<0,0001$ ) e CAT ( $p=0,0003$ ) quando comparado ao GNS. No entanto, no GS houve uma redução significativamente maior nos níveis de cortisol sérico após o exercício de agachamento sem VCI ( $p<0,03$ ), quando comparado ao exercício com vibração. A adição da VCI não promoveu diferenças entre os grupos para os biomarcadores oxidativos. Assim, concluímos que embora os efeitos imediatos do exercício VCI sejam seguros em termos hemodinâmicos, não alcançou o percentual mínimo da FC máxima para prescrição de exercício físico visando resistência cardiorrespiratória (64% da FC máxima prevista para a idade) na população estudada. Em adição, os parâmetros adotados foram insuficientes para modificar as concentrações sanguíneas de cortisol e dos biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos.

**Palavras-chave:** Sarcopenia. Exercício físico. Estresse oxidativo. Frequência cardíaca. Cortisol.

## ABSTRACT

Sarcopenia is a progressive and widespread disease of skeletal muscle that is associated with a greater likelihood of adverse outcomes, including falls, fractures, physical disability, mortality. The whole-body vibration exercise (WBV) was recently introduced as a non-pharmacological therapeutic strategy for sarcopenic older people. However, as far as is known, the immediate effect of WBV exercise on the modulation of hemodynamic and hormonal parameters and oxidative biomarkers in older people with sarcopenia has not yet been investigated. Forty-four older people, non-sarcopenic (NSG= 22) and sarcopenic (SG= 22) participated in the study and were cross-randomized into two groups. An intervention group (squatting with WBV), which received the acute stimulus from WBV and a control group (squatting without WBV), which did not receive the intervention. Variables assessed at baseline, during and after the acute session in both groups were heart rate (HR), peak HR, double-product (DP), Systolic Blood Pressure (SBP), Diastolic Blood Pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP) and subjective perceived exertion (SPE). The variables, assessed at baseline and after the acute session in both groups, were serum concentrations of cortisol, the activity of oxidative biomarkers, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), and concentrations of thiobarbituric acid (TBARS) and power iron-reducing antioxidant (FRAP). The variables were presented as means and 95% confidence intervals. The t-independent test (parametric variables) or the Mann-Whitney test (non-parametric variables) were used to compare the groups at the baseline. Multivariate analysis to identify the effect and interaction through ANOVA two-way repeated measures with post hoc Bonferroni test. To compare the deltas between the interventions and the groups, the two-way ANOVA test was performed with a post hoc Bonferroni test. The level of significance adopted was 5%. The results of hemodynamic parameters showed that the variables HR, HR peak, DP, MAP, and SPE were similar at baseline between groups. The addition of WBV in both groups promoted a significantly greater variation in HR ( $p < 0.003$ ), HR peak ( $p < 0.000$ ), and DP ( $p < 0.00$ ) when compared to the squat exercise without WBV. However, in the SNG there was a slight significant increase in MAP ( $p < 0.03$ ) during and immediately after the vibration exercise. There were no differences for SBP, DBP, and SPE for both groups in the squat exercise situations with and without WBV. Regarding hormonal parameters and oxidative biomarkers, there was a difference between groups at baseline. Thus, SG had higher serum cortisol concentrations ( $p=0.0384$ ) and reduced values of antioxidant enzymes SOD ( $p<0.0001$ ) and

CAT ( $p=0.0003$ ) when compared to NSG. However, in SG there was a significantly greater reduction in serum cortisol levels after squat exercise without WBV ( $p<0.03$ ) when compared to exercise with vibration. The addition of WBV did not promote differences between groups for oxidative biomarkers. Thus, we conclude that although the immediate effects of WBV exercise are safe in hemodynamic terms, it did not reach the minimum percentage of maximum HR for prescription of physical exercise aiming at cardiorespiratory resistance (64% of the maximum HR predicted for age) in the studied population. In addition, the parameters adopted were insufficient to modify the blood concentrations of cortisol and oxidative biomarkers in older people sarcopenic.

**Keywords:** Sarcopenia. Physical exercise. Oxidative stress. Heart rate . Cortisol.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Definição operacional da sarcopenia .....	21
Figura 1 - Parâmetros da oscilação sinusoidal .....	29
Figura 2 - Representação dos tipos de ondas produzidas por plataformas vibratórias .....	30
Figura 3 - Mecanismos relacionados com o reflexo tônico vibratório.....	31
Figura 4 - Linha do tempo dos procedimentos experimentais do estudo .....	41
Figura 5 - Fluxograma do estudo.....	50
Figura 6 - Respostas imediatas hemodinâmicas e hormonal nas situações com e sem VCI nos grupos não -sarcopenicos e sarcopênicos (n=44) .....	53
Figura 7 - Respostas imediatas dos biomarcadores oxidativos nas situações com e sem VCI nos grupos não -sarcopenicos e sarcopênicos (n=44) .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características antropométricas e clínicas dos participantes na linha de base do estudo (n=44) .....	51
Tabela 2 - Comparações entre os testes físicos e funcionais dos grupos não-sarcopênico e sarcopênico na linha de base do estudo (n=44) .....	52
Tabela 3 - Comparação (delta) dos parâmetros hemodinâmicos e hormonal entre o repouso e após as situações vibração e controle nos grupos não-sarcopênico e sarcopênico (n=44) .....	55
Tabela 4 - Comparação (delta) dos biomarcadores oxidativos entre o repouso e após as situações vibração e controle nos grupos não-sarcopênico e sarcopênico (n=44) .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALM - Massa muscular apendicular

ANSM - Atividade nervosa simpática muscular

ASHT - *American Society of Hand Therapists*

AVE - Acidente vascular encefálico

BIA - Impedância bioelétrica

CAT – Catalase

CONSORT - *Consolidated Standards of Reporting Trials*

DEXA - Absorciometria de raios X de dupla energia

DHEA - Sulfato dehidroepiandrosterona (DHEA)

DM2 - *Diabetes mellitus tipo 2*

DP - Duplo-produto

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

DTPA - Ácido dietilenotriaminopentacético

ERONs - Espécies reativas ao oxigênio e nitrogênio

ESF - Estratégias Saúde da Família

EWGSOP - *European Working Group on Sarcopenia in Older People*

FC - Frequência Cardíaca

FCmáx. - Frequência cardíaca máxima

FPM - Força de prensão manual

FRAP - Poder antioxidante de redução do ferro

GH - Hormônio de crescimento

GNS – Grupo Não -sarcopênico

GS – Grupo sarcopênicos

HAS - Hipertensão arterial sistêmica

HPA - Eixo hipotálamo-hipófise-adrenal

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGF-1 - Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1

IL-1 - Interleucina-1

IL-6 - Interleucina-6

IMC - Índice de Massa Corporal

LAFIEX - Laboratório de Fisiologia do exercício

LIM - Laboratório de Inflamação e Metabolismo

MDA – Malondialdeído

MMA - Massa muscular apendicular

MEEM - Mini Exame Estado Mental

MMII - Membros inferiores

mtDNA - DNA mitocondrial

NF-kB - Fator nuclear kappa B

PA - Pressão arterial

PAD - Pressão arterial diastólica

PAM - Pressão arterial média

PAS - Pressão arterial sistólica

PSE - Percepção subjetiva de esforço

RM - Ressonância magnética

RSMI - Índice relativo de massa muscular esquelética

SOD - Superóxido dismutase

SPPB - *Short Physical Performance Battery*

TBARS - Ácido tiobarbitúrio

TC - Tomografia computadorizada

TNF- $\alpha$  - Fator de necrose tumoral alfa

TSL5 - Teste de sentar e levantar de uma cadeira por cinco vezes

UFVJM - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

VCI - Vibração de Corpo Inteiro

VM - Velocidade de marcha

VO<sub>2</sub> máx. - volume de oxigênio (O<sub>2</sub>) máximo

## SUMÁRIO

<b>1 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Sarcopenia no idoso: definição, epidemiologia e agravos à saúde .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Diagnóstico, classificação operacional da sarcopenia e desempenho funcional.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3 Fisiopatologia da sarcopenia .....</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Tratamento e prevenção da sarcopenia no idoso.....</b>	<b>26</b>
<b>1.5 Vibração de Corpo Inteiro.....</b>	<b>28</b>
<b>1.6 Efeitos agudos da vibração de corpo inteiro na sarcopenia .....</b>	<b>32</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Objetivos.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.1 Objetivo geral.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2 Hipóteses do estudo .....</b>	<b>38</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Desenho do estudo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Aspectos Éticos.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 População e amostra.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4 Critérios de inclusão .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5 Critérios de exclusão .....</b>	<b>40</b>
<b>3.6 Procedimentos.....</b>	<b>40</b>
<b>3.6.1 Etapas do estudo .....</b>	<b>41</b>
<b>3.6.3 Avaliações .....</b>	<b>44</b>
<b>3.7 Análise Estatística.....</b>	<b>49</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>



<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>97</b>
<b>Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para sujeitos com Sarcopenia .....</b>	<b>97</b>
<b>Apêndice 2 - Questionário sócio demográfico e dados clínicos de saúde.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo I - Parecer Consubstanciado do CEP.....</b>	<b>104</b>
<b>Anexo II - Protocolo dos procedimentos .....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo III - SPPB .....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo IV - Escala Modificada de Percepção de Esforço de Borg.....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo V- Avaliação do Estado Cognitivo (Mini-Exame do Estado Mental) MEEM.....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo VI - Produtos .....</b>	<b>114</b>

## 1 REVISÃO DE LITERATURA

A sarcopenia é uma doença progressiva e generalizada do músculo esquelético com Código de Diagnóstico CID-10, que está associada a uma maior probabilidade de eventos adversos, incluindo quedas, fraturas, deficiência física e morte (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019), assim como maiores custos de saúde (NORMAN *et al.*, 2019). A incidência de sarcopenia aumenta com a idade (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019) e sua prevalência depende do ambiente no qual o indivíduo está inserido (CHURILOV *et al.*, 2019; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2014). Por exemplo, 33% da população idosa na comunidade (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2014) e 68% dos indivíduos que vivem em instituições de acolhimento (BEAUDART *et al.*, 2017).

A patogênese da sarcopenia é multifatorial. Alguns mecanismos estão implicados na fisiopatologia, como a desregulação neuroendócrina, principalmente, pela desregulação da secreção do cortisol (LOURENÇO, 2008). Além disso, a disfunção mitocondrial, devido à inflamação sistêmica de baixo grau, resulta na incapacidade de se adaptar ao desbalanço redox, contribuindo para o declínio na massa muscular e função física. Diante do exposto, as evidências científicas têm sugerido que a disfunção bioenergética mitocondrial, via geração de espécies reativas ao oxigênio e nitrogênio (ERONs), pode ter papel relevante no processo de degeneração neuromuscular, com consequente perda de fibras e função muscular associadas ao processo de envelhecimento (FULLE *et al.*, 2004; JANG *et al.*, 2010).

Não existe um único marcador biológico que rastreie de forma confiável a sarcopenia (CALVANI *et al.*, 2015). Estudos apontam alguns possíveis biomarcadores relacionados à resposta hormonal (sulfato dehidroepiandrosterona (DHEA), cortisol) (VOZNESENSKY *et al.*, 2009; ARAUJO *et al.*, 2008; WATERS *et al.*, 2008) e a produtos de dano oxidativo (produtos finais de glicação avançada *carbonyls* proteicos e lipoproteínas oxidadas de baixa densidade) (SEMBA *et al.*, 2007; CESARI *et al.*, 2005), ou antioxidantes (carotenoides e  $\alpha$ -tocopherol) (SEMBA *et al.*, 2003; ALIPANAH *et al.*, 2009). Além disso, a sarcopenia pode ser considerada uma das causas mais importantes de baixo desempenho físico e redução da aptidão cardiorrespiratória em pacientes idosos, principalmente aqueles frágeis (CURCIO *et al.*, 2020; CALVANI *et al.*, 2015; LIGUORI *et al.*, 2018). ). O consumo de volume de oxigênio (O<sub>2</sub>) máximo (VO<sub>2</sub>máx) diminui na taxa de 3 a 8% por década após os 30 anos, mas, ajustado pela massa muscular, o VO<sub>2</sub> máx não diminui mais. Isso sugere que a perda de massa muscular contribui significativamente para fadiga e diminuição da resistência (FLEG *et*

*al.*, 1988). Além disso, a disfunção do músculo esquelético na sarcopenia pode ser determinada por vários fatores como a inatividade física, baixo fluxo sanguíneo muscular e disfunção endotelial (CURCIO *et al.*, 2020).

Evidências demonstram que o exercício físico tem um efeito positivo no controle e prevenção da sarcopenia e seus eventos adversos à saúde. Em especial, o treinamento de resistência e aeróbio que aumentam a força muscular, melhoram a função física e capacidade funcional em idosos (LIGUORI *et al.*, 2018).

Embora o exercício de resistência tem se mostrado como a forma de intervenção preferencial para diminuir os efeitos da sarcopenia, o exercício de Vibração de Corpo Inteiro (VCI) se dispõe como uma estratégia complementar na reabilitação geriátrica, visando otimizar o equilíbrio, força, desempenho muscular e a mobilidade em idosos, principalmente naqueles com menor capacidade de equilíbrio (LAM *et al.*, 2016; MARÍN, RHEA, 2010). Estudos apontam que os efeitos do exercício de resistência podem ser otimizados se combinado com a VCI (VALENZUELA *et al.*, 2019), e esta, associada ao exercício de agachamento dinâmico apresenta-se mais eficaz e preferível ao exercício estático (OSUGI *et al.*, 2014). Em exercícios dinâmicos, com maior carga volumétrica no ventrículo esquerdo, as respostas cardíaca e hemodinâmica são proporcionais à intensidade e massa muscular envolvida na atividade (POLITO & FARINATTI, 2003).

Apesar da literatura escassa, alguns estudos com efeito agudo após uma sessão do exercício de VCI evidenciaram melhora na força muscular e potência de membros superiores e inferiores, no desempenho físico e na aptidão cardiorrespiratória de idosos sarcopênicos (CHANG *et al.*, 2015; MILLER *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2019). Em adultos, assim como em idosos saudáveis, foi observado aumento nos níveis de cortisol circulante quando comparados ao exercício sem vibração (CARDINALE *et al.*, 2010) e diminuição do cortisol salivar (KIA *et al.*, 2020). Além disso, efeitos sobre algumas variáveis vasculares como aumento do volume de sangue muscular, aumento do fluxo sanguíneo e aumento da circulação periférica de idosos (MAHBUB *et al.*, 2020; JOHNSON *et al.*, 2014).

Em relação a VCI, pouco se sabe sobre seus efeitos imediatos sobre a modulação de biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos. O estudo de Cobley *et al.* (2014), mostrou que idosos sedentários não apresentaram aumento das enzimas antioxidantes após um estímulo agudo de exercício. Já um estudo recente do nosso grupo demonstrou que o efeito

agudo do exercício de VCI modulou os parâmetros oxidantes e antioxidantes em mulheres de meia-idade com fibromialgia (SANTOS *et al.*, 2019).

Assim, destaca-se a importância da investigação do efeito imediato do exercício de VCI sobre variáveis hemodinâmicas, hormonal e em biomarcadores oxidativos de idosos sarcopênicos, o que pode trazer subsídios para o entendimento dos efeitos da VCI nesta população.

### **1. 1 Sarcopenia no idoso: definição, epidemiologia e agravos à saúde**

O envelhecimento da população é um fenômeno sociodemográfico que ocorre em todo o mundo (CRISPIM, 2014). No Brasil, atualmente a população idosa é de 30,2 milhões (14,%) e a projeção é que em 2070 esteja acima dos 35%, ultrapassando o conjunto de países desenvolvidos (IBGE, 2016; 2018). A cada ano, 650 mil novos idosos são incorporados a essa população, a maior parte com doenças crônicas e limitações funcionais (VERAS, 2009). Além disso, o impacto causado pela doença de coronavírus (COVID-19) no Brasil, promoveu uma estimativa de declínio na expectativa de vida ao nascer em 2020 de 1,94 anos, resultando em um nível de mortalidade nunca visto desde 2013. A redução da expectativa de vida aos 65 anos era de 1,58 anos, fazendo com que o Brasil voltasse a níveis de 2009 (CASTRO *et al.*, 2021).

O processo de envelhecimento é acompanhado pelo declínio gradual nas funções cognitivas do indivíduo, além de alterações biológicas nos sistemas nervoso, cardiovascular, respiratório e músculo esquelético (ALMEIDA FECHINE e TROMPIERI, 2012). A massa muscular esquelética diminui 1-2% a cada ano após os 50 anos, a força muscular diminui em 1,5% ao ano e acelera a até 3% ao ano após os 60 anos (JANSSEN, 2006; VANDERVOORT, 2002; SEHL e YATES, 2001). A perda de massa muscular esquelética associada ao envelhecimento foi originalmente denominado sarcopenia (MICHEL, 2014; CEDERHOLMA e MORLEY, 2015), que se caracteriza como uma doença músculo esquelética progressiva e generalizada, com código de diagnóstico CID-10-MC (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019), envolvendo alterações musculares, neurais e hormonais (CRUZ-JENTOFT; LANDI, 2014).

O termo derivado do grego sarcopenia (*sarx*: carne, *penia*: perda) foi usado pela primeira vez por Rosenberg (1997), para caracterizar o declínio da massa corporal magra relacionada a idade. A partir de então, várias definições concorrentes de sarcopenia foram propostas, utilizando somente a massa muscular e/ou associados a outros critérios, incluindo

força muscular e desempenho físico (BAUMGARTNER *et al.*, 1998; NEWMAN *et al.*, 2003; VISSER, DEEG e LIPS, 2003; JANSSEN *et al.*, 2004; STUDENSKI *et al.*, 2014; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2010).

A inclusão da massa e força muscular dentro da definição de sarcopenia ocorreu em resposta a um amplo estudo que evidenciou que, embora a perda de massa muscular seja associada à perda de força muscular, a relação não é linear. Assim, o declínio na força é mais rápido do que a perda concomitante de massa muscular (WILSON *et al.*, 2017). Goodpaster *et al.* (2006), demonstraram em uma comunidade com idade entre 70 e 79 anos, que a massa muscular diminui de 0,5-2% por ano em comparação com 2-4% de perda de força muscular.

O declínio da massa corporal magra com a idade difere entre homens e mulheres, sendo que a menopausa parece ser um marco para o declínio da massa corporal magra em mulheres (ROSENBERG, 1997). Além disso, o déficit na densidade e na qualidade da massa óssea em mulheres, processo esse denominado osteopenia parece apresentar alterações fisiopatológicas semelhantes ao processo da sarcopenia (DENT *et al.*, 2018). A correlação entre essas condições levou ao desenvolvimento do termo "osteossarcopenia," que foi introduzido recentemente para diagnosticar os pacientes que sofrem de ambas as doenças (MESSINA *et al.*, 2018). Portanto, sugere-se que, quando a perda de densidade mineral óssea é sincrônica com diminuição da massa, força e função muscular, ela deve ser interpretada como um diagnóstico único de osteossarcopenia (HIRSCHFELD, KINSELLA, DUQUE, 2017).

A diversidade dos pontos de cortes, particularmente na definição de baixa massa muscular, levou a uma disparidade na prevalência de massa muscular baixa, entre 3,3 e 41,5% em populações comunitárias com mais de 65 anos (VON HAEHLING *et al.*, 2010). Nessa linha, estudos epidemiológicos utilizando diferentes métodos de medição e pontos de corte tentaram estabelecer a prevalência de sarcopenia. Em média, estima-se que 5 a 13% dos idosos com idades entre 60 e 70 anos sejam afetados pela sarcopenia, e os números aumentam para 11 a 50% para aqueles com 80 anos ou mais (MORLEY, 2012; HAEHLING, MORLEY, ANKER, 2010).

Uma ferramenta de medição internacionalmente aceita para o diagnóstico de sarcopenia, inclui as definições do *European Working Group on Sarcopenia in Older People* – EWGSOP (ROLLAND *et al.*, 2008; DENT *et al.*, 2018), que em seu consenso revisado, definiu parâmetros de baixa força muscular como característica-chave da sarcopenia, e a

detecção de quantidade e qualidade muscular para confirmar o diagnóstico e desempenho físico ruim como indicativo de sarcopenia grave. Além disso, fornece pontos de corte claros para as medidas das variáveis que identificam e caracterizam a sarcopenia (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019). Esse conceito tem se mostrado um bom preditor de incapacidade precoce e de mortalidade (ALEXANDRE *et al.*, 2014, 2018).

A prevalência de sarcopenia na comunidade, usando a definição consistente com o EWGSOP, foi de 1 a 33% em diferentes populações (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2014). No Brasil, a prevalência geral de sarcopenia em idosos, com base nos critérios do EWGSOP, é 16,0%, superior à dos EUA (5,0%), Reino Unido (6,0%) e Japão (7,5%) (DIZ *et al.*, 2017). Estudo com idosos moradores da cidade de São Paulo identificou uma frequência de 15,4% sarcopênicos. As taxas de sarcopenia foram fortemente associadas à idade, chegando a 46% entre os indivíduos  $\geq 80$  anos (ALEXANDRE *et al.*, 2014).

A sarcopenia é onerosa para os sistemas de saúde. A presença de sarcopenia aumenta o custo dos cuidados de hospitalização (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019; CAWTHON *et al.*, 2017) e é comumente associada à incapacidade. Estima-se que custe ao sistema de saúde dos EUA US\$ 18,4 bilhões por ano (MORLEY, 2012). Estudos mostraram aumento dos custos com saúde entre idosos frágeis em países como Irlanda e República Tcheca (BUTLER *et al.*, 2016; CAWTHON *et al.*, 2017). No Brasil, o acelerado envelhecimento populacional se traduz em maior carga de doenças na população, mais incapacidades e aumento do uso dos serviços de saúde (VERAS, 2009).

A população idosa é mais susceptível a alterações e consequências negativas provocadas pela sarcopenia, como fragilidade, aumento do número de quedas e fraturas, limitação para atividades de vida diária, maior risco de morte e desfechos negativos durante a hospitalização (MASANES *et al.*, 2012; MARTINEZ, CAMELIER, 2014). Cruz *et al.* (2012), identificaram uma prevalência de quedas entre os idosos de 32,1% , que ocupam o primeiro lugar entre as causas de internações, totalizando 56,1% das internações em hospitais (BERNARDI, REIS, LOPES, 2008).

Existem inúmeras causas para o desenvolvimento da sarcopenia. A perda da musculatura esquelética relacionada à idade é atribuída a uma ampla gama de fatores, incluindo ingestão inadequada de proteínas e vitaminas, estilo de vida sedentário, declínio nos níveis de hormônios anabólicos, perda de quantidade e / ou ativação de neurônios motores e aumento dos níveis de citocinas inflamatórias (LOURENÇO, 2008; JOSEPH, ADHIHETTY, LEEUWENBURGH, 2016). Dos fatores contribuintes envolvidos na sarcopenia, o declínio da

capacidade metabólica e da função mitocondrial estão entre as alterações moleculares mais importantes, por terem consequências significativas para o tecido muscular esquelético, devido aos danos oxidativos e uma capacidade antioxidativa reduzida, que contribuem para o catabolismo muscular (VISVANATHAN e CHAPMAN, 2010; JOSEPH, ADHIHETTY, LEEUWENBURGH, 2016). Dessa forma, contribui para a fragilidade, perda de mobilidade funcional e independência (GURALNIK *et al.*, 1995; JANSSEN, 2006) e maior mortalidade em idosos (METTER *et al.*, 2002; RANTANEN *et al.*, 2000).

## 1.2 Diagnóstico, classificação operacional da sarcopenia e desempenho funcional

O processo de envelhecimento envolve inúmeras alterações na composição corporal que afetam a saúde, entre as quais a sarcopenia (ROLLAND *et al.*, 2008). Várias definições de sarcopenia evoluíram à medida que a compreensão do processo de envelhecimento e as mudanças que ocorrem nele progrediram, juntamente com técnicas aprimoradas de medição da composição corporal e a disponibilidade de grandes conjuntos de dados representativos (ROLLAND *et al.*, 2008). Para além da detecção de baixa massa muscular somente, outros critérios para definição de sarcopenia foram propostos, incluindo força muscular e desempenho físico (BAUMGARTNER *et al.*, 1998; NEWMAN *et al.*, 2003; VISSER, DEEG e LIPS, 2003; JANSSEN *et al.*, 2004; STUDENSKI *et al.*, 2014; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2010, 2019).

Atualmente, a definição de sarcopenia utilizada se baseia na definição operacional revisada pelo EWGSOP que consiste na baixa força muscular quando é detectada. O diagnóstico é confirmado pela presença de baixa quantidade ou qualidade muscular. Quando baixa força muscular, baixa quantidade/qualidade muscular e baixo desempenho físico são detectados, a sarcopenia é considerada grave (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019) (quadro 1).

### Quadro 1. Definição operacional da sarcopenia

<b>A provável sarcopenia é identificada pelo critério 1.</b>
O diagnóstico é confirmado pela presença do critério 2.
Se todos os critérios 1, 2 e 3 forem confirmados, a sarcopenia é considerada grave.
1. Baixa força muscular 2. Baixa quantidade ou qualidade muscular 3. Baixo desempenho físico

Fonte: Adaptado de CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019.

As recomendações atualizadas do EWGSOP visam aumentar a conscientização dos profissionais de saúde sobre a sarcopenia e seu risco em sua prática clínica. Com a inclusão da baixa força como primeiro critério operacional, estes podem tomar ações que promovam detecção e tratamento precoces.

Além da perda de massa muscular, a perda de força é um fator determinante para capacidade funcional, desempenho físico e está relacionada com mortalidade em estágios de sarcopenia avançada (NEWMAN *et al.*, 2003; NEWMAN *et al.*, 2007; GALE *et al.*, 2006). Assim, medidas de força muscular e desempenho físico devem completar o diagnóstico de sarcopenia e podem ser feitos através de testes e exames simples e de baixo custo, amplamente descritos e validados na literatura como o teste de velocidade de marcha, o *Short Physical Performance Battery* (SPPB), teste de força de preensão manual (FPM) (FIELDING *et al.*, 2007; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2010, 2019).

A avaliação dos membros inferiores (MMII) se torna importante por relacionar-se com ações funcionais mais globais. O SPPB é um teste amplo de desempenho funcional que avalia a função de MMII considerando o equilíbrio, a marcha, a força e a resistência, sendo utilizado para rastreamento de idosos em risco de desenvolver incapacidades futuras (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2010).

A força de membros superiores pode ser avaliada pelo teste de preensão manual, que é considerada com frequência um importante indicador da capacidade funcional dos idosos, pois declina com o envelhecimento e pode prever morbimortalidade nessa população (KIMURA *et al.*, 2007).

A avaliação da composição corporal para suspeita de sarcopenia pode ser feita com técnicas de não imagem ou imagem. Entre as ferramentas de não imagem, a análise de impedância bioelétrica (BIA) é a mais utilizada como técnicas de triagem. As técnicas de imagem desempenham um papel crescente no diagnóstico da sarcopenia, as mais comuns são absorciometria de raios X de dupla energia (DEXA), tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM) (MESSINA *et al.*, 2018; BOUTIN *et al.*, 2015).

Baumgartner *et al.* (1998) foram pioneiros ao utilizar o DEXA para medição da massa muscular esquelética de braços e pernas para identificar indivíduos com sarcopenia, por meio da massa muscular apendicular (MMA), calculada pela razão da quantidade de massa magra em braços e pernas, em gramas, e a estatura do indivíduo ao quadrado, em metros [MMA (g/m<sup>2</sup>) = massa magra dos braços (g) + massa magra das pernas (g)/altura<sup>2</sup> (m)], o que produz o índice relativo de massa muscular esquelética (RMSI). Os pontos de corte da



sarcopenia, segundo o EWGSOP, para baixa massa muscular são  $RMSI < 7,0 \text{ kg} / \text{m}^2$  para homens e  $RMSI < 5,5 \text{ kg} / \text{m}^2$  para mulheres (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019). Além disso, a densitometria fornece dados para a avaliação da composição corporal, pois permite segmentar as principais regiões anatômicas: cabeça, tronco e membros, percentual de gordura, massa magra, bem como a classificação de tipos de obesidade ginóide e andróide (SILVA *et al.*, 2006). É considerada a técnica de referência atual (padrão-ouro) para avaliar a massa muscular e a composição corporal em pesquisa e prática clínica (TOSATO *et al.*, 2017).

A qualidade muscular refere-se às alterações micro e macroscópicas na arquitetura e composição muscular e à função muscular por unidade de massa muscular (MCGREGOR *et al.*, 2014). Ferramentas de imagem altamente sensíveis, como ressonância magnética e tomografia computadorizada, têm sido usadas para avaliar a qualidade muscular em ambientes de pesquisa para determinar a infiltração de gordura no músculo (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019), porém, são onerosos e frequentemente inacessíveis (VISSER *et al.*, 2005).

### 1.3 Fisiopatologia da sarcopenia

Muitas mudanças fisiológicas ocorrem com o envelhecimento, uma delas, se refere ao declínio da função imune, denominado imunosenescência, processo pelo qual ocorre deterioração natural do sistema imunológico. A imunosenescência é caracterizada pela presença de um sistema pró-inflamatório sistêmico de baixo grau que ocorre com a idade, ou *Inflammaging*, como vem sendo denominado (FRANCESCHI *et al.*, 2007). A inflamação crônica geralmente aumenta com a idade, representada por maiores concentrações sistêmicas de citocinas, como interleucina-1 (IL-1), fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e interleucina-6 (IL-6), assim como de proteínas de fase aguda (WIKBY *et al.*, 2006; FERRUCCI *et al.*, 2005).

A patogênese da sarcopenia é multifatorial. Além do aumento nas concentrações de citocinas inflamatórias e desregulação neuroendócrina, principalmente pela desregulação do cortisol (LOURENÇO, 2008), há declínio na função física e funcional, que parece estar associado ao estresse oxidativo. Evidências científicas têm sugerido que a disfunção bioenergética mitocondrial, via geração de espécies reativas ao oxigênio e nitrogênio (ERONS), podem ter papel relevante no processo de degeneração neuromuscular no

envelhecimento, com conseqüente perda de fibras e função muscular (FULLE *et al.*, 2004; JANG *et al.*, 2010).

### 1.3.1 Papel do estresse oxidativo na sarcopenia

A inflamação crônica sistêmica de baixo grau pode representar um fator chave para o desenvolvimento da sarcopenia (BARBIERI *et al.*, 2003; FERRUCCI *et al.*, 2002; GIRESI *et al.*, 2005). O mecanismo pelo qual essas citocinas contribuem para o desenvolvimento da sarcopenia e, conseqüentemente, para o declínio funcional em idosos parece estar associado ao estresse oxidativo. O status redox é definido como um balanço entre os sistemas oxidantes e antioxidantes. Nas situações em que surge um desequilíbrio entre o sistema oxidante e antioxidante, com predomínio dos oxidantes, ocorre o estresse oxidativo (RAJENDRASOZHAN *et al.*, 2008). Já foi demonstrado que o envelhecimento predispõe o músculo esquelético ao aumento do estresse oxidativo, na presença ou não de atrofia por desuso em ratos, sugerindo que o estresse oxidativo tem um papel na mediação da disfunção muscular (SIU, PISTILLI e ALWAY, 2008). Dessa forma, a redução da síntese e aumento da degradação protéica, alteração da integridade neuromuscular e do conteúdo de gordura no músculo culminam com a redução da massa e força muscular (SIN-JIN, LONG-JIANG, 2010; ROM *et al.*, 2012).

A associação entre radicais livres e envelhecimento foi introduzida por Harman na década de 50, e posteriormente se tornou a teoria mitocondrial do envelhecimento. Assim, o acúmulo constante de espécies reativas ao oxigênio e nitrogênio (ERONs), mitocondrial com a idade leva a danos irreversíveis às células e tecidos (CADENAS e DAVIES, 2000). Além disso, os níveis aumentados de EROs gerados pelas mitocôndrias levam a um maior estresse oxidativo e a danos progressivos no DNA mitocondrial (mtDNA). Com o tempo, as sucessivas alterações promovidas pela disfunção mitocondrial eleva as concentrações de EROs que exacerba a morte celular e promove o declínio progressivo do número e tamanho das fibras musculares (JOSEPH, ADHIHETTY, LEEUWENBURGH, 2016), principalmente, fibras glicolíticas de contração rápida (Tipo II) com conteúdo mitocondrial baixo, que são mais suscetíveis à atrofia do que fibras oxidativas de contração lenta (Tipo I) com alto conteúdo mitocondrial (LEXELL, TAYLOR e SJOSTROM, 1988). Tal observação reforça a contribuição da apoptose celular no desenvolvimento primário da sarcopenia (MARZETTI e LEEUWENBURGH, 2006; SIN-JIN, LONG-JIANG, 2010).

Os efeitos do estresse oxidativo e da inflamação na musculatura esquelética promovem, além da disfunção mitocondrial e apoptose, diminuição da síntese e aumento da degradação protéica devido à alterações na modulação da atividade de algumas das principais vias de sinalização, que levam à redução da massa muscular. Muitos dos fatores inerentes à sarcopenia não agem isoladamente e muitas de suas vias causais se cruzam em relação ao estresse oxidativo (SIN-JIN, LONG-JIANG, 2010; MARZETTI *et al.*, 2013).

Entretanto, sabe-se que o aumento do estresse oxidativo interfere na modulação de fatores de transcrição, promovendo a ativação das principais vias proteolíticas, além da indução pelo fator de transcrição sensível ao redox e fator nuclear kappa B (NF-kB) da via pró-inflamatória, ambas atuando na quebra de proteínas, enquanto ocorre inibição da síntese protéica pelas citocinas da via pró-inflamatória (THOMSON e GORDON, 2006; FUNAI *et al.*, 2006).

### 1.3.2 Regulação hormonal na sarcopenia

A sarcopenia é caracterizada por um declínio variável de vários hormônios, principalmente hormônios sexuais (testosterona e desidroepiandrosterona (DHEA)) e hormônios de crescimento (GH e IGF-1) (CURCIO *et al.*, 2016). Atualmente esses hormônios sexuais e de crescimento são considerados biomarcadores da longevidade e estão substancialmente envolvidos no desenvolvimento da sarcopenia (YANAGITA *et al.*, 2019).

O hormônio corticosteróide cortisol, um componente do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), tem um papel fundamental na resposta ao estresse e na resposta metabólica, e possui alguns efeitos imunossupressores (PHILLIPS *et al.*, 2010). Portanto, a secreção de cortisol em níveis adequados é essencial para a manutenção da função biológica e da homeostase. O cortisol também fornece feedback negativo a este eixo para manter uma concentração fisiológica. No entanto, o eixo HPA é desregulado em situações patológicas, como a superprodução autônoma de cortisol observada na síndrome de Cushing ou estresse físico ou psiquiátrico crônico (YANAGITA *et al.*, 2019). Uma alta taxa dos níveis séricos de cortisol está associada a mortalidade, demência, síndrome metabólica e redução da imunidade após estresse físico (PHILLIPS *et al.*, 2010; FERRARI *et al.*, 2001). O cortisol está relacionado ao catabolismo muscular e redução na síntese de proteínas no envelhecimento e indivíduos sarcopênicos apresentam níveis elevados de cortisol (WATERS *et al.*, 2008).

Assim, a sarcopenia é uma manifestação física da síndrome de fragilidade e ela acontece em decorrência da desregulação dos sistemas imunológico e neuroendócrino, que se caracteriza pela desregulação do cortisol (FRIED, 2004).

#### **1.4 Tratamento e prevenção da sarcopenia no idoso**

Considerando o impacto da sarcopenia e sua alta prevalência na comunidade o desenvolvimento de estratégias de prevenção e tratamento da sarcopenia tornam-se importantes para o manejo clínico da população idosa (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2014). No Brasil, a prevalência geral de sarcopenia em idosos na comunidade, com base nos critérios do EWGSOP, é 16,0%, superior à dos EUA (5,0%), Reino Unido (6,0%) e Japão (7,5%) (DIZ *et al.*, 2017).

Dentre as formas de tratamento estão exercício físico, nutrição, reposição hormonal e intervenções no estilo de vida (ROLLAND *et al.*, 2008; MARTINEZ *et al.*, 2014). Evidências consideráveis sugerem que a sarcopenia é uma causa reversível de incapacidade e pode se beneficiar da intervenção, especialmente em seu estágio inicial (GURALNIK *et al.*, 2001; ROTH *et al.*, 2000). Intervenções que promovam a diminuição do tempo sedentário e o aumento do gasto energético são defendidas para o tratamento e prevenção da sarcopenia (NELSON *et al.*, 2007; CHASTIN *et al.*, 2012).

A inatividade é um importante contribuinte para a perda de massa e força muscular em qualquer idade (KORTEBEIN *et al.*, 2007). Os resultados dos estudos sobre tempo sedentário indicam que baixos níveis de atividade física resultam em fraqueza muscular que, por sua vez, resultam em níveis reduzidos de atividade, perda de massa muscular e força muscular. Assim, a atividade física deve ser protetora para a sarcopenia, mas alguns estudos sugerem que a quantidade de proteção depende do tipo de atividade (ROLLAND, CZERWINSKI e ABELLAN VAN KAN, 2008).

O exercício é uma atividade física planejada, estruturada e repetitiva com o objetivo de manter ou melhorar os componentes da aptidão física, funcionamento e saúde (FREIBERGER *et al.*, 2011). Evidências indicam que o treinamento resistido é a melhor abordagem para prevenir e tratar a sarcopenia, por aumentar a síntese de proteínas musculares miofibrilares (HASTEN *et al.*, 2000), a massa e a força muscular, mesmo em idosos frágeis. Os ganhos de

força resultam de uma combinação de melhor massa muscular, qualidade e adaptação neuronal (HAGERMAN *et al.*, 2000).

O agachamento é um método de exercício eficaz para prevenir a sarcopenia (MURAKI, 2014), melhorando o desempenho funcional e facilitando a estabilização postural do tronco (SCHOENFELD, 2010). No estudo de Jeon *et al.* (2018), foi observado que um programa de exercícios de agachamento aumentou a força respiratória em pacientes com sarcopenia. Hamaguchi *et al.* (2017), identificaram que seis semanas de treinamento de força (agachamento) de leve intensidade e baixo número de repetições melhoraram a densidade mineral óssea da pelve e a força extensora do joelho em mulheres na pós-menopausa com sarcopenia. Em um estudo de Binder *et al.* (2005), com idosos frágeis da comunidade ao realizarem um programa de exercícios resistidos de baixa a moderada intensidade, observaram aumento na força muscular isocinética e aumento na massa magra global. Resultado semelhante ao de Pasta *et al.* (2005), na qual mostrou melhorias na força muscular de idosos frágeis após treinamento com exercícios resistidos.

Estudos demonstraram que o treinamento de resistência com agachamento foi eficaz para aumentar a massa muscular, a força muscular e melhorar a distribuição de gordura em idosos (TSUZUKU *et al.*, 2018; PANISSET *et al.*, 2012). Estudo de Nikolaidis (2017), utilizando uma única sessão de exercício resistido, incluindo o movimento de agachamento, evidenciou que os biomarcadores do estresse oxidativo mudaram de maneira semelhante entre indivíduos jovens e idosos após o exercício. Demais estudos têm demonstrado que o exercício físico agudo aumenta a sensibilidade barorreflexa, a variabilidade da FC e da PA, diminui o tônus simpático e aumenta o tônus vagal, contribuindo para a redução de cardiopatias relacionadas ao envelhecimento (MOSTARDA *et al.*, 2009; HASKELL *et al.*, 2007).

Embora tenham sido encontrados poucos estudos na literatura selecionada sobre os efeitos da prática regular do exercício resistido em população de idosos com sarcopenia, os estudos descritos apresentaram importantes benefícios desta prática em indivíduos senescentes. Contudo, organizar sessões e programas de treinamento de resistência é desafiador em idosos frágeis e alguns profissionais relutam em prescrever exercícios de alta intensidade em pacientes idosos. Por exemplo, o estudo de Rolland *et al.* (2008), evidenciou que apenas 12% da população idosa dos Estados Unidos realizava treinamento de força pelo menos duas vezes por semana.

De acordo com as Diretrizes de Atividade Física (2008), os idosos devem praticar exercícios físicos multicomponentes. Um estudo conduzido por Emerenziani *et al.* (2014) com pessoas de meia-idade, concluiu que a inclusão do exercício de VCI com outros exercícios promoveu grande adesão. Além disso, evidências apontam que os efeitos do exercício de resistência podem ser otimizados se combinado com a VCI (VALENZUELA *et al.*, 2019).

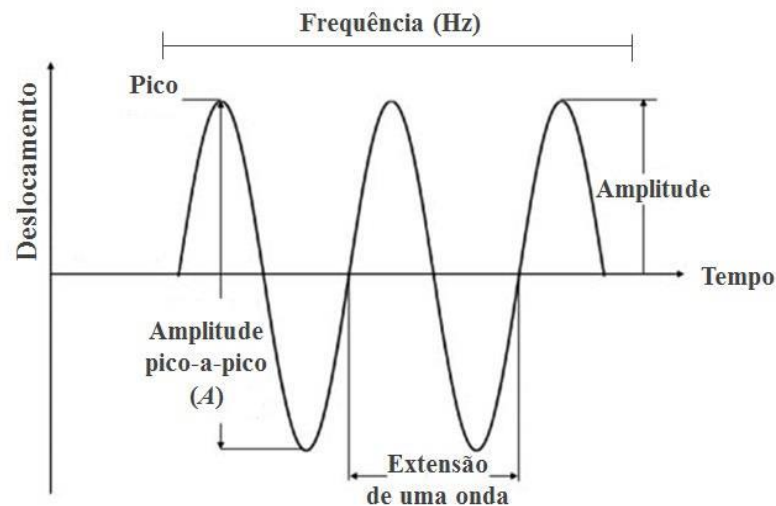
Assim, novos programas de exercícios podem ser relevantes em uma população idosa e com sarcopenia, como a VCI, uma modalidade de exercício promissora, segura, simples e eficaz de exercitar estruturas músculo-esqueléticas (BOGAERTS *et al.*, 2007).

### **1.5 Vibração de Corpo Inteiro**

Os tecidos e órgãos do nosso corpo produzem naturalmente vibrações associadas a várias funções importantes, como frequência cardíaca, movimento pulmonar, movimento peristáltico do trato digestivo, contrações dos vasos sanguíneos, linfáticos e contrações musculares (DAGDEVIREN *et al.*, 2014). Além disso, durante nossas atividades diárias somos expostos a vibrações mecânicas do ambiente externo ao executar atividades simples, como caminhar ou correr devido ao impacto dos pés no chão ou em atividades ocupacionais, nas quais a vibração do equipamento é transmitido ao corpo.

A vibração mecânica transmitida ao corpo por meio de plataformas geram oscilações e vibrações mecânicas sinusoidais com controle de frequências e deslocamento pico a pico, resultando em exercício de VCI (RAUCH *et al.*, 2010). O exercício de VCI é uma oscilação forçada, no qual a energia mecânica é transferida de um atuador/oscilador (dispositivo de vibração) a um ressonador/oscilante (corpo humano ou estruturas biológicas diferentes dele) (RITTWEGGER, 2010; BEMBEN *et al.*, 2018).

A maioria dos dispositivos de VCI atuais produzem oscilações periódicas sinusoidais e, portanto, a carga vibratória é dependente principalmente da amplitude das ondas produzidas (deslocamento máximo ocorrido), da frequência com que os deslocamentos ocorrem (número de ciclos da oscilação) e da aceleração resultante (Figura 1) (RITTWEGGER, 2010; COCHRANE, 2011).



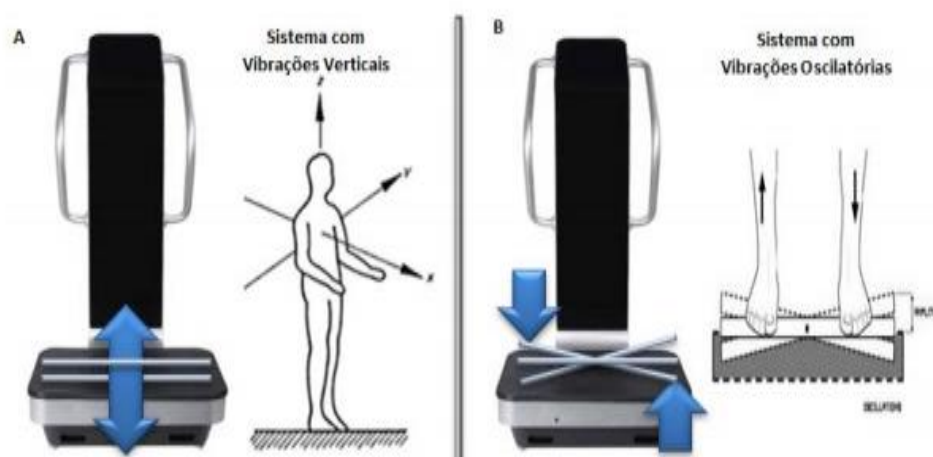
**Figura 1.** Parâmetros da oscilação sinusoidal. Fonte: RAUCH *et al.*, 2010.

A aceleração ( $a$ ) determina a magnitude da energia transmitida ao corpo, sendo o produto da frequência angular ( $\omega$ ) ao quadrado e da amplitude ( $A$ ) pico-a-pico (Equação 1); sendo que, a frequência angular ( $\omega$ ) é o produto de  $2\pi$  e frequência de vibração ( $f$ ) (Equação 2). Dessa forma, mudanças na frequência de vibração (referida em Hertz - Hz) ou na amplitude (referida em milímetros - mm) irão determinar mudanças na aceleração transmitida ao corpo (referida em metros por segundo ao quadrado -  $m/s^2$  - ou em relação ao número de vezes que supera a aceleração gravitacional -  $g$ ) (COCHRANE, 2011).

$$\text{Equação 1: } a_{\text{pico}} = (\omega)^2 \cdot A$$

$$\text{Equação 2: } \omega = (2\pi f)$$

As plataformas vibratórias comercializadas atualmente produzem ondas sinusoidais que podem ser categorizadas em dois tipos: nas plataformas com vibração vertical, a transferência é realizada para ambos os pés de maneira sincrônica; e as plataformas com vibração oscilatória/alternada, funciona com alternância de lados, de modo que hora o pé direito está mais elevado, hora o esquerdo e vice-versa (Figura 2) (GARCÍA-ARTERO *et al.*, 2006; RITTWEGGER 2010; MARÍN 2011; WEBER, 2012; SILVA, 2016; RIBEIRO, 2016).



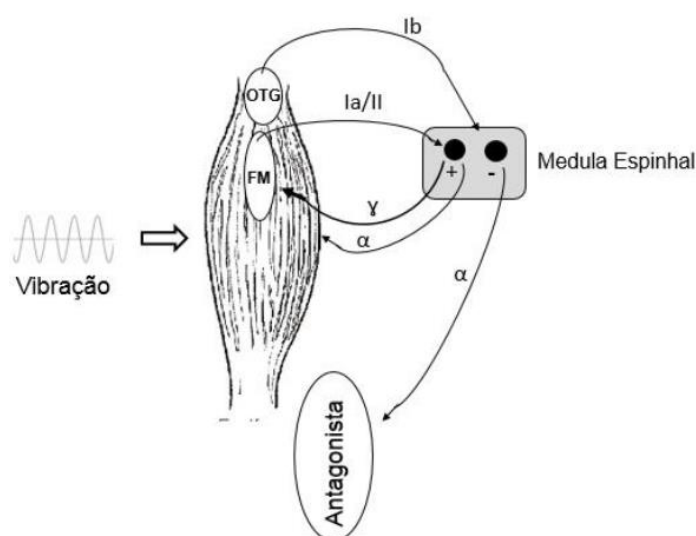
**Figura 2.** Representação dos tipos de ondas produzidas por plataformas vibratórias. Fonte: SILVA, 2016.

Durante esta modalidade de exercício, o indivíduo é posicionado em ortostatismo realizando ou não movimentos dinâmicos, tais como agachamento, variações entre apoios uni e bipodal e movimentos de flexão plantar (DELECLUSE *et al.*, 2003). Vários estudos aplicam o estímulo de VCI associado ao agachamento, uma vez que esta associação parece intensificar as respostas neuromusculares por meio da ativação do reflexo tônico vibratório, aumentando a sincronia das unidades motoras e proporcionando maior eficiência neuromuscular (DELECLUSE *et al.*, 2003; BOGAERTS *et al.*, 2007; FJELDSTAD *et al.*, 2009; AVELAR *et al.*, 2011; SIMÃO *et al.*, 2012).

Os efeitos biológicos observados no exercício de VCI se devem, parcialmente, à estimulação das respostas neuromusculares em conjunto com as vias de sinalização hormonais e não hormonais, além de um complexo mecanismo neurofisiológico espinal (vias aferentes Ia) e supraespinal (SA-CAPUTO *et al.*, 2015; BEMBEN *et al.*, 2018). A vibração de um músculo estimula os receptores de estiramento primários do fuso muscular (aferentes Ia) que, através de seus nervos aferentes, estabelecem conexão sináptica com os motoneurônios alfa (eferentes), responsáveis pela inervação das fibras musculares extrafusais, que são detectadas especialmente pelos fusos neuromusculares, levando ao aumento da ativação na alça do reflexo de estiramento, nomeado reflexo tônico-vibratório, resultando em contração muscular reflexa (CARDINALE e BOSCO, 2003; JORDAN *et al.*, 2005). Esta contração muscular reflexa aumenta a sincronia das unidades motoras quando combinadas com uma contração voluntária (DELECLUSE *et al.*, 2003; BOGAERTES *et al.*, 2007). A intensidade de resposta do reflexo tônico vibratório depende de fatores como posição do corpo, frequência da vibração e nível de pré-contracção muscular (JUNIOR, BARONI e VAZ, 2012).



Além da deformação mecânica dos receptores primários de estiramento dos fusos musculares, outras estruturas proprioceptivas, como, terminações secundárias do fuso neuromuscular (vias aferentes II), órgãos tendinosos de Golgi (vias aferentes Ib) e mecanorreceptores da pele e articulações (vias aferentes II), podem responder aos estímulos vibratórios (JUNIOR, BARONI e VAZ, 2012; NEVES, 2017), assim, a ativação dessas estruturas sensoriais durante a aplicação da vibração facilita a ativação de motoneurônios- $\gamma$  e inibe a ativação de motoneurônios- $\alpha$  da musculatura antagonista, o que leva ao aumento da sensibilidade das terminações primárias e maior atividade muscular reflexa de músculos agonistas (CARDINALE e BOSCO, 2003) (Figura 3).



**Figura 3.** Mecanismos relacionados com o reflexo tônico vibratório. Fonte: NEVES, 2017. FM= fuso neuromuscular; OTG= órgão tendinoso de Golgi.

Dessa forma, a atividade muscular reflexa representa a resposta do sistema neuromuscular a uma perturbação causada pela vibração mecânica e, assim, tem sido sugerido que a VCI pode induzir melhoras no desempenho muscular, similares àquelas observadas em treinamentos convencionais (CARDINALE e BOSCO, 2003; BOGAERTS *et al.*, 2007; KAWANABE *et al.*, 2007).

Vários efeitos benéficos têm sido associados ao exercício de VCI e respostas neuromusculares foram descritas como, aumento na força, potência e flexibilidade muscular, aumento da densidade mineral óssea melhora do equilíbrio, da circulação sanguínea, de funções cognitivas e executivas e da qualidade de vida, além da diminuição da dor e do risco de quedas (REGTERSCHOT *et al.*, 2014; RITTWEGER *et al.*, 2010; PRISBY *et al.*, 2008).

Além disso, diferentes populações, entre crianças a idosos, foram expostas ao exercício de VCI (BEMBEN *et al.*, 2018). Os efeitos da VCI têm sido estudados em indivíduos com distúrbios clínicos específicos, como casos de obesidade, sarcopenia, diabetes, síndrome metabólica, fibromialgia, acidente vascular cerebral, osteoartrite e doença pulmonar obstrutiva crônica (PRISBY *et al.*, 2008; AVELAR *et al.*, 2011; PAINEIRAS-DOMINGOS *et al.*, 2018; LAGE *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2019).

### **1.6 Efeitos agudos da vibração de corpo inteiro na sarcopenia**

À medida que a expectativa de vida continua a aumentar, o exercício de VCI também tem sido uma estratégia eficiente e com custo reduzido para minimizar os efeitos de várias condições relacionadas à idade (RITTWEGGER, 2010). Indivíduos com distúrbios clínicos específicos, dentre eles, sarcopenia, foram tratados com o exercício de vibração (BEMBEN *et al.*, 2018 ).

Embora o treinamento de resistência seja uma intervenção preferida para diminuir os efeitos de sarcopenia, o exercício de VCI ganhou considerável atenção nos últimos anos (JORDAN *et al.*, 2010), não apenas por melhorar a função muscular, mas também reduzindo o processo de sarcopenia e seus distúrbios relacionados à idade (BOGAERTS *et al.*, 2007).

A perda de massa muscular decorrente da sarcopenia é responsável pela redução de mobilidade e aumento da incapacidade funcional e dependência em idosos. O estímulo agudo intermitente da VCI promoveu melhora mais expressiva no desempenho neuromuscular e funcional de membros superiores de mulheres sarcopênicas quando comparadas às não sarcopênicas (MILLER *et al.*, 2018). A vibração aumentou a força muscular de membros inferiores e melhorou o desempenho físico de homens sarcopênicos no estudo de ZHU *et al.* (2019). Também, mulheres idosas saudáveis apresentaram melhora na potência de membros inferiores após uma exposição aguda ao estímulo de vibração (GIOMBINI *et al.*, 2013).

O efeito do exercício de VCI na melhoria do índice de massa corporal (IMC), aptidão física, flexibilidade (ombro) e qualidade de vida de idosos sarcopênicos foi demonstrado no estudo de Chang *et al.* (2018). O estímulo agudo da VCI tem promovido resultados promissores em pacientes com sequelas de acidente vascular encefálico (AVE), como melhora do controle proprioceptivo da postura (VAN NES *et al.*, 2004), melhora na deambulação e diminuição da espasticidade do tornozelo (CHAN *et al.*, 2012).

O efeito agudo da VCI em outras condições de saúde, que contribuem para o desenvolvimento e progressão da sarcopenia foi demonstrado nos estudos de Mahbub *et al.* (2020) e Johnson *et al.* (2014), nos quais, o estímulo agudo da vibração induziu uma melhora na circulação periférica de idosos com neuropatia periférica, devido a vasodilatação promovida pela vibração. Outros estudos com idosos com neuropatia periférica diabética, mostraram que o tratamento por VCI promoveu reduções da dor neuropática, de acima de 6 para abaixo de 2 em uma escala visual analógica de 0 a 10 (HONG, 2011; HONG, BARNES, KESSLER, 2013). A VCI reduziu a percepção de dor uma vez que a vibração afeta a descarga de aferência de mecanorreceptores de adaptação rápida dos fusos musculares (RITTWEGGER *et al.*, 2010), além da inibição pré-sináptica das funções nociceptivas de neurônios motores (BIDONDE *et al.*, 2017).

Estudos mostraram que após o efeito agudo de VCI, pacientes com síndrome metabólica apresentaram melhor flexibilidade do tronco (SÁ-CAPUTO *et al.*, 2018; PAIVA *et al.*, 2019), além de promover redução no nível de dor em idosos com osteoartrite de joelho (NETO *et al.*, 2017). Bosco e colaboradores (2000) relatam alterações agudas em concentrações hormonais após o exercício de VCI em homens saudáveis, demonstraram que houve diminuição na concentração sérica de cortisol.

Efeitos agudos do estímulo vibratório, com foco voltado para ganho de força, potência e flexibilidade, avaliados em diversas populações, como em adultos jovens destreinados (BAZET-JONES, FINCH E DUGAN, 2008), mulheres atletas (COCHRANE E STANNARD, 2005) e homens jovens moderadamente treinados (CORMIE *et al.*, 2006), utilizando diferentes protocolos, mostraram aumento do volume e fluxo sanguíneo de MMII e maior aumento de força, flexibilidade e potência muscular (JUNIOR, BARONI e VAZ, 2012).

Além disso, a disfunção do músculo esquelético na sarcopenia pode ser determinada por fatores como baixo fluxo sanguíneo muscular e disfunção endotelial (CURCIO *et al.*, 2020). Efeitos benéficos promovidos pelo exercício de VCI no sistema cardiovascular foram relatados por Cardinale *et al.* (2007). Como método alternativo, a VCI tem vantagens clínicas para pacientes idosos. O estudo conduzido por Roelants *et al.* (2006) demonstrou que o exercício com vibração induziu um aumento de 10 a 30% na atividade muscular em comparação com o exercício sem vibração. Efeitos fisiológicos da VCI são explicados por uma maior ativação muscular, levando a melhores respostas cardiorrespiratórias e atividade

muscular durante o exercício (AVELAR *et al.*, 2011; COCHRANE, 2011; COCHRANE *et al.*, 2008; RITTWEGGER, 2009). Alguns desses efeitos fisiológicos (ou seja, aumento do consumo de oxigênio e da Frequência Cardíaca (FC) durante a VCI) são corroborados por estudos recentes usando VCI em idosos sedentários (AVELAR *et al.*, 2011; COCHRANE *et al.*, 2008) e em idosos com DPOC (LAGES *et al.*, 2019).

Com base no exposto, a aplicação de VCI tornou-se cada vez mais popular como intervenção profilática e terapêutica para melhorar o desempenho muscular e aptidão cardiorrespiratória em diversas populações. Além disso, comparado ao exercício resistido, a VCI pode ser indicada como uma modalidade de exercício complementar para essas populações e, especialmente, para idosos sarcopênicos (FREITAS *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2019; CURCIO *et al.*, 2020). No entanto, são necessários estudos para verificar a segurança do exercício de VCI na sarcopenia (CARDINALE *et al.*, 2007).

## 2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

O envelhecimento populacional é uma realidade mundial e, com ele, as doenças crônico-degenerativas são desafios cada vez mais frequentes para os profissionais de saúde. A população Brasileira está envelhecendo. Atualmente, a população acima de 60 anos representa 13,5% dos brasileiros e projeções indicam um aumento de 24,5% em duas décadas e meia (IBGE, 2018), resultando em impacto na saúde dessa população.

A sarcopenia é considerada uma síndrome geriátrica complexa devido à sua patogênese multifatorial (CURCIO *et al.*, 2016). Vários fatores relacionados à idade, como degeneração neuromuscular, alterações no *turnover* da proteína muscular, alterações nos níveis e sensibilidade hormonal, inflamação crônica, estresse oxidativo, comportamento e estilo de vida, estão envolvidos no desenvolvimento da sarcopenia (ROUBENOFF, 2000; LIGUORI *et al.*, 2018). A sarcopenia é frequente em até 50% dos idosos com mais de 80 anos de idade e está relacionada a uma série de implicações econômicas e sociais significativas, incluindo incapacidade, hospitalização e morte (JANSSEN *et al.*, 2000; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019; PEREIRA, 2012).

Alem disso, a pandemia COVID-19 levou à implementação de medidas para conter a propagação da infecção, como isolamento e distanciamento social (PARMET & SINHA 2020; SJÖDIN *et al.*, 2020). Isso resultou em reduções na atividade física e no aumento do comportamento sedentário (SUN *et al.*, 2020; AMMAR *et al.*, 2020) bem como, aumento das taxas de hospitalização em indivíduos mais velhos ( $\geq 65$  anos) (GARG *et al.*, 2019), que contribuem para a ocorrência da sarcopenia (KIRWAN *et al.*, 2021).

O exercício físico, associado à suplementação nutricional e reposição hormonal, são medidas terapêuticas eficazes para ganho de massa muscular em idosos, sendo utilizados como intervenções clínicas para a prevenção e tratamento da sarcopenia (OSUGI *et al.*, 2014). A VCI foi introduzida como uma forma alternativa e viável de exercício para idosos frágeis (ZHU *et al.*, 2019; MILLER *et al.*, 2018), e especialmente para idosos sarcopênicos (CHANG *et al.*, 2018). Diante disso, o exercício de VCI como estratégia complementar pode ser interessante no contexto da sarcopenia em função da viabilidade de maior adesão por esta população.

Sabe-se que as adaptações dos diversos sistemas fisiológicos ao treinamento decorrem do somatório das alterações promovidas por cada sessão de exercício individual. Assim é

necessário que se compreenda inicialmente as alterações promovidas por uma única sessão de exercício de VCI. Além disso, existe uma escassez de estudos na literatura avaliando os efeitos imediatos da VCI sobre as respostas hemodinâmicas, hormonal e em biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos. O presente estudo pode apontar para novas modalidades terapêuticas não invasivas e seguras de exercícios para essa população.

Portanto, destaca-se a importância da investigação do efeito imediato do exercício de VCI na modulação dos parâmetros hemodinâmicos, hormonal e em biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos.

## **2.1 OBJETIVOS**

### **2.1.1 Objetivo geral**

Avaliar os efeitos imediatos de uma sessão do exercício de agachamento associado à VCI sobre parâmetros hemodinâmicos, hormonal e em biomarcadores oxidativos de idosos sarcopênicos.

- Hemodinâmicos: frequência cardíaca (FC), frequência cardíaca pico (FC pico), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), duplo-produto (DP) e pressão arterial média (PAM);
  - Percepção subjetiva de esforço (PSE)
  - Hormonal (cortisol);
  - Biomarcadores oxidativos: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), ácido tiobarbitúrio (TBARS) e do poder antioxidante de redução do ferro (FRAP).

### **2.1.2 Objetivos específicos**

2.1.2.1 - Descrever e comparar os parâmetros de composição corporal, demográficos, clínicos e funcionais de idosos sarcopênicos e não sarcopênicos.

2.1.2.2 - Avaliar e comparar o comportamento das variáveis hemodinâmicas durante e imediatamente após uma sessão de exercício de VCI e de agachamento sem VCI, em idosos sarcopênicos e não sarcopênicos.

2.1.2.3 - Avaliar e comparar os efeitos imediatos da VCI e do agachamento sem VCI sobre as concentrações de cortisol plasmático de idosos sarcopênicos e não sarcopênicos.

2.1.2.4 - Avaliar e comparar os efeitos imediatos da VCI e do agachamento sem VCI sobre os biomarcadores do estresse oxidativo de idosos sarcopênicos e não sarcopênicos.

## **2.2 HIPÓTESES DO ESTUDO**

O presente estudo tem como hipótese nula (1) o acréscimo da VCI ao agachamento não promove alterações sobre os parâmetros hemodinâmicos, hormonal e em biomarcadores oxidativos em indivíduos com sarcopenia em comparação com idosos não-sarcopênicos. Além disso, não há diferença entre o exercício de agachamento com e sem o estímulo da VCI. A hipótese alternativa (2) o acréscimo da VCI ao agachamento promove alterações sobre os parâmetros hemodinâmicos, hormonal e em biomarcadores oxidativos em indivíduos com sarcopenia em comparação com idosos não-sarcopênicos. Além disso, há diferença entre o exercício de agachamento com e sem o estímulo da VCI.



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Desenho do estudo**

Trata-se de um estudo cruzado, controlado, randomizado e translacional. Todas as etapas ocorreram na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM, Diamantina/Minas Gerais, Brasil). Sendo algumas avaliações e protocolo experimentais realizados na sala de fisioterapia do campus 1, e demais avaliações foram realizadas no Laboratório de Fisiologia do exercício (LAFIEX), Laboratório de Inflamação e Metabolismo (LIM) e no Departamento de Enfermagem no campus JK.

#### **3.2 Aspectos Éticos**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM (parecer 74422817.1.0000.5108) (ANEXO I) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (RBR-35w9bw). O estudo foi conduzido de acordo com a Resolução N° 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A), prévia à participação na pesquisa. Este trabalho segue a lista de verificação para ensaios clínicos randomizados e controlados - Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT).

#### **3.3 População e amostra**

Os participantes foram recrutados por meio de convite verbal, folhetos, visitas às Estratégias Saúde da Família (ESF), consultórios médicos ou por meios de comunicação (internet, rádio) na cidade de Diamantina-MG. O recrutamento ocorreu de fevereiro de 2018 a janeiro de 2020.

O tamanho da amostra foi baseado na variável PSE do estudo de Ribeiro *et al.* (2018), no qual utilizou o mesmo protocolo de exercício do presente estudo. Considerando o tamanho do efeito 0.47,  $\alpha = 0,05$  e poder de 0,94, pela ANOVA Two-way medidas repetidas, o cálculo estimado foi de 18 indivíduos por grupo, sendo este valor acrescido em 20% para suprimir

possíveis recusas e perdas ao longo da execução do projeto, sendo previsto 22 indivíduos por grupo.

### **3.4 Critérios de inclusão**

Os critérios de inclusão foram: (1) idosos, com 60 anos ou mais de ambos os sexos triados pelo Mini Exame Estado Mental (MEEM) e (2) aqueles que atenderam aos critérios de sarcopenia descritos pelo European Working Group Consensus on Sarcopenia in Older People – EWGSOP.

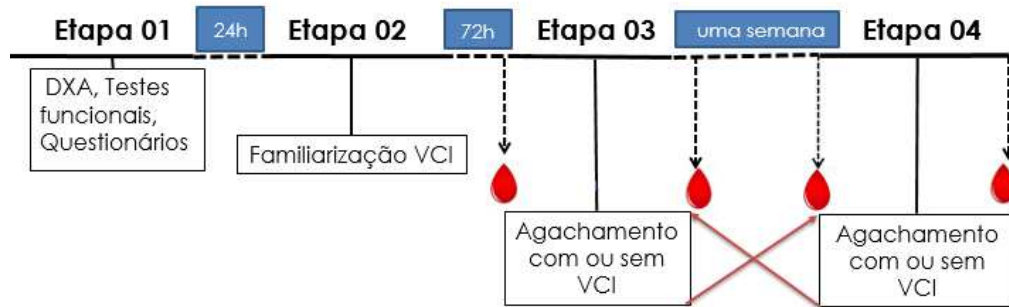
### **3.5 Critérios de exclusão**

Os critérios de exclusão foram: (1) ter uma doença aguda (2) doença crônica descompensada (3) participação em qualquer programa de treinamento físico nos três meses anteriores ao início das avaliações (4) ter contra-indicação para a plataforma vibratória, como epilepsia, cálculos biliares e cálculos renais, doenças neuromusculares e neurodegenerativas, acidente vascular cerebral, doença cardíaca grave ou aqueles com um implante, bypass ou stent.

### **3.6 Procedimentos**

No momento da seleção foi aplicado o questionário sociodemográfico e dados clínicos de saúde (APÊNDICE 2), constando perguntas sobre as condições sociais e clínicas dos participantes, histórico de doenças, contraindicação à plataforma vibratória e uso de medicamento. Após a seleção dos participantes, o estudo foi desenvolvido em 4 etapas. Na primeira etapa foram realizadas avaliação antropométrica, o exame de Absorimetria Radiológica de Dupla Energia (DEXA) para o diagnóstico dos participantes quanto à sarcopenia, os testes funcionais e aplicação de questionários. Na segunda etapa os participantes foram submetidos à familiarização com a VCI. Após o tempo mínimo de 72 horas, ou seja, na terceira etapa, a ordem de execução das duas situações experimentais foi aleatória e separada por uma semana. A randomização ocorreu por sorteio simples, na qual os protocolos foram marcados por números, onde o número 1 correspondia ao protocolo de intervenção (estímulo VCI) e o número 2 ao controle (agachamento sem VCI) e,

aleatoriamente, os indivíduos foram alocados em um dos protocolos. Antes e imediatamente após os dois protocolos foi realizada coleta sanguínea. Os mesmos participantes realizaram ambos os protocolos. O desenho experimental do estudo está esquematizado na figura 4.



**Figura 4.** Linha do tempo dos procedimentos experimentais do estudo.

### 3.6.1 Etapas do estudo

#### 3.6.1.1 Primeira Etapa - Avaliação da composição corporal, clínica e funcionalidade

A primeira etapa foi realizada nas dependências do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX) e do Departamento de Enfermagem da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Campus Diamantina, Minas Gerais). Todos os participantes realizaram os procedimentos avaliativos de forma individual, estando presente no local somente o pesquisador responsável pela aplicação dos testes. No primeiro dia, o participante compareceu ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX) em jejum de 08 horas, onde foram realizadas as medidas de composição corporal por meio da Absorimetria Radiológica de Dupla Energia (DEXA) e do Índice de Massa Corporal (IMC). Logo após a esses procedimentos foi oferecido um lanche padronizado ao participante. Em seguida, o participante se deslocou com o pesquisador para o Departamento de Enfermagem para avaliação da força de prensão manual (FPM) e realização do teste *Short Physical Performance Battery* (SPPB).

### 3.6.1.2 Segunda Etapa - Familiarização com a VCI

Todos os participantes selecionados foram previamente familiarizados com o protocolo intervenção (estímulo de VCI) e controle (agachamento sem VCI), adotando os mesmos parâmetros utilizados durante a sessão experimental, para evitar interferências devido à ansiedade gerada pela realização de um exercício diferente dos convencionais. O tempo de execução da familiarização em ambas as situações vibração e controle, foi realizar 1 série de 40 segundos do exercício e a permanência de 40 segundos em recuperação passiva, na posição ortostática, sobre a plataforma vibratória ligada e desligada, respectivamente.

### 3.6.1.3 Terceira e Quarta Etapas - Protocolo de intervenção (estímulo de VCI) ou controle (agachamento sem VCI)

O protocolo experimental foi realizado na sala da fisioterapia localizada no Campus 1 da UFVJM-Diamantina. Todos os participantes compareceram ao local às 7 horas e 30 minutos da manhã, em jejum de 8 horas. Antes de iniciar o protocolo experimental foi oferecido um lanche padronizado. O protocolo experimental consistiu na permanência durante 10 minutos em repouso. Durante esse período foram mensuradas a pressão arterial (PA) e a frequência cardíaca (FC). Os participantes foram orientados a permanecerem sentados, a não realizarem movimentos bruscos e se manterem em silêncio. Imediatamente após as mensurações em repouso, foi feita a randomização das duas situações para definição da sequência das intervenções que seriam realizadas. Em seguida foram encaminhados para a realização do protocolo intervenção (estímulo de VCI) ou controle (agachamento sem VCI) sobre a plataforma vibratória. O mesmo participante passou pelos dois protocolos, de forma randomizada e cruzada.

### 3.6.2 Protocolo de intervenção

Para a execução do protocolo intervenção (estímulo de VCI) os participantes foram encaminhados para a realização do exercício de agachamento dinâmico sobre a plataforma vibratória, com frequência de vibração de 40 Hz, 4 mm de amplitude e aceleração de 3,26 G. O exercício de agachamento consistiu de 8 séries de 40 segundos de exercícios de agachamento. Durante cada série de exercícios, os participantes foram instruídos a realizarem

3 segundos de flexão isométrica de quadríceps a 60° e 3 segundos de flexão isométrica de quadríceps a 10°. Entre as séries, os participantes foram orientados a permanecer 40 segundos em recuperação passiva, na posição ortostática, sobre a plataforma vibratória.

Para a execução do protocolo controle (agachamento sem VCI) os participantes realizaram a mesma série de exercícios de agachamentos do protocolo VCI, porém, estando a plataforma vibratória desligada. Foi utilizado o modelo comercial da plataforma vibratória (FitVibe, GymnaUniphy NV, Bilzen, Bélgica). Os parâmetros de vibração descritos foram selecionados devido ao fato da aceleração com este modelo de plataforma variar de 2G para 5G, que é considerada o suficiente para alcançar efeitos fisiológicos, tais como ganhos de força, potência muscular e resistência aeróbia (AVELAR *et al.*, 2011). O uso da frequência de vibração selecionada foi feito de acordo com Marin e Rhea (2010), que tem mostrado que a média geral dos treinamentos de frequência de 35-40 Hz foi mais apropriada em plataformas verticais.

Em ambas situações (vibração e controle) o tempo de execução do exercício foi em torno de 10 minutos. No primeiro minuto antes de iniciar o exercício e imediatamente no primeiro minuto após terminar o exercício foi realizada coleta sanguínea periférica. Cada coleta sanguínea foi feita por pessoal especializado e treinado, coletado de forma asséptica, por punção da veia antecubital em tubos contendo os anticoagulantes EDTA (06 mL de sangue para análise do estresse oxidativo) e 05 mL para o soro (análise do hormônio cortisol). Para análise dos biomarcadores oxidativos, o sangue foi centrifugado a 3.000 rpm, 4°C, por 10 min. Amostras de plasma foram armazenadas e estocadas em freezer -80°C até o momento da análise. Antes, durante e imediatamente após os dois protocolos foram mensuradas a FC por meio do oxímetro de pulso (Nonin Onyx 9500), aferição da PA com o participante sentado, e o nível de dispnéia e de fadiga de MMII pela aplicação da Escala Percepção Subjetiva de Esforço de Borg (ANEXO III).

### 3.6.3 Avaliações

#### 3.6.3.1 Desfechos primários

O desfecho primário foi determinado pelas variáveis hemodinâmicas coletadas antes, durante e após as situações (vibração e controle) e hormonal coletada antes e após as situações (vibração e controle).

#### 3.6.3.2 Desfechos secundários

O desfecho secundário foi determinado pelas variáveis biomarcadores oxidativos, coletadas antes e após as situações (vibração e controle).

#### 3.6.3.3 Caracterização antropométrica

Os participantes tiveram a massa corporal e a estatura mensuradas por meio de uma balança analógica (Welmy, modelo 110, precisão de 0.1 kg) com estadiômetro acoplado (precisão de 0,5 cm). O IMC foi calculado através da divisão da massa corporal (medida em Kilogramas-kg) pelo quadrado da estatura (medida em metros-m) e adotando-se os pontos de corte de Lipschitz (1994), sendo os participantes considerados eutróficos, quando o IMC estivesse entre 22kg/m<sup>2</sup> e 27kg/m<sup>2</sup> (ANEXO I).

#### 3.6.3.4 Avaliação da composição corporal

A massa corporal total, massa gorda, massa magra, densidade mineral óssea foram avaliadas por meio da Absorimetria Radiológica de Dupla Energia (DEXA) (Lunar Radiation Corporation, Madison, Wisconsin, USA, modelo DPX). Massa gorda e massa magra foram avaliadas por análise corporal total e por segmentos corporais (membros superiores, inferiores e tronco). Para essa análise os participantes foram posicionados na área de escaneamento do equipamento, de modo que a linha sagital demarcada no equipamento passasse sob o centro de alguns pontos anatômicos como crânio, coluna vertebral, pelve e membros inferiores. Os participantes foram avaliados trajando roupas leves, sem o uso de qualquer objeto de metal

que pudessem interferir nas medidas. Para o diagnóstico da sarcopenia, foi aplicada a seguinte fórmula: massa muscular apendicular/estatura<sup>2</sup> (ALM/h<sup>2</sup>) de acordo com Baumgartner *et al.* (1998). Estes autores definiram a massa muscular apendicular (ALM) como a soma da massa muscular dos quatro membros, gerando o índice relativo de massa muscular esquelética (RSMI). Foram utilizados como pontos de corte o valor referencial de <7.0 kg/m<sup>2</sup> <5.5 kg/m<sup>2</sup> para homens e mulheres, respectivamente (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019). O cálculo da massa muscular total foi derivado diretamente dos valores do DEXA em quilogramas, assim como o da massa gorda.

### 3.6.3.5 Avaliação funcional

Para a avaliação funcional os participantes foram orientados a trajar roupas leves e confortáveis, sapatos antiderrapantes, evitar a ingestão de cafeína e bebidas alcoólicas nas 24 horas antecedentes aos testes e ingerir 500 mL de água no mínimo duas horas antes dos testes. Para avaliar a funcionalidade, o desempenho físico e determinar a gravidade da sarcopenia, de acordo com o EWGSOP em seu consenso revisado, foram realizados os seguintes testes: velocidade de marcha de 4 metros, o *Short Physical Performance Battery* (SPPB) e a medida da força de preensão palmar. Os examinadores responsáveis pelas avaliações funcionais foram velados em relação aos grupos em que os participantes foram incluídos.

No teste de velocidade de marcha um percurso de 8 metros foi demarcado por cones e os participantes percorreram o trajeto em velocidade habitual, mas sem correr; o registro do tempo foi realizado desprezando os 2 metros iniciais (de aceleração) e finais (de desaceleração); o ponto de corte utilizado foi de  $\leq 0,8\text{m/s}$  (CRUZ-JEANTOF *et al.*, 2019) (ANEXO II). O SPPB é composto pelos testes de: equilíbrio estático em pé; velocidade de marcha em passo habitual; força muscular dos MMII estimada pelo teste de sentar e levantar de uma cadeira sem auxílio dos braços por cinco vezes (SL5). Para cada teste pontua-se o desempenho obtido com notas de 0 (pior desempenho) a 4 (melhor desempenho) e calcula-se o escore final que pode ser de no máximo 12 pontos. Deste modo, aqueles indivíduos que obtiveram nota de 0 a 3 – tem um desempenho ruim ou possuem algum tipo de incapacidade; notas de 4 a 6 – indicam baixo desempenho; notas de 7 a 9 demonstram desempenho moderado e de 10 a 12 denotam um bom desempenho. Para o diagnóstico de quadros sugestivos de sarcopenia o ponto de corte no SPPB é de  $\leq 8$  (CRUZ-JEANTOF *et al.*, 2019).

De acordo com recomendações da *American Society of Hand Therapists* (ASHT), a força de preensão palmar (kg) foi avaliada através do dinamômetro Jamar®, na segunda posição, por meio de uma contração isométrica aplicada sobre suas alças, estando o participante sentado, com ombro em neutro, cotovelo a 90 graus de flexão e punho em neutro. Foram realizadas três medidas da força de preensão da mão dominante e a média dessas medidas foi utilizada para análise. Um intervalo de um minuto foi dado entre cada uma das medidas (DIAS *et al.*, 2010). Pontos de corte de sarcopenia EWGSOP para baixa força de preensão manual foram <27 kg e <16 kg para homens e mulheres, respectivamente (CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019).

#### 3.6.3.6 Avaliação do estado cognitivo

O Mini Exame Estado Mental (MEEM) foi utilizado como critério para rastreamento do comprometimento cognitivo (ANEXO V). Apresenta alta sensibilidade e especificidade para a detecção de comprometimento cognitivo e de demência. Este instrumento apresenta questões que avaliam cinco dimensões: concentração, linguagem/práxis, orientação, memória e atenção. Apresenta um escore máximo de 30 pontos cujos pontos de corte são dependentes da escolaridade do indivíduo, ou seja: 13 para analfabetos, 18 para aqueles com até oito anos de escolaridade e 26 para aqueles indivíduos com escolaridade maior que oito anos.

#### 3.6.3.7 Medidas hemodinâmicas

A medida da pressão arterial (PA) foi realizada de acordo com os critérios da *American Heart Association* (AHA) para prevenir o início ou a interrupção do exercício (GARBER *et al.*, 2011). No início do estudo, durante (após cada série de exercício) e no primeiro minuto após o exercício, a pressão arterial sistólica (PAS), a pressão arterial diastólica (PAD) e a FC foram medidos. O duplo produto (DP) foi obtido multiplicando-se a PAS pela FC (BRUM *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2005). Os valores das medidas de PAS e PAD foram usados para calcular a pressão arterial média (PAM) (TIBANA *et al.*, 2011). O percentual da frequência cardíaca máxima (FCmax) prevista para idade foi calculado, de acordo com a fórmula (FCmax = 220-idade).



### 3.6.3.8 Análise Hormonal

Foi realizada a coleta sanguínea no primeiro minuto antes de iniciar o exercício e imediatamente no primeiro minuto após terminar o exercício nas situações (vibração e controle), para análise e determinação das concentrações séricas de cortisol pelo método de quimioluminescência, utilizando kits comerciais específicos para determinação desse parâmetro.

### 3.6.3.9 Análises biomarcadores oxidativos

A avaliação dos marcadores de estresse oxidativo foi determinada pela concentração do ácido tiobarbitúrico (TBARS), pelo poder antioxidante de redução do ferro e pela atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) das amostras de sangue coletadas em tubos de EDTA. As amostras sanguíneas foram centrifugadas e em seguida foi realizada a separação de plasma e papa de hemácias. Da concentração de papa de hemácias realizamos a lise celular. O lisado celular foi centrifugado (10.000xg, 30 min) e o sobrenadante foi utilizado para determinar a atividade das enzimas SOD e CAT. A concentração do plasma sanguíneo foi utilizada para determinar as concentrações dos marcadores de TBARS e FRAP.

#### 3.6.3.9.1 Determinação da concentração de TBARS

A reação do ácido tiobarbitúrico com o MDA, principal produto da peroxidação lipídica, foi utilizada para determinar a concentração de TBARS, de acordo com o método descrito por Ohkawa e colaboradores (1979). Aliquotas de lisado celular (0,2 mL) foram adicionadas em 250µL de ácido acético (2,5M, pH 3,4) e 250 µL ácido tiobarbitúrico (0,8%). Esta mistura foi incubada por 90 minutos a 95° C e depois centrifugada a 5.000 xg por 5 minutos (Jouan BR4i, Thermo Fisher Scientific, EUA). O sobrenadante da reação foi análise, em duplicata, no leitor de microplacas (Spectra Max 190, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, EUA) à 532nm. A concentração de TBARS foi estimada a partir da curva padrão de concentrações conhecidas de malondialdeído (1,1,3,3-tetramethoxypropane)

(Sigma, EUA) como padrão externo. A quantidade de malondialdeído (MDA) produzido foi interpretada como a concentração de TBARS. Os resultados foram expressos em equivalentes de MDA/107 células.

#### 3.6.3.9.2 Determinação do poder antioxidante de redução do ferro

Foi determinado pelo ensaio FRAP (ferric reducing antioxidant power) (BENZIE *et al*, 1996) está baseado na capacidade dos fenóis em reduzir o Fe<sup>3+</sup> em Fe<sup>2+</sup>. Quando isto ocorre, na presença de 2,4,6-tripiridils-triazina (TPTZ), a redução é acompanhada pela formação de um complexo corado com o Fe<sup>2+</sup>. O ensaio é expresso em ácido ascórbico equivalente. O sobrenadante da reação foi analisado, em duplicata, no leitor de microplacas (Spectra Max 190, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, EUA) à 595nm.

#### 3.6.3.9.3 Determinação da atividade da SOD

O ensaio para determinar a atividade da SOD (EC 1.15.1.1) foi realizado de acordo com Srivastava (2007) com algumas modificações. Resumidamente, foi adicionado 1mL de tampão fosfato de potássio (50mM, pH 7,8) contendo 1mM de ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA) a 0,1 mL do lisado celular. As amostras e tampão foram aquecidos a 37° C durante 3 minutos. A reação foi iniciada com a adição do pirogalol (0,2mM) (Sigma, EUA). A leitura foi realizada durante 4 minutos à 37°C no leitor de microplacas (Spectra Max 190, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, EUA), a 420 nm, em duplicata. A atividade da enzima, expressa em U/107 células, foi determinada a partir da capacidade da superóxido dismutase em inibir a autooxidação do pirogalol, onde 1U = 50% de inibição da autooxidação do pirogalol.

#### 3.6.3.9.4 Determinação da atividade da CAT

O ensaio para determinação da atividade da enzima CAT (EC 1.11.1.6) foi realizado conforme o método de Nelson e Kiesov (1972), com algumas modificações. Resumidamente, o peróxido de hidrogênio (0,3M) foi adicionado como substrato da reação a 0,03 mL de lisado celular, em tampão fosfato de potássio (50mM, pH 7,0), resultando em uma concentração final de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 2mM. A leitura foi realizada durante 1 minuto à 25°C em espectrofotômetro

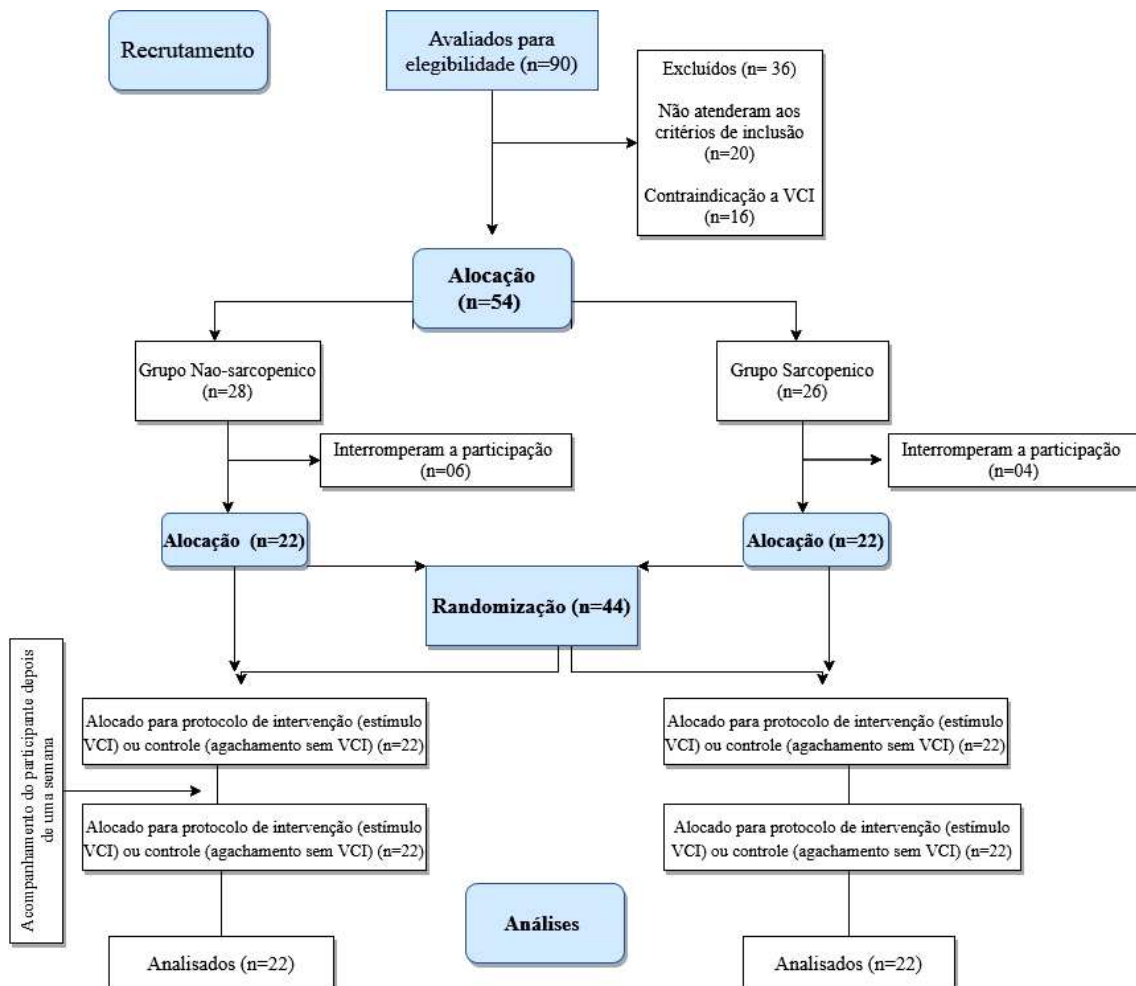
a 240nm (Libra S22 spectrophotometer, Biochrom, UK), em duplicata. Este procedimento evita a possível interferência associada com a atividade da glutathiona peroxidase, uma vez que os cofatores necessários não estão presentes no meio da reação. A atividade da catalase foi expressa em milimoles de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> decomposto por minuto/10<sup>7</sup> células.

### **3.7 Análise Estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software *GraphPad Prism 7.0 e SPSS 20.0*. As variáveis foram apresentadas em média e intervalo de confiança a 95%. Para a comparação entre os grupos na linha de base foi realizado o Teste t-independente (dados paramétricos) ou Teste de Mann-Whitney (dados não paramétricos). Para as comparações dos momentos repouso, durante e pós-exercício das variáveis hemodinâmicas entre os grupos e nos dois tipos de intervenções controle e VCI foi realizado uma análise multivariada para identificação do efeito e interação através da Anova two-way com medidas repetidas, com post-hoc pelo teste Bonferroni. O teste citado anteriormente também foi utilizado para a comparação repouso e pós exercício das variáveis hormonal e do balanço redox em cada grupo nos dois tipos de intervenção (controle e VCI). O delta das variáveis foi calculado pela subtração do valor durante o exercício e o repouso. Para a comparação dos deltas entre as intervenções e os grupos foi realizado o teste anova two-way com post hoc de teste Bonferroni. O nível de significância adotado foi de 5%.

## 4 RESULTADOS

No total, 90 participantes foram selecionados para elegibilidade. Destes, 20 não atenderam aos critérios de inclusão, 16 com contraindicação à VCI. Os 54 participantes foram alocados em dois grupos (não-sarcopênico - GNS) e (sarcopênicos - GS), sendo que, 06 interromperam a participação no GNS e 04 no GS. Assim, 44 participantes sarcopênicos (n=22) e não-sarcopênicos (n=22) foram randomizados e participaram do estudo. Ambos grupos passaram pelos protocolos de intervenção (estímulo de VCI) e controle (agachamento sem VCI). Todos os participantes conseguiram realizar as avaliações propostas. Não foram relatados efeitos adversos durante a intervenção (Fig. 5).



**Figura 5.** Fluxograma do estudo

As características antropométricas, clínicas e demográficas dos participantes na linha de base do estudo são apresentadas na tabela 1. A média de idade foi de 72,0 (68,9 – 75,2) e 71,6 (68,1 – 75,2) anos para o GNS e GS, respectivamente. Como esperado, houve diferenças significativas nas variáveis de composição corporal. O GS apresentou menor IMC ( $p < 0,0001$ ) e menor massa gorda ( $p < 0,009$ ) quando comparado ao GNS. Quanto ao RSMI, quando estratificado por sexo, homens e mulheres com sarcopenia apresentaram RSMI 6,5  $\text{kg}/\text{m}^2$  ( $p < 0,000$ ) e 5,2  $\text{kg}/\text{m}^2$  ( $p < 0,000$ ) respectivamente.

**Tabela 1.** Características antropométricas, clínicas e demográficas dos participantes na linha de base do estudo (n=44).

Características	Não-sarcopênico (n=22)	Sarcopênico (n=22)	p-valor
Idade (anos)	72,0 (68,9 – 75,2)	71,6 (68,1 – 75,2)	0,8590
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	24,9 (23,8 – 26,05)	21,3 (20,4 – 22,2)	<b>&lt;0,0001</b>
Gordura (%)	32,2 (29,4 – 35,1)	30,9 (27,1 – 34,8)	0,5934
Massa Magra (kg)	40,1 (36,9 – 43,3)	33,9 (30,9 -36,9)	<b>0,0137</b>
Massa Gorda (kg)	18,8 (17,1 – 20,5)	15,3 (13,2 – 17,4)	<b>0,0093</b>
RSMI – Homens ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )*	8,0 (7,6 – 8,4)	6,5 (6,2 – 6,8)	<b>&lt;0,000</b>
RSMI – Mulheres ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )*	6,4 (5,9 – 6,7)	5,2 (5,0 – 5,4)	<b>&lt;0,000</b>

Dados apresentados em média (IC 95%). Teste-t independente ou Teste Mann-Whitney. \*n=11. IMC: índice de massa corporal; RSMI: índice relativo de massa muscular esquelética. Os valores em negrito representam as variáveis com diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Detalhadamente, no GS 50% tinham hipertensão arterial sistêmica (HAS) e 18% tinham diabetes mellitus tipo 2 (DM2). No GNS, 50% eram hipertensos e 9,0% eram diabéticos tipo 2. No grupo sarcopênico 11 dos 22 participantes faziam uso contínuo de anti-hipertensivos, 02 de antidiabéticos e 02 participantes diabéticos faziam controle por dieta. Já no grupo não-sarcopênico 11 dos 22 participantes faziam uso contínuo de anti-hipertensivos e 02 de antidiabéticos.

Os indivíduos do GS apresentaram maiores tempos no TSL5 ( $p=0,006$ ) e menor velocidade de marcha ( $p = 0,030$ ) quando comparado ao GNS. Não houve diferença nas comparações entre os grupos para o SPPB e FMP, conforme demonstrado na tabela 2.

**Tabela 2.** Comparações entre os testes físicos e funcionais dos grupos não-sarcopênico e sarcopênico na linha de base do estudo (n=44).

Testes físicos	Não-sarcopênico (n=22)	Sarcopênico (n=22)	p-valor
SPPB (pontos)	10,8 (10,4 – 11,3)	10,1 (9,4 – 10,8)	0,1044
SL -5 (s)	9,0 (8,3 – 9,7)	10,9 (9,7 – 11,9)	<b>0,0061</b>
VM (m/s)	1,9 (1,8 – 2,1)	1,7 (1,5 – 1,8)	<b>0,0305</b>
FPM Total (kg)	36,2 (31,9 – 40,4)	32,1 (27,6 – 36,5)	0,1687
FPM Homens* (kg)	42,7 (37,0 – 48,4)	40,1 (36,5 – 43,5)	0,3752
FPM Mulheres* (kg)	29,6 (26,4 – 32,8)	24,1 (19,6 – 28,6)	0,0526

Legenda: Dados apresentados em média e desvio-padrão. Teste-t independente ou Teste Mann-Whitney. \*n=11. SPPB: *Short Physical Performance Battery*; SL-5: tete de sentar e levantar de 5 repetições; VM: velocidade de marcha; FPM: força de prensão manual. Os valores em negrito representam as variáveis com diferença estatisticamente significativa ( $p<0,05$ ).

#### 4.1 Desfechos primários

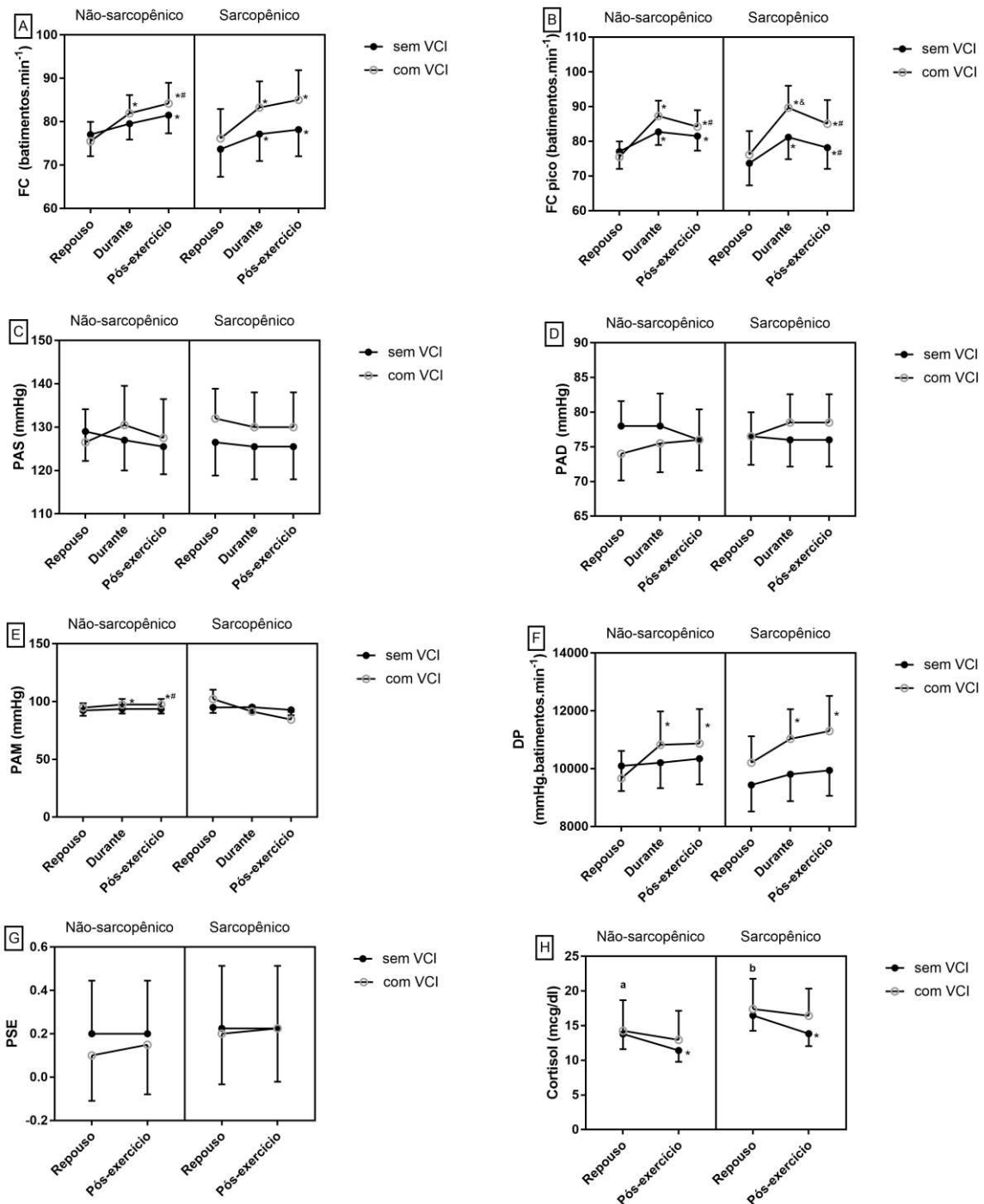
As variáveis FC (Fig.6A), FC pico (Fig.6B) e DP (Fig. 6F) foram semelhantes na linha de base entre os grupos. O exercício VCI aumentou todos esses parâmetros hemodinâmicos (durante e imediatamente após) em ambos os grupos (GS e GNS).

Não houve diferenças para a PAS (Fig.6C), PAD (Fig.6D) e PSE (Fig.6G) para ambos os grupos nas situações de exercício de agachamento com e sem VCI.

O comportamento da PAM foi semelhante na linha de base entre os grupos. No GNS houve discreto aumento significativo durante e imediatamente após o repouso nos exercícios de agachamento com VCI ( $p <0,05$ ) (Fig. 6E).

A Figura 6H mostra que houve diferença entre os grupos na linha de base, o GS apresentou maiores concentrações de cortisol sérico quando comparado ao GNS. No GS houve redução significativa após o exercício de agachamento sem VCI ( $p <0,05$ ), contudo, o cortisol sérico permaneceu mais elevado. No GNS, houve uma diminuição significativa do cortisol apenas após o exercício de agachamento sem VCI ( $p <0,05$ ).

**Figura 6.** Respostas imediatas hemodinâmicas e hormonal nas situações com e sem VCI nos grupos não sarcopênico e sarcopênico.



Os dados apresentados em médias e desvio-padrão. ANOVA TWO-WAY para medidas repetidas e Post Hoc Bonferroni. Significância \* diferença entre “repouso”; # diferença entre “durante” ( $p < 0,05$ ); & diferença entre protocolos (controle x VCI). Diferença entre a média dos valores no repouso entre os grupos (a#b). FC: frequência cardíaca; FC pico: frequência cardíaca pico; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; DP: duplo produto; PAM: pressão arterial média; PSE: percepção subjetiva de esforço.

Com o objetivo de comparar as alterações nas variáveis hemodinâmicas e do cortisol em resposta ao exercício foram realizadas comparações dos deltas (durante – repouso) e (pos-intervenção - repouso), respectivamente, conforme indicado por  $\Delta$ . Não houve diferenças na linha de base entre os GNS e GS para os parâmetros hemodinâmicos (FC, FC pico e DP) e hormonal (cortisol), contudo, a adição de VCI promoveu em ambos grupos uma variação significativamente maior da FC ( $p < 0,003$ ), da FC pico ( $p < 0,000$ ) e do DP ( $p < 0,00$ ) quando comparado ao exercício de agachamento sem VCI. No entanto, no GS houve uma redução significativamente maior nos níveis de cortisol sérico após o exercício de agachamento sem VCI ( $p < 0,03$ ), quando comparado ao exercício com vibração (tabela 3).

Em idosos, a adição da VCI ao exercício de agachamento aumentou a FC de repouso cerca de 57-59% da FC máx prevista para a idade, independente da presença de sarcopenia. Assim, considerando a prescrição de exercício físico para resistência cardiorrespiratória, a classificação da intensidade do exercício de agachamento com a adição de VCI representou esforço leve para a população estudada (dados não demonstrados).



**Tabela 3.** Comparação (delta) dos parâmetros hemodinâmicos e hormonal entre o repouso e após as situações vibração e controle nos grupos não-sarcopênico e sarcopênico (n=44).

Variáveis	Intervenção	Não -sarcopênicos	Sarcopênicos	Entre grupos		Intra-grupos		Interação	
				p	F	p	F	p	F
Δ FC, bpm	Agachamento	2,5 (0,00 - 4,98)	3,5 (0,99 - 5,96)	0,51	0,44	<b>0,003</b>	9,3	0,90	0,02
	VCI	6,5 (3,96 - 8,94)	7,1 (4,64 - 9,62)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	3,6 (0,44 - 7,47) *	3,7 (0,13 - 7,2) *						
Δ FC pico, bpm	Agachamento	5,7 (3,03 - 8,33)	7,5 (4,6 - 10,2)	0,19	1,77	<b>0,000</b>	20,9	0,97	0,001
	VCI	11,8 (9,2 - 14,5)	13,5 (10,9 - 16,2)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	6,14 (2,4 - 9,9) *	6,04 (2,3 - 9,8) *						
Δ PAS mmHg	Agachamento	-2,73 (-7,3 - 1,8)	-1,4 (-5,9 - 3,2)	0,62	0,24	0,06	3,54	0,28	1,18
	VCI	4,1 (-0,47 - 8,7)	0,45 (-4,10 - 5,0)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	6,8 (0,36 - 13,3)	1,8 (-4,63 - 8,3)						
Δ PAD mmHg	Agachamento	-0,45 (-3,89 - 2,98)	-0,45 (-3,89 - 2,98)	0,89	0,02	0,052	3,90	0,89	0,02
	VCI	2,73 (-0,70 - 6,2)	3,2 (-0,25 - 6,61)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	3,2 (-1,7 - 8,03)	3,6 (-1,22 - 8,5)						
Δ PAM mmHg	Agachamento	-1,21 (-4,48 - 2,05)	-0,76 (-4,02 - 2,51)	0,89	0,02	<b>0,03</b>	5,10	0,68	0,17
	VCI	3,2 (-0,08 - 6,45)	2,3 (-0,99 - 5,54)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	4,4 (-0,23 - 9,01) *	3,03 (-1,6 - 7,64)						
Δ DP, mmHg.bpm	Agachamento	144,36 (-318,43 -607,2)	337,2 (-125,61 - 799,97)	0,98	0,00	<b>0,001</b>	13,10	0,39	0,73
	VCI	1185,00 (722,21 - 1647,8)	981,14 (518,34 - 1443,93)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	1040,64 (386,15 - 1695,12) *	643,95 (-10,53 - 1298,44) *						

**Continuação da tabela 3.**

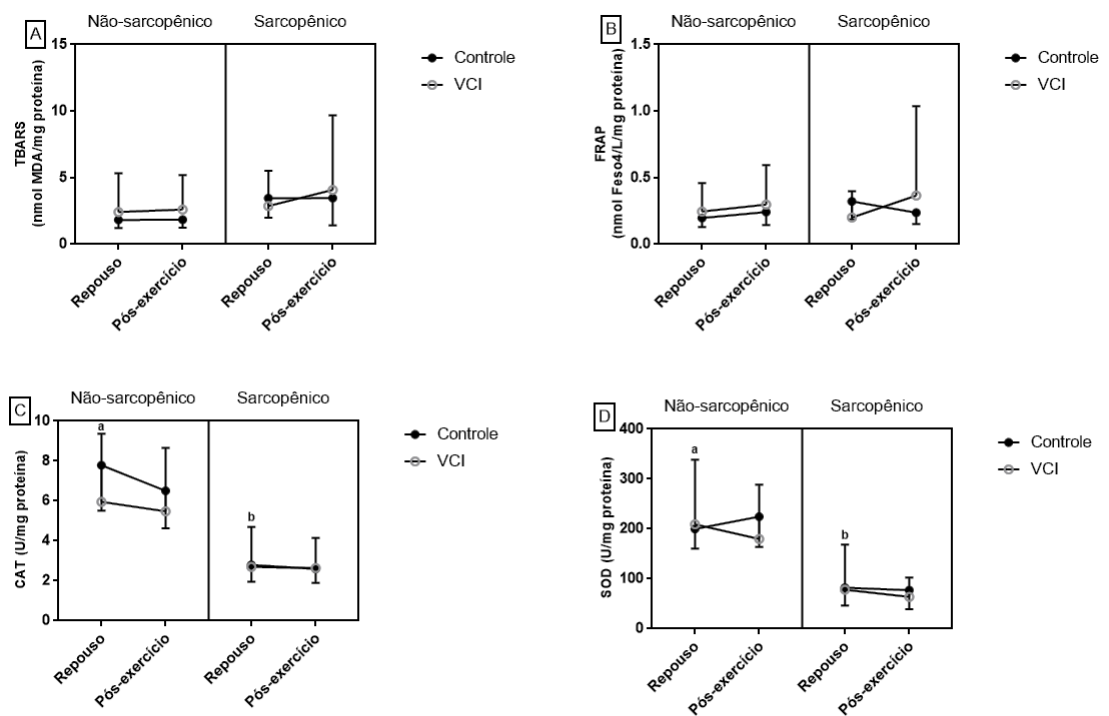
Δ PSE, pontos	Agachamento	0,00 (-0,05 - ,05)	0,00 (-0,05 - 0,05)	0,65	0,20	0,18	1,80	0,65	0,20
	VCI	0,04 (-,00 - ,09)	0,02 (-0,03 - 0,07)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	0,04 (-0,03 - 0,12)	0,02 (-0,05 - 0,09)						
Δ Cortisol, mcg/dl	Agachamento	-2,39 (-3,60 - -1,16)	-2,67 (-3,92 - -1,42)	0,97	0,00	<b>0,03</b>	5,04	0,62	0,25
	VCI	-1,31 (-2,53 - -0,09)	-0,97 (-2,2 - 0,24)						
	Média da diferença (intervalo de confiança)	1,07 (-0,65 -2,80)	1,69 (-0,05 - 3,44) *						

Valores são representados em médias (IC 95%). FC: frequência cardíaca; FC pico: frequência cardíaca pico; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; PAM: pressão arterial média; DP: duplo produto; PSE: percepção subjetiva de esforço. Delineamento experimental em blocos randomizados (inter-intervenção, intra-intervenção, análises de interação). ANOVA two-way (2 intervenções x 2 momentos), em ambos os grupos (não sarcopênicos e sarcopênicos). Valores F. \* Post Hoc Bonferroni.

## 4.2 Desfechos secundários

Em repouso, houve diferença entre os grupos para CAT e SOD. Os indivíduos sarcopênicos apresentaram valores reduzidos da atividade das enzimas antioxidantes CAT (Fig 7C) ( $p<0,0001$ ) e SOD (Fig. 7D) ( $p<0,0003$ ) em comparação com o GNS. Não houve diferenças para a atividades de CAT (Fig. C), SOD (Fig. D) e às concentrações plasmáticas de TBARS (Fig. A) e FRAP (Fig. B), para ambos os grupos nas situações de exercício de agachamento com e sem VCI.

**Figura 7.** Respostas imediatas dos biomarcadores oxidativos nas situações com e sem vibração de corpo inteiro nos grupos não sarcopênico e sarcopênico.



Os dados apresentados em médias e desvio-padrão. ANOVA TWO-WAY para medidas repetidas e Post Hoc Bonferroni. Diferença entre a média dos valores no repouso entre os grupos (a#b). TBARS: Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico; FRAP: Poder antioxidante de redução do ferro; CAT: Catalase; SOD: Superóxido dismutase.

Com o objetivo de comparar as alterações nas variáveis biomarcadores oxidativos em resposta ao exercício foram realizadas comparações dos deltas (pos-intervenção - repouso), conforme indicado por  $\Delta$ . Pelos resultados da tabela 4 é possível observar que não houve diferença intra-grupos, entre grupos e interação para nenhuma das variáveis avaliadas.

**Tabela 4.** Comparação (delta) dos biomarcadores oxidativos entre o repouso e após as situações vibração e controle nos grupos não-sarcopênico e sarcopênico (n=44).

Desfechos	Intervenção	Não-sarcopênico	Sarcopênico	Entre grupos		Intra-grupos		Interação	
				<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>P</i>	F
Δ TBARS (nmol MDA/mg proteína)	Controle	0,00 (-1,63 – 1,64)	0,02 (-1,62 – 1,66)	0,54	0,38	0,41	0,69	0,53	0,41
	VCI	1,22 (-0,42 – 2,85)	0,18 (-1,46 – 1,82)						
Δ FRAP (nmol Feso4/L/mg proteína)	Controle	-0,03 (-0,19 – 0,14)	0,02 (-0,15 – 0,19)	0,92	0,01	0,27	1,22	0,68	0,18
	VCI	0,11 (-0,06 – 0,27)	0,08 (-0,09 – 0,25)						
Δ CAT (U/mg proteína)	Controle	-0,20 (-2,19 – 1,78)	-1,28 (-3,27 – 0,69)	0,46	0,56	0,63	0,23	0,74	0,11
	VCI	-0,06 (-2,05 – 1,92)	-0,47 (-2,46 – 1,51)						
Δ SOD (U/mg proteína)	Controle	-4,97 (-52,26 – 42,32)	9,79 (-37,50 – 57,08)	0,87	0,03	0,39	0,76	0,44	0,61
	VCI	-7,01 (-54,35 – 40,23)	2,73 (-76,77 – 17,81)						

Anova Two-way com post-hoc de Bonferroni. TBARS: Espécies reativas ao ácido tiobarbitúrio; FRAP: Poder antioxidante de redução do ferro; CAT: Catalase; SOD: Superóxido dismutase.

## 5 DISCUSSÃO

Até onde se sabe este foi o primeiro trabalho a investigar os efeitos imediatos de uma sessão do exercício de VCI nos parâmetros hemodinâmicos, hormonal e biomarcadores oxidativos no contexto da sarcopenia. Os principais achados do estudo foram: (1) a VCI promove uma maior variação na FC quando comparado ao exercício de agachamento isoladamente; (1) indivíduos sarcopênicos apresentaram maiores concentrações séricas de cortisol e valores reduzidos das enzimas antioxidantes em comparação com o grupo não-sarcopênico; (2) uma sessão aguda de exercício de VCI não foi capaz de promover alterações significativas nas variáveis hormonal e nos biomarcadores oxidativos de indivíduos sarcopênicos.

Este estudo utilizou o DEXA, considerado padrão ouro pelo Consenso Europeu para o diagnóstico de sarcopenia e, conforme o esperado, indivíduos com sarcopenia apresentaram baixos valores para as variáveis antropométricas, semelhante ao encontrado por Liu *et al.* (2014). Estudo de Woodrow (2009), ao usar o DEXA para determinar a medida da massa muscular, revelou que a massa muscular esquelética diminuiu com o aumento da idade. Resultados concordantes foram demonstrado por Verlaan *et al.* (2017), em que a massa muscular, foi menor nos idosos com sarcopenia em comparação com os não sarcopênicos.

A diferença entre idosos não-sarcopênicos e sarcopênicos na comparação do desempenho funcional foi relatada em estudos prévios, com resultados semelhantes aos nossos (NEWMAN, 2006; GALE, 2007; WOO, 2009). Resultado similar de um estudo brasileiro conduzido por Melo (2012), identificou que idosos sarcopênicos apresentaram associação negativa com o desempenho funcional em relação aos idosos não-sarcopênicos, bem como, com os resultados do estudo de Yamada *et al.* (2013), no qual idosos com sarcopenia apresentaram escores significativamente menores em todos os testes de desempenho funcional em comparação aos idosos com sarcopenia. Apesar das diferenças encontradas em nosso estudo, os resultados funcionais estão dentro dos valores normais de acordo com EWGSOP (Cruz-Jentoft *et al.*, 2019).

A avaliação da força dos membros superiores realizada pelo teste de preensão manual apresenta-se como importante indicador da capacidade funcional dos idosos, fragilidade e sarcopenia, sendo que as mulheres apresentam maior prevalência de incapacidade e limitações funcionais (KIMURA *et al.*, 2007; FRIED *et al.*, 2001; CRUZ-JENTOFT *et al.*, 2019). Xu *et al.* (2018) mostraram diferenças significativas de gênero, mulheres tendo menos massa

muscular e menor força muscular. Embora essa diferença não tenha aparecido em nosso estudo, a redução da força muscular pode ser explicada pela relação entre a FPM e a fase da menopausa, e o subsequente declínio do estrogênio que leva a mudanças na massa e força muscular das mulheres (MALTAIS *et al.*, 2009).

Evidências mostram que o exercício físico é promotor de diversos benefícios à saúde, que incluem a manutenção da massa muscular e da funcionalidade com a idade (JOSEPH *et al.*, 2016). Embora os treinos resistidos sejam indicados, o exercício de VCI foi recentemente introduzido como uma modalidade de exercício alternativa, capaz de promover ganhos de força e de potência de membros inferiores em jovens (DELECLUSE *et al.*, 2003; PETIT *et al.*, 2010), bem como em idosos (MACHADO *et al.*, 2010). Estudos avaliaram o efeito agudo do exercício de VCI em população de jovens e idosos e observaram melhora na força muscular e potência de membros superiores e inferiores, no desempenho físico e na aptidão cardiorrespiratória de idosos sarcopênicos (CHANG *et al.*, 2018; MILLER *et al.*, 2018; ZHU *et al.*, 2019).

Estudos apontam que os efeitos do exercício de resistência podem ser otimizados se combinado com VCI (VALENZUELA *et al.*, 2019). Resultados do nosso grupo demonstraram o impacto clínico e a eficiência da associação da vibração ao agachamento, ao observar aumento da força do músculo quadríceps, melhora do desempenho funcional de idosas com osteoartrite de joelho (SIMÃO *et al.*, 2019; AVELAR, 2010) e melhora da capacidade funcional de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) (NEVES *et al.*, 2018). Esses achados foram atribuídos ao fato da vibração associada ao agachamento ter produzido uma adaptação neuromuscular, representada pelo aumento no número de unidades motoras recrutadas e melhora na sincronização destas unidades motoras.

As respostas imediatas em indivíduos sarcopênicos ao estímulo do exercício de VCI associado com exercícios de agachamento são pouco esclarecidas. Nossos resultados mostraram que o efeito imediato do exercício de VCI foi capaz de aumentar a FC média de indivíduos com sarcopenia de forma semelhante a indivíduos não sarcopênicos. A adição de vibração promoveu em ambos grupos uma variação significativamente maior da FC média quando comparado ao exercício de agachamento dinâmico. Comportamento semelhante foi observado para FC pico principalmente durante o exercício de vibração. Os achados deste estudo corroboram com os estudos de Avelar *et al.* (2011) e Cochrane *et al.* (2011), em que

um aumento significativo na FC foi encontrado durante o exercício de VCI em comparação ao exercício sem vibração em idosos sedentários.

Essas respostas cardiovasculares parecem ser o resultado da adição de vibração que induz alterações nos tecidos levando à ativação dos fusos musculares causando uma contração reflexa para modular a rigidez dos músculos envolvidos, conhecida como reflexo de vibração tônica (DAVID *et al.*, 2015), promovendo onde a ativação muscular ocorre, aumento da perfusão muscular associada à vasodilatação periférica, principalmente em membros inferiores. Além disso, o aumento do volume de ejeção devido ao aumento do retorno venoso é um fator que pode estar relacionado à regulação das adaptações agudas ao exercício, como o aumento da FC e o conseqüente aumento do débito cardíaco (RITTWEGGER *et al.*, 2000; HAZELL *et al.*, 2008).

Nossos dados demonstraram que, em idosos, a adição da VCI ao exercício de agachamento aumentou a FC de repouso cerca de 57-59% da FC máxima prevista para a idade, independente da presença de sarcopenia. Assim, de acordo com as diretrizes do *American College of Sports Medicine* (ACSM) (2011), apesar da vibração ter aumentado a FC durante a realização do exercício de agachamento, os padrões mínimos de intensidade para a prescrição de exercícios físicos com o objetivo específico de melhorar a aptidão cardiorrespiratória não foram atingidos, independente da presença de sarcopenia (diretriz para a prescrição de intensidade moderada mínima cerca de 64% FCmax prevista para a idade).

Embora a exposição à vibração tenha aumentado a FC média em ambos os grupos, a intensidade registrada pela FC representou esforço leve (intensidade de esforço leve 57-63% FCmax prevista para a idade) (ACMS, 2011). Outros estudos que utilizaram o mesmo protocolo de exercícios proposto no presente estudo identificaram que a VCI em baixa intensidade, promoveu alterações cardiorrespiratórias semelhantes em pessoas saudáveis com fibromialgia e DPOC, respectivamente (RIBEIRO *et al.*, 2018; LAGE *et al.*, 2019).

Além da FC pico, a PSE e o DP são importantes parâmetros do sistema cardiovascular para monitorar a intensidade em diferentes modalidades de exercício (PINHEIRO *et al.*, 2014). Em nosso estudo, embora tenham sido observadas diferenças nas variáveis hemodinâmicas, essas diferenças não causaram aumento na PSE, visto que os indivíduos classificaram o exercício de VCI como leve. O DP se relaciona estreitamente com a função ventricular e com o consumo de oxigênio pelo miocárdio (BRUM *et al.*, 2004; MIRANDA *et al.*, 2005). Assim, esta variável pode ser utilizada como um parâmetro seguro para a prescrição e o acompanhamento da prática de exercícios físicos por diversas populações,



inclusive idosos (MIRANDA *et al.*, 2006; POLITO e FARINATTI, 2003). Em testes de esforço, elevações fisiológicas do DP podem indicar uma boa condição de irrigação coronariana e função miocárdica, enquanto que valores baixos de DP se associam a doença cardíaca e maior propensão à mortalidade (DEL ANTONIO e ASSIS, 2017). O DP foi semelhante na linha de base entre os grupos. O exercício VCI aumentou o DP (durante e imediatamente após) em ambos os grupos (GS e GNS), porém o valor máximo para DP durante o exercício de vibração não ultrapassou o limiar de isquemia miocárdica, acima de 30.000 mmHg.bpm, considerado como ponto de corte para a angina pectoris (FORNITANO & GODOY 2006), mostrando que o efeito imediato do exercício de VCI foi de baixo risco cardíaco e seguro para idosos sarcopênicos.

Estudo de Aoyama *et al.* (2019), ao investigar os efeitos agudos do exercício de VCI nas funções endotelial e hemodinâmica em idosos sedentários com doença cardiovascular, verificou que a função endotelial melhorou após o exercício de vibração, bem como, não houve eventos adversos, como vertigem, quedas, arritmias letais ou elevações excessivas da pressão arterial durante o exercício de VCI. Em nossos achados, a adição de vibração não promoveu alterações significativas na PAS e na PAD em ambos grupos quando comparado ao exercício de agachamento sem VCI, no entanto, no GNS houve um discreto aumento significativo da PAM durante e imediatamente após o exercício de vibração. De acordo com a literatura, poucos estudos descreveram os efeitos imediatos do exercício VCI na PAM (RITTWEGER *et al.*, 2000; COCHRANE *et al.*, 2011).

Esse achado pode ser explicado pela vibração que aumenta a estimulação muscular (CARDINALE & BOSCO, 2003), que associada ao exercício de agachamento dinâmico, pode potencializar o efeito e estimular significativamente o sistema cardiovascular, aumentando a FC e o fluxo sanguíneo (LYTHGO *et al.*, 2009), bem como, o aumento do volume sanguíneo (KERSCHAN-SCHINDL *et al.*, 2001; MALONEY-HINDS *et al.*, 2009). Esses aumentos podem estar relacionados ao reflexo de contração-relaxamento estimulado pela vibração, fazendo com que uma maior massa muscular seja recrutada para permitir que o indivíduo continue se exercitando (como os músculos do tronco) (YE & YUEN, 2014).

O presente estudo verificou que os indivíduos sarcopênicos apresentaram maiores concentrações séricas basais de cortisol em relação ao indivíduos não-sarcopênicos, com diferença entre os grupos na linha de base. O envelhecimento também está associado com a disfunção do eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal, o que leva a um aumento da liberação de

glicocorticoides a partir do córtex adrenal. A sarcopenia é a manifestação física da fragilidade (FRIED, 2004). Em idosos sarcopênicos possivelmente, o cortisol aumentado já é uma consequência dessa alteração do sistema neuroendócrino na senescência e está relacionado ao catabolismo muscular e redução na síntese de proteínas no envelhecimento (WATERS *et al.*, 2008). Resultado semelhante encontrado por Yanagita *et al.* (2019), demonstraram valores mais altos nas concentrações séricas de cortisol em idosos com sarcopenia em comparação aos não-sarcopênicos. O estudo de Waters *et al.* (2008) identificaram que idosos sarcopênicos apresentaram maiores picos de cortisol salivar do que idosos saudáveis. Em idosos com maiores concentrações de cortisol salivar, foi observado maior risco de fraturas, diminuição da massa magra e fragilidade. (VAZ *et al.*, 2013; PEETERS *et al.*, 2008; GARDNER *et al.*, 2011). No GS houve uma redução significativamente maior nos níveis de cortisol sérico após o exercício de agachamento sem VCI (16,0%), quando comparado ao exercício com vibração (5,0%). Importante destacar que a coleta sanguínea em ambas situações experimentais ocorreu no mesmo horário do dia, os exercícios tiveram duração de 10 min, excluindo a influência do possível efeito das variações do ritmo circadiano de liberação do cortisol sobre as medidas. (SELMAOUI e TOUITOU, 2003; WRIGHT *et al.*, 2015).

Níveis aumentados de cortisol podem indicar que um maior estímulo de exercício está presente e que uma certa quantidade de estresse físico é necessária para desencadear uma resposta de cortisol (HAKKINEN *et al.*, 1993). O exercício físico induz a secreção de cortisol, estimulando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA). Sua produção e magnitude de respostas agudas são dependentes da intensidade do parâmetro e da duração do estímulo (GIMINIANI *et al.*, 2020; BUENO, 2011; SPIERING *et al.*, 2009). A contração muscular por meio da ação da VCI pode produzir respostas metabólicas (GOJANOVIC *et al.*, 2014) nas quais podem levar ao aumento do estresse metabólico. A adição da VCI durante o exercício de agachamento frequentemente resulta em maior contração muscular e, portanto, pode induzir uma maior resposta ao exercício (CAI *et al.*, 2018).

Apesar dos resultados deste estudo reforçarem achados prévios do nosso grupo que classificaram a intensidade do estímulo de VCI como de baixa intensidade (AVELAR *et al.*, 2011; RIBEIRO *et al.*, 2018; NEVES *et al.*, 2018; LAGE *et al.*, 2019), a menor variação da concentração sérica do cortisol nos indivíduos sarcopênicos após a VCI, parece ser uma resposta fisiológica ao estresse físico induzida pela exposição à vibração (KIA *et al.*, 2020).

Observamos em nosso estudo, que houve redução maior das concentrações séricas do cortisol após o exercício de agachamento dinâmico sem o estímulo de vibração. Tal resultado

pode ser explicado em função do exercício de agachamento mesmo sem a vibração ter induzido a liberação de miocinas anti-inflamatória pelo músculo e promovido um efeito anti-inflamatório (LUSTOSA *et al.*, 2017). A redução do cortisol circulante após o exercício de força tem sido reportado (KRAEMER *et al.*, 1998). Estudos não observaram na resposta aguda, aumento na concentração de cortisol após exercício de resistência (UCHIDA *et al.*, 2004; KRAEMER *et al.*, 1998). Essas respostas podem ser relevantes para inibição do catabolismo protéico e favorecimento da agregação de proteínas pela redução da sua degradação promovida pelo exercício (HICKSON *et al.*, 1990; GOLDSPINK *et al.*, 1992; KRAEMER *et al.*, 2020).

Evidências apontam que o estresse oxidativo na sarcopenia, ocorre devido ao aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e pela diminuição da proteção antioxidante enzimática (DAMIANO *et al.*, 2019). As células contêm enzimas antioxidantes, dentre elas, SOD e CAT. Essas enzimas são necessárias para a sobrevivência celular, pois a inibição da sua atividade leva à interrupção da mitose e à morte celular (KASAPOGLU e OZBEN, 2001). Nesse sentido, nosso estudo demonstrou que idosos sarcopênicos apresentaram menores concentrações basais dessas enzimas em comparação aos não-sarcopênicos o que pode indicar um desequilíbrio do balanço redox. Resultado semelhante foi encontrado por Tavares (2015), em que idosos sarcopênicos da comunidade apresentaram significativamente menores médias das concentrações das enzimas antioxidantes SOD e CAT do que idosos não sarcopênicos.

O exercício agudo de VCI não modificou as concentrações dos biomarcadores oxidativos em nosso estudo. De acordo com Pingitore *et al.* (2015), a relação entre exercício e estresse oxidativo é extremamente complexa, dependente do tipo, intensidade do esforço e duração do exercício. Esses autores afirmaram que o uma sessão de exercício causa estresse oxidativo, embora esse mesmo estímulo seja necessário para permitir uma regulação positiva nas defesas antioxidantes endógenas.

Estudo de Souza Jr e colaboradores (2005), sugere que atividades físicas intensas de longa duração, promovam mais estresse oxidativo do que atividades de curta e média duração realizadas em alta intensidade. Conclui ainda que, o exercício intenso estimula o estresse oxidativo dependendo da sua duração. Tal achado pode explicar os nossos resultados, uma vez que, a intensidade utilizada foi leve e o exercício de curta duração.

Um ensaio randomizado realizado por Santos *et al.* (2019), para investigar o efeito agudos da VCI nos marcadores de estresse oxidativo em mulheres de meia-idade com fibromialgia, utilizando os mesmos parâmetros de vibração do presente estudo, demonstrou que o estímulo de VCI promoveu uma redução na atividade enzimática de CAT, TBARS e FRAP e aumento na atividade enzimática da SOD, sugerindo um efeito modulatório da VCI sobre o balanço redox de mulheres com fibromialgia. As diferenças entre os nossos achados e os de Santos *et al.* (2019), podem ser explicadas pelas diferentes condições de saúde estudadas.

Entretanto, resultados semelhantes foram mostrados por Kia *et al.* (2020), um único estímulo agudo à VCI não foi suficiente para modificar o estresse oxidativo e avaliar a indução de danos musculares em adultos saudáveis. Resultado semelhante foi descrito por Theodorou *et al.* (2015), no qual o estímulo agudo de VCI não induziu alterações na capacidade antioxidante total de mulheres saudáveis após VCI.

No estudo atual a VCI mostrou ser bem tolerada pelos participantes, de maneira que não foram relatados efeitos adversos durante a intervenção, podendo ser considerada uma alternativa de exercício viável e complementar às formas tradicionais implementadas nos programas de políticas públicas voltadas para as populações especiais. É importante enfatizar que qualquer aumento nos níveis de atividade em idosos seria útil (AVELAR *et al.*, 2011), uma vez que, a partir dos 60 anos, fatores como conveniência e problemas de saúde levam à baixa adesão à atividade física (COCHRANE *et al.*, 2008). De acordo com as Diretrizes de Atividade Física (2008), os idosos devem fazer exercícios físicos multicomponentes. Um estudo conduzido por Emerenziani *et al.* (2014), com pessoas de meia-idade, verificaram que a inclusão do exercício VCI com outros exercícios promoveu grande adesão. Além disso, o risco cardiovascular gerado pelo exercício de agachamento associado à VCI é baixo em idosos (HAZELL *et al.*, 2008; COCHRANE *et al.*, 2008).]. Claramente, essa modalidade é benéfica para aqueles que são frágeis (FREITAS *et al.*, 2018; LAM *et al.*, 2016).

### Pontos fortes e limitações

Algumas limitações do presente estudo devem ser destacadas. Embora o número de participantes tenha sido baseado no cálculo do tamanho da amostra, o baixo tamanho da amostra pode ter influenciado a ausência de diferenças estatísticas significativas para algumas variáveis. Outra limitação importante foi a baixa frequência de sarcopênicos graves na amostra. Pacientes em estágios mais avançados podem apresentar respostas diferentes das apresentadas. Assim, as características da amostra podem restringir a generalização dos resultados. A distribuição dos participantes entre os grupos foi realizada de forma pareada pelo sexo, idade e classe de medicamentos, a fim de minimizar a influência de variáveis de confusão. Em adição, foi realizado o cegamento dos examinadores responsáveis pelas avaliações, o que mantém a comparabilidade dos grupos durante o ensaio e assegura uma avaliação dos desfechos livres de viés. Complementarmente, este trabalho produziu resultados que auxiliam a compreensão dos efeitos agudos da VCI na sarcopenia e oferecem subsídios para a elaboração de protocolos de treinamento físico tendo a VCI como instrumento complementar.

Para a execução do exercício WBV, utilizamos uma frequência de 40 Hz, combinada com uma duração próxima a 360 s por sessão, intermitente. A escolha dos parâmetros de vibração obedeceu a parâmetros eficazes para melhorar e preservar o desempenho físico em idosos com sarcopenia (MILLER *et al.*, 2018; WEI *et al.*, 2017). Além disso, a literatura aponta os parâmetros utilizados como preferíveis para estimular os músculos e limitar a fadiga (COCHRANE *et al.*, 2011), foi usado em estudos que avaliaram o efeito da exposição à vibração aguda em idosos (AVELAR *et al.*, 2011), em mulheres de meia-idade com fibromialgia (RIBEIRO, *et al.*, 2018) e em idosos com DPOC (LAGE *et al.*, 2019).

Os pontos fortes e as aplicações dos achados deste estudo são que os efeitos imediatos induzem modificações seguras nos parâmetros hemodinâmicos em idosos sarcopênicos. Apesar da VCI ser considerada uma boa estratégia de terapia complementar, estudos futuros devem ser realizados a fim de se avaliar curvas de doses respostas para verificar a efetividade do efeito imediato do exercício de VCI em idosos sarcopênicos.

## 6 CONCLUSÃO

Embora os efeitos imediatos do exercício VCI sejam seguros em termos hemodinâmicos, não alcançou o percentual mínimo da FC máxima para prescrição de exercício físico visando resistência cardiorrespiratória (64% FCmax prevista para a idade) em idosos, independente da presença de sarcopenia. Em adição, os parâmetros adotados foram insuficientes para modificar as concentrações sanguíneas de cortisol e dos biomarcadores oxidativos em idosos sarcopênicos.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho destaca-se por sua relevância na prática clínica. Apesar do interesse científico para investigar recursos para o tratamento da sarcopenia, ainda não há um consenso claro sobre os efeitos de intervenções clínicas. As revisões demonstram a variabilidade de resultados sobre o uso do exercício de VCI e a dificuldade de conclusões devido a falhas metodológicas que geram viés de interpretações. Este estudo, com base metodológica bem estruturada, demonstra que a VCI é benéfica para idosos com sarcopenia, pois induzem modificações seguras nos parâmetros hemodinâmicos. Assim, os dados enriquecem a literatura vigente e reforçam a evidência científica quanto ao uso dessa modalidade de exercício.

## 8 REFERÊNCIAS

ACSM. **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**. American College of Sports Medicine - tradução Dilza Balteiro Pereira de Campos. 9. ed.; Rio de Janeiro: Guanabara, 2014.

ALEXANDRE, T. S; DUARTE, Y. A; SANTOS J. L; *et al.* Prevalence and associated factors of sarcopenia, dynapenia, and sarcodynepenia in community-dwelling elderly in São Paulo – SABE Study. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 2018; 21(SUPPL 2): E180009.

ALEXANDRE, T. S; DUARTE, Y. A; SANTOS, J. L; *et al.* Prevalence and associated factors of sarcopenia among elderly in Brazil: findings from the SABE study. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, 2014; 18:284-90.

ALEXANDRE, T. S; DUARTE, Y. A; SANTOS, J. L; *et al.* Sarcopenia according to the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) versus dynapenia as a risk factor for mortality in the elderly. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, 2014; 18(8): 751-6.

ALMEIDA FECHINE, B. R; TROMPIERI, N. O processo de envelhecimento: as principais alterações que acontecem com o idoso com o passar dos anos. **InterSciencePlace**, 2012; v.1, n.20.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. ATS Statement: Guidelines for the Six-Minute Walk Test. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, 2002; v. 166, n. 1, p. 111–117.

AMERICAN THORACIC SOCIETY; EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, 2002; 166 (4), 518-624.



AMMAR, A; BRACH, M; TRABELSI, K; *et al.* Effects of COVID-19 home confinement on eating behaviour and physical activity: results of the ECLB-COVID19 International Online Survey. **Nutrients**. 2020;12(6).

AOYAMA, A; TOJO, M. Y; OBARA, S; *et al.* Acute Effects of Whole-Body Vibration Training on Endothelial Function and Cardiovascular Response in Elderly Patients with Cardiovascular Disease. **International Heart Journal**, 2019; 60: 854-861.

AVELAR, N. C. P. **Caracterização e efeitos da adição de vibração de todo o corpo aos exercícios de agachamento em idosos com osteoartrite de joelho**. 2010. Dissertação [Mestrado] – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. 2010.

AVELAR, N. C. P; SIMÃO, A. P; TOSSIGE-GOMES, R; *et al.* The effect of adding whole body vibration to squat training on the functional performance and self-report of disease status in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled clinical study. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, 2011; v.17, p.1-7.

BARBIERI, M; FERRUCCI, L; RAGNO, E; *et al.* Chronic inflammation and the effect of IGF-I on muscle strength and power in older persons. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, 2003; 284: E481–E487.

BAUMGARTNER, R; KOEHLER, K; GALLAGHER, D; *et al.* Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. **American Journal of Epidemiology**, 1998; 147:755–763.

BAZET-JONES, D. M; FINCH, H. W. DUGAN, E. L. Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on counter-movement jump performance. **Journal of Sports Science and Medicine**, 2008; Vol. 7. p. 144-150.

BEMBEN, D; STARK, C; TAIAR, R; *et al.* Relevance of Whole-Body Vibration Exercises on Muscle Strength/Power and Bone of Elderly Individuals. **Dose Response**, 2018; 16(4).

BENZIE, I. F; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a 489 measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, 1996; 239: 70 -76, 490.

BERNARDI, D. F; REIS, M. A. S; LOPES, N. B. O tratamento da sarcopenia através do exercício de força na prevenção de quedas em idosos: revisão de literatura. **Ensaio e Ciência: C. biológicas, Agrárias e da Saúde**, 2008; v XII, Nº 2, p.197-213.

BERTOLUCCI, P; BRUCKI, S. M. D; CAMPACCI, S. O mini exame do estado mental em uma população geral. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, 1994; 52(1):1-7.

BIDONDE, J; BUSCH, A. J; VAN DER SPUIY, I; *et al.* Whole body vibration exercise training for fibromyalgia. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, n. 9, 2017

BINDER, E. F; YARASHESKI, K. E; STEGER-MAY, K; *et al.* Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2005;60(11):1425-31.

BOGAERTS, A; DELECLUSE, C; CLAESSENS, A. L; *et al.* Impact of wholebody vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: A 1-year randomized controlled trial. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2007; 62, 630–635.

BOUTIN, R. D; YAO, L; CANTER, R. J; *et al.* Sarcopenia: Current Concepts and Imaging Implications. **AJR American Journal of Roentgenology**, 2015;205:W255-66.

BRUM, P.C; FORJAZ, C. L. M; TINUCCI, T; *et al.* Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. **Revista Paulista de Educação Física**, 2004; São Paulo, v. 18, n. 2, p. 21-31.

BUENO J. R. Cortisol e exercício: efeitos, secreção e metabolismo. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício**, 2011; 178.

BUTLER, A; GALLAGHER, D; GILLESPIE, P; *et al.* Frailty: a costly phenomenon in caring for elders with cognitive impairment. **International Journal of Geriatric Psychiatry**, 2016; 31: 161–168.

CADENAS, E; DAVIES, K. J. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging. **Free Radical Biology and Medicine**, 2000;29(3-4):222-30.

CAI, Z. Y; CHEN, W.C; WU, C. M. Acute effects of whole body vibration combined with blood restriction on electromyography amplitude and hormonal responses. **Biology of Sport**, 2018; 301–307.

CARDINALE, M; BOSCO, C. The use of vibration as an exercise intervention. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 2003; v. 31, n. 1, p. 3-7.

CARDINALE, M; J. LIM. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. **The Journal of Strength & Conditioning Research**. 17:621–624, 2003.

CASTRO, M. C; GURZENDA, S; TURRA, C. M; KIM, S; ANDRASZAY, T; GOLDMAN, N. Reduction in the 2020 Life Expectancy in Brazil after COVID-19. **medRxiv** 2021.

CAWTHON, P. M; LUI, L. Y; TAYLOR, B. C; *et al.* Clinical Definitions of Sarcopenia and Risk of Hospitalization in Community-Dwelling Older Men: The Osteoporotic Fractures in Men Study. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2017; 72(10): 1383–1389.

CEDERHOLMA, T; MORLEY, J. E. **Review Sarcopenia: the new definitions**. Volume 18 Number 1. January 2015. Disponível em: [www.co-clinicalnutrition.com](http://www.co-clinicalnutrition.com). Acesso em: 10 de março de 2020.

CHAN, K. S; LIU, C. W; CHEN, T. W; *et al.* Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantar flexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled study. **Clinical Rehabilitation**, 2012; 26 ( 12 ): 1087-1095.

CHANG, S. F; LIN, P. C; YANG, R. S; *et al.* The preliminary effect of the whole body vibration intervention on improvement in skeletal muscle mass index, physical fitness and quality of life in elderly people with sarcopenia. **BMC Geriatrics**, 2018; 18: 17.

CHASTIN, S. F; FERRIOLLI, E; STEPHENS, N. A; *et al.* Relationship between sedentary behaviour, physical activity, muscle quality and body composition in healthy older adults. **Age Ageing**, 2012;41:111–4.

COBLEY, J. N; SAKELLARIOU, G. K; OWENS, D. J; *et al.* Lifelong training preserves some redox-regulated adaptive responses after an acute exercise stimulus in aged human skeletal muscle **Free Radical Biology & Medicine**, 2014; 70:23–32.

COCHRANE, D. J. Vibration exercise: the potential benefits. **International Journal of Medicine**, 2011; v. 32, n. 2, p. 75-99.

COCHRANE, D. J; SARTOR, F; WINWOOD, K; *et al.* A comparasion of the physiologic effects of acute whole body vibration exercise in young and older people. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 2008; v. 89, p. 815-821.

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

CORMIE, P; DEANE, R. S; TRIPLETT, N. T; *et al.* Acute effects of whole-body vibration on muscle activity strength and power. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2006; Vol. 20. Núm. 2. p. 257-261.

CRISPIM, K. G. M. **Condições de vida e saúde, distúrbios da comunicação e fatores associados: inquérito populacional em idosos residentes em Manaus, AM.** 2014. Tese [Doutorado] - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2014.

CRUZ, D. T; RIBEIRO, L. C; VIEIRA; M. T; *et al.* Prevalência de quedas e fatores associados em idosos. **Revista de Saúde Pública**, 2012; 46(1), 138-146.

CRUZ-JENTOFT, A. J; BAEYENS, J; BAUER, J; *et al.* Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, 2010; v. 39, p. 412-423.

CRUZ-JENTOFT, A. J; BAHAT, G; BAUER, J; *et al.* Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. **Age and Ageing**, 2019; 0:1–16.

CRUZ-JENTOFT, A. J; LANDI, F. Sarcopenia. **Clinical Medicine**, 2014; Vol 14, No 2: 183–6.

CRUZ-JENTOFT, A. J; LANDI, F; SCHNEIDER, S. M; *et al.* Prevalence and interventions for sarcopenia in elderly adults: a systematic review. International Sarcopenia Initiative Report (EWGSOP and IWGS). **Age and Ageing**, 2014; Vol. 43, Issue 6, pg 748–759.

CRUZ-JENTOFT, A. J; MORLEY, J. E. **Definitions of Sarcopenia.** Sarcopenia, First Edition. John Wiley & Sons, Ltd; 2012.

CURCIO, F; FERRO, G; BASILE, C; *et al.* Biomarkers in sarcopenia: A multifactorial approach. **Experimental Gerontology**, 2016;85:1-8.

DAGDEVIREN, C; YANG, B. D; SU, Y; *et al.* Conformal piezoelectric energy harvesting and storage from motions of the heart, lung, and diaphragm. **Proceedings of the National Academy of Science the United States of America**, 2014;111(5):1927-1932.

DAMIANO, S; MUSCARIELLO, E; LA ROSA, G; *et al.* Dual Role of Reactive Oxygen Species in Muscle Function: Can Antioxidant Dietary Supplements Counteract Age-Related Sarcopenia? **International Journal of Molecular Science**, 2019; 20(15): 3815.

DEL ANTONIO, T. T; ASSIS, M. R. Rate-pressure product and variation of heart rate after isokinetic effort in adults and elderly. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, 2017; Vol. 23, No 5.

DELECLUSE, C; ROELANTS, M; VERSCHUEREN, S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2003;35(6):1033-41.

DENT, E; MORLEY, J. E; CRUZ-JENTOFT, A. J; *et al.* International Clinical Practice Guidelines for Sarcopenia (ICFSR): Screening, Diagnosis and Management. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, 2018;22(10):1148-1161.

DIAS, J. A; OVANDO, A. C; KULKAMP, W; *et al.* Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, 2010; v.12, n.3, p. 209-216.

DIRETRIZES. I Diretriz Brasileira de Diagnóstico e Tratamento da Síndrome Metabólica. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, 2005; 84(supl 1):1-28.

DIZ, J. B. M; LEOPOLDINO, A. P. O; MOREIRA, B. S; *et al.* Prevalence of sarcopenia in older Brazilians: A systematic review and meta-analysis. **Geriatrics & Gerontology International**, 2017; 17: 5–16.

EMERENZIANI, G. P; MEUCCI, M; GALLOTTA, M. C; *et al.* Whole body vibration: unsupervised training or combined with a supervised multi-purpose exercise for fitness? **Journal of Sports Science**, 2014;1033–1041.

FERRARI, E; CRAVELLO, L; MUZZONI, B; *et al.* Alterações relacionadas à idade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal: correlações fisiopatológicas. **European Journal of Endocrinology**, 2001; 144 (4): 319–329.

FERRUCCI, L; CORSI, A; LAURETANI, F; *et al.* The origins of age-related proinflammatory state. **Blood**, 2005; 105: 2294–2299.

FIELDING, R. A; KATULA, J; MILLER, M. E; *et al.* Activity adherence and physical function in older adults with functional limitations. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2007; 39(11):1997–2004.

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

FORNITANO, L. D; GODOY, M. F. Duplo Produto Elevado Como Preditor de Ausência de Coronariopatia Obstrutiva de Grau Importante em Pacientes Com Teste Ergométrico Positivo. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, 2006; v 86, n 2, p 138-144.

FRANCESCHI, C; CAPRI, M; MONTI, D; *et al.* Inflammaging and anti-inflammaging: a systemic perspective on aging and longevity emerged from studies in humans. **Mechanisms of Ageing and Development**, 2007; 128: 92–105.

FREIBERGER, E; SIEBER, C; PFEIFER, K. Physical activity, exercise, and sarcopenia - future challenges. **Wiener Medizinische Wochenschrift**, 2011; 161:416-25.

FREITAS, E. D. S; FREDERIKSEN, C; MILLER, R. M; *et al.* Acute and Chronic Effects of Whole-Body Vibration on Balance, Postural Stability, and Mobility in Women With Multiple Sclerosis. **Dose Response**, 2018; 16(4).

FRIED, L. P; TANGEN, C. M; WALSTON, J; *et al.* Frailty in older adults: evidence for a phenotype. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2001;56(3):M146- 56.

FRIED, L. P; FERRUCCI, L; DARER, J; WILLIAMSON, J. D; ANDERSON, G. Untangling the concepts of disability, frailty and comorbidity: Implications for improved targeting and care. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2004;59(3):M255- 63.

FULLE, S; PROTASI, F; DI TANO, G; *et al.* The contribution of reactive oxygen species to sarcopenia and muscle ageing. **Experimental Gerontology**, 2004; 39(1):17-24.

FUNAI, F; PARKINGTON, J. D; CARAMBULA, S; *et al.* Age associated decrease in contraction-induced activation of downstream targets of Akt/mTOR signaling in skeletal muscle. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, 2006; 290, R1080-R1086.

GALE, R. C; ARTYN, C. N; COOPER, C; *et al.* Grip strength, body composition and mortality. **International Journal of Epidemiology**, 2007; 36(1):228-235.

GARBER, C. E; BLISSMER, B; DESCHENES, M. R; *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2011;43:1334–1359.

GARCÍA-ARTERO, E; PORCEL, F. O; RUIZ, J. R; *et al.* Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales. **Selección**, 2006; v. 15, n. 2, p. 78-86.

GARDNER, M. P; LIGHTMAN, S. L; GALLACHER, J; *et al.* Diurnal cortisol patterns are associated with physical performance in the Caerphilly Prospective Study. **International Journal of Epidemiology**, 2011;40(6):1693-702.



GARG, S; KIM, L; WHITAKER, M; *et al.* Hospitalization rates and characteristics of patients hospitalized with laboratory-confirmed coronavirus disease 2019 - COVID-NET. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 2020;69(15):458–64.

GIMINIANI, R. D; RUCCI, N; CAPUANO, L; *et al.* Individualized Whole-Body Vibration: Neuromuscular, Biochemical, Muscle Damage and Inflammatory Acute Responses. **Dose-Response**, 2020; 1–12.

GIOMBINI, A; MACALUSO, A; LAUDANI, L; *et al.* Acute effect of whole-body vibration at optimal frequency on muscle power output of the lower limbs in older women. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, 2013; v. 92, n. 9, p. 797-804.

GIRESI, PG; STEVENSON, E. J; THEILHABER, J; *et al.* Identification of a molecular signature of sarcopenia. **Physiological Genomics**, 2005; 21: 253–263.

GOJANOVIC, B; FEIHL, F; GREMION, G; *et al.* Physiological response to whole-body vibration in athletes and sedentary subjects. **Physiological Research**, 2014;779–792.

GOLDSPINK, G. Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. In: Komi PV, editor. *Strength and power in sport*. **Oxford: Blackwell Scientific Publications**, 1992;221-9.

GOODPASTER, B. H; CHOMENTOWSKI, P; WARD, BK; *et al.* Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial. **Journal of Applied Physiology**, 2008; 105(5):1498-503.

GURALNIK, J. M; FERRUCCI, L; SIMONSICK, E. M; *et al.* Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. **The New England Journal of Medicine**, 1995; 332: 556–561.

HAGERMAN, F. C; WALSH, S. J; STARON, R. S; *et al.* Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. **The**

**Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2000; 55(7):B336–46.

HAMAGUCHI, K; KURIHARA, T; FUJIMOTO, M; *et al.* The Effects of Low-Repetition and Light-Load Power Training on Bone Mineral Density in Postmenopausal Women With Sarcopenia: A Pilot Study. **BMC Geriatrics**, 2017; 2;17(1):102.

HASKELL, W. L; LEE, I. M; PATE, R. R; *et al.* Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2007; 39:1423-34.

HAKKINEN, K; PAKARINEN, A. Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes, *Journal of Applied Physiology*, 1993; 882–887.

HASTEN, D. L; PAK-LODUCA, J; OBERT, K. A; *et al.* Resistance exercise acutely increases MHC and mixed muscle protein synthesis rates in 78–84 and 23–32 yr olds. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, 2000;278(4):E620–6.

HAZELL, T. J.; THOMAS, G. W.; DEGUIRE, J. R.; LEMON, P. W. Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. **European Journal of Applied Physiology**, 2008; v. 104, n. 5, p. 903-908.

HE, L; KHANAL, P; MORSE, C. I; *et al.* Differentially methylated gene patterns between age-matched sarcopenic and non-sarcopenic women. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, 2019; 10(6): 1295–1306.

HICKSON, R. C; CZERWINSKI, S. M; FALDUTO, M. T; *et al.* Glucocorticoid Antagonism by Exercise and Androgenic-Anabolic Steroids. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 22 (3), 331-40 Jun 1990.

HIRSCHFELD, H. P; KINSELLA, R; DUQUE, L. Osteosarcopenia: where bone, muscle, and fat collide. **Osteoporosis International**, 2017; 28(10):2781-2790.

HONG J. Whole body vibration therapy for diabetic peripheral neuropathic pain: case report. **Health Sciences Journal**, 2011; 5:66-71.

HONG, J; BARNES, M; KESSLER, N. Case study: use of vibratory therapy in the treatment of diabetic neuropathy of small peripheral fibers. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, 2013; 17 : 235-238.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE projeções**. 2020. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/> . Acesso em: 14/04/2020.

JACKS, D. E; SOWASH J; J. ANNING; *et al.* Efeito do exercício em três intensidades de exercício no cortisol salivar. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2002;16, 286-289.

JANG, Y. C; LUSTGARTEN, M. S; LIU, Y; *et al.* Increased superoxide in vivo accelerates age-associated muscle atrophy through mitochondrial dysfunction and neuromuscular junction degeneration. **The FASEB Journal**, 2010;24(5):1376-90.

JANSSEN I. Influence of sarcopenia on the development of physical disability: the Cardiovascular Health Study. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2006; 54: 56–62.

JANSSEN, I; SHEPARD, D. S; KATZMARZYK, P. T; *et al.* The healthcare costs of sarcopenia in the United States. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2004; 52(1):80-85.

JEON, Y. K; SHIN, M. J; KIM, C. M; *et al.* Effect of Squat Exercises on Lung Function in Elderly Women With Sarcopenia. **Journal of Clinical Medicine**, 2018; 5;7(7):167.

JOHNSON, P. K; FELAND, J. B; JOHNSON, A. W; *et al.* Effect of Whole Body Vibration on Skin Blood Flow and Nitric Oxide Production. **Journal of Diabetes Science and Technology**, 2014; 8(4):889–894.

JORDAN, M. J; NORRIS, S. R; SMITH, D. J; *et al.* Vibration training: An overview of the area, training consequences, and future considerations. **Journal of Strength Conditioning Research**, 2005; 19, 459–466.

JOSEPH, A. M; ADHIHETTY, P. J; LEEUWENBURGH, C. Beneficial effects of exercise on age-related mitochondrial dysfunction and oxidative stress in skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, 2016; 594(18):5105–5123.

JUNIOR, E. G; BARONI, B. M; VAZ, M. A. Efeitos do exercício com vibração corporal total sobre o sistema neuromuscular: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, 2012; v.6, n.36, p.612-622.

KASAPOGLU, M; OZBEN, T. Alterações de enzimas antioxidantes e marcadores de estresse oxidativo no envelhecimento. **Experimental Gerontology**, 2001; 36 (2):209-20.

KAWANABE, K; KAWASHIMA, A; SASHIMOTO, I; *et al.* Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. **The Keio Journal of Medicine**, 2007; v. 56, n. 1, p. 28-33.

KERSCHAN-SCHINDL, K; GRAMPP, S; HENK, C; RESCH, H; PREISINGER, E; FIALKA-MOSER, V; IMHOF, H. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. **Clinical Physiology**, 2001; 21, 377–382.

KIA, K; FITCH, S. M; NEWSOM, S. A; *et al.* Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. **Applied Ergonomics**, 2020;85.

KIMURA, T; KOBAYASHI, H; NAKAYAMA, E; *et al.* Effects of aging on gait patterns in the healthy elderly. **Anthropological Science**, 2007;115(1):67-72.

KIRWAN R; MCCULLOUGH D; BUTLER T; HEREDIA F.P; DAVIES I.G; STEWART C. Sarcopenia during COVID-19 lockdown restrictions: long-term health effects of short-term muscle loss. **GeroScience**, 2020;42:1547–1578.

KORTEBEIN, P; FERRANDO, A; LOMBEIDA, J; *et al.* Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. **Jama**, 2007;297(16):1772–4.

KRAEMER, W. J; STARON, R. S; HAGERMAN, F. C; *et al.* The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, 1998;78:69-76.

LAGE, V. K. S. **Efeito agudo da vibração de corpo inteiro nos parâmetros cardiorrespiratórios e inflamatórios em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica**. 2017. Dissertação [Mestrado] – Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 87 p.:il, 2017.

LAGE, V. K. S; LACERDA, A. C. R; NEVES, C. D. C; *et al.* Cardiorespiratory Responses in Different Types of Squats and Frequencies of Whole Body Vibration in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Journal of Applied Physiology (1985)**, 2019; 126 (1), 23-29 2019.

LAM, W. N; GOH, H. T; KAMARUZZAMAN, S. B; *et al.* Normative data for hand grip strength and key pinch strength, stratified by age and gender for a multiethnic Asian population. **Singapore Medical Journal**, 2016; 57(10): 578–584.

LEE, D. Y; KIM, E; CHOI, M. H. Technical and clinical aspects of cortisol as a biochemical marker of chronic stress. **Bmb Reports**, 2015; 48 (4), 209–216.

LEXELL, J; TAYLOR, C. C; SJOSTROM, M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fibre types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-yearold men. **Journal of Neurological Science**, 1988; 84, 275–294.

LIPSCHITZ D, A. Screening for nutritional status in the elderly. **Primary Care**. 1994; 21:55-67.

LIU, C. K; LENG, X; HSU, F. C; *et al.* The impact of sarcopenia on a physical activity intervention: the lifestyle interventions and independence for elders pilot study (life-p). **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, 2014; 18(1): 59–64.

LIU, Y; ZHAI, M; GUO, F; *et al.* Whole Body Vibration Improves Insulin Resistance in db/db Mice: Amelioration of Lipid Accumulation and Oxidative Stress. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, 2016; 179:819-829.

LOURENÇO, R. A. A Síndrome de Fragilidade no Idoso: Marcadores Clínicos e Biológicos. **Revista do Hospital Universitário Pedro Ernesto, UERJ**, 2008; v. 7, n. 1.

LUSTOSA, L. P; BATISTA, P. P; PEREIRA, D. S; PEREIRA, L.S.M; SCIANNI, A; RIBEIRO-SAMORA, G.A. Comparison between parameters of muscle performance and inflammatory biomarkers of non-sarcopenic and sarcopenic elderly women. **Clinical Interventions in Aging**, 2017:12.

LYTHGO, N; ESER, P; DE GROOT, P; GALEA, M. Whole-body vibration dosage alters leg blood flow. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, 2009; 29, 53–59.

MACHADO, A; GARCÍA-LÓPEZ, D; GONZÁLEZ-GALLEGO, J; *et al.* Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized controlled trial. **Scand. Journal Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2010; 20, 200–207.

MAHBUB, M. H; HASE, R; YAMAGUCHI, N; *et al.* Acute effects of whole body vibration on blood flow dysfunction, vibrotactile perception and balance in the elderly. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2020; 17 (3): 1069.

MALONEY-HINDS, C; PETROFSKY, J. S; ZIMMERMAN, G; HESSINGER, D. A. The role of nitric oxide in skin blood flow increases due to vibration in healthy adults and adults with type 2 diabetes. **Diabetes Technology & Therapeutics**, 2009; 11, 39–43

MARÍN, P. J. Revisión de las relaciones entre la dosis y respuesta del entrenamiento con vibraciones sobre la fuerza y la potencia muscular. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, 2011; v. 4, n. 01, p. 29-37.

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

MARÍN, P. J; SANTOS-LOZANO, A. SANTIN-MEDEIROS, F; *et al.* Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older adults: potential use of vibration accessories. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 2012; v. 22, n. 3, p. 456-462.

MARTINEZ, B. P; CAMELIER, F. W. R; CAMELIER, A. A. Sarcopenia em idosos: um estudo de revisão. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, 2014;4(1):62-70.

MARZETTI, E; CALVANI, R; CESARI, M; *et al.* Mitochondrial dysfunction and sarcopenia of aging: from signaling pathways to clinical trials. **The International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, 2013; 45(10):2288-301.

MARZETTI, E; LEEUWENBURGH, C. Skeletal muscle apoptosis, sarcopenia and frailty at old age. **Experimental Gerontology**, 2006;41:1234–1238.

MASANES, F; CULLA, A; NAVARRO-GONZALEZ, M; *et al.* Prevalence of sarcopenia in healthy communitydwelling elderly in an urban area of Barcelona (Spain). **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, 2012;16(2):184-7.

MCGREGOR, R. A; CAMERON-SMITH, D; POPPITT, S. D. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. **Longevity & Healthspan**, 2014; 3: 9.

MELO, C. D. **Sarcopenia e incapacidade funcional em idosos de Cuiabá – Mato Grosso**. 2012. Dissertação [Mestrado]. Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso; 2012; 60 p.

MESSINA, C; MAFFI, G; VITALE, J. A; ULIVIERI, F. M; *et al.* Diagnostic imaging of osteoporosis and sarcopenia: a narrative review. **Quantitative Imaging in Medicine and Surgery**, 2018; 8(1): 86–99.

METTER, E. J; TALBOT, L. A; SCHRAGER, M; *et al.* Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2002; 57: B359–B365.

MICHEL, J. P. Sarcopenia: there is a need for some steps forward. **Journal of the American Medical Directors Association**, 2014; 15:379–380.

MILLER, R. M; HEISHMAN, A. D; FREITAS, E. D. S; *et al.* Comparing the Acute Effects of Intermittent and Continuous Whole-Body Vibration Exposure on Neuromuscular and Functional Measures in Sarcopenia and Nonsarcopenic Elderly Women. **Dose Response**, 2018; 16(3).

MIRANDA, A. C. S; PAIVA, F. S; BARBOSA, M. B, *et al.* Respostas Do Duplo-Produto Envolvendo Séries Contínuas e Fracionadas Durante O Treinamento de Força. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, 2006; v 1, n 5, p 107-116.

MIRANDA, H; SIMÃO, R; LEMOS, A; *et al.* Análise da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em diferentes posições corporais nos exercícios resistidos. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**, 2005;11(5):295-8.

MORLEY, J. E. Sarcopenia in the elderly. **Family Practice**, 2012; 29:i44–i48.

MOSTARDA, C; WICHI, R; SANCHES, IC; *et al.* Hypertension and autonomic modulation in olders: role of exercise training. **Revista Brasileira de Hipertensão**, 2009; vol.16(1):55-60.

MURAKI S. Transdisciplinary Approach for Sarcopenia. Physical Activity and Sarcopenia. **Clinical Calcium**, 2014; 24(10):1449-56.



NELSON, M. E; REJESKI, W. J; BLAIR, S. N; *et al.* Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Medicine & Science in Sports and Exercise**, 2007; vol. 39, pg. 1435-45.

NELSON, D. P; KIESOW, L. A. Enthalpy of decomposition of hydrogen peroxide by catalase at 25 degrees C (with molar extinction coefficients of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> solutions in the UV). **Analytical Biochemistry**, 1972; v. 49(2), p. 474-8.

NETO, S; MARCONI, E; KUTTER, C; *et al.* Beneficial effects of whole body mechanical vibration alone or combined with auriculotherapy in the pain and in flexion of knee of individuals with knee osteoarthritis. **Acupuncture & Electrotherapeutics Research**, 2017;42(3):185–201.

NEVES, C. D. C. **Treinamento de vibração de corpo inteiro promove aumento da força muscular e melhora clínica da funcionalidade e qualidade de vida, sem alterar as concentrações plasmáticas de marcadores inflamatórios de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica**. 2017. Tese [Doutorado]. Programa Multicêntrico de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2017.

NEWMAN, A. B; KUPELIAN, V; VISSER, M; *et al.* Sarcopenia: alternative definitions and association with lower extremity function. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2003; 51:1602-9.

NEWMAN, A. B; KUPELIAN, V; VISSER, M; *et al.* Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2007; 61:72-77.

NIKOLAIDIS, M. G. The effects of resistance exercise on muscle damage, in the sense of blood position and redox status in young and old. **Geriatrics (Basel)**, 2017; set; 2 (3): 20.

OHKAWA, H; OHISHI, N; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues bythiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, 1979; v. 95, p. 351-358.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2005.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Grupo científico da OMS sobre a avaliação da osteoporose no nível primário de saúde**. Relatório sumário da reunião realizado em Bruxelas. Bélgica, 2004; p. 5-7.

PAINEIRAS-DOMINGOS, L. L; OLIVEIRA, R; MARIO, F. T; *et al.* Acute Effects of whole-body vibration on the pain level, flexibility, and cardiovascular responses in individuals with metabolic syndrome. **Dose Response**, 2018; v.16(4).

PAIVA, P. C; FIGUEIREDO, C. A; REIS-SILVA, A; *et al.* Acute and Cumulative Effects With Whole-Body Vibration Exercises Using 2 Biomechanical Conditions on the Flexibility and Rating of Perceived Exertion in Individuals With Metabolic Syndrome: A Randomized Clinical Trial Pilot Study. **Dose Response**, 2019; 17(4).

PANISSET, J. A; ROCHA, A. F; BÁLSAMO, S; *et al.* Exercício físico resistido: um fator modificável na sarcopenia em idosos. **Estudos Interdisciplinares Sobre o Envelhecimento**, 2012; v. 17, n. 2, p. 293-304.

PARMET, W. E; SINHA, M. S. Covid-19 — the law and limits of quarantine. **The New England Journal of Medicine**, 2020;382(15):e28.

PEETERS, G. M; VAN SCHOOR, N. M; VAN ROSSUM, E. F; *et al.* The relationship between cortisol, muscle mass and muscle strength in older persons and the role of genetic variations in the glucocorticoid receptor. **Clinical Endocrinology**, 2008;69:673-82.

PEREIRA, D. S. **Interação entre os polimorfismos dos genes das citocinas TNF- $\alpha$ , IL6, IL10 e os efeitos do exercício físico em idosos**. 2012. Tese [Doutorado] – Universidade

Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, 2012, 211fl.

PETIT, P. D; PENSINI, M; TESSARO, J; *et al.* Optimal whole-body vibration settings for muscle strength and power enhancement in human knee extensors. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 2010; 20, 1186–1195.

PHILLIPS, A. C; CARROLL, D; GALE, C. R; *et al.* Cortisol, DHEA sulphate, their ratio, and all-cause and cause-specific mortality in the Vietnam Experience Study. **European Journal of Endocrinology**, 2010; 163 ( 2 ):285–292.

Physical Activity Guidelines for Americans. **Oklahoma Board of Nurse**. 53(4):25.

PINGITORE, A; LIMA, G. P. P; MASTORCI, F; *et al.* Exercise and Oxidative Stress: Potential Effects of Antioxidant Dietary Strategies in Sports. **Nutrition**, 2015; 31 (7-8), 916-22.

POLITO, M. D; FARINATTI, P. T. V. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. **Revista Portuguesa de Ciência e Desporto**, 2003; v 1, n 3, p 79-91.

PRISBY, R. D; LAFAGE-PROUST, M. H; MALAVAL, L; *et al.* Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: what we know and what we need to know. **Ageing Research Reviews**, 2008;7(4):319–329.

RAJENDRASOZHAN, S; YANG, S. R; EDIRISINGHE, I; *et al.* Deacetylases and NF-kappaB in redox regulation of cigarette smoke-induced lung inflammation: epigenetics in pathogenesis of COPD. **Antioxidants & Redox Signaling**, 2008; 10(4):799-811.

RANTANEN, T; HARRIS, T; LEVEILLE, S. G; *et al.* Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2000;55: M168–M173.

RAUCH, F; SIEVANEN, H; BOONEN, S; *et al.* International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. Reporting wholebody vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. **Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions**, 2010;10(3):193-198.

REGTERSCHOT, G. R; VAN HEUVELEN, M. J; ZEINSTRA, E. B; *et al.* Whole body vibration improves cognition in healthy young adults. **PLoS One**, 2014;9(6).

RIBEIRO, V. G. C. **Fibromialgia: respostas de biomarcadores inflamatórios após estímulo agudo de vibração de corpo inteiro**. 123 p.il. 2016. Mestrado [Dissertacao]. Programa Multicêntrico de Pós-graduação em Ciências Fisiológicas - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2016.

RIBEIRO, V. G. C; MENDONÇA, V. A; SOUZA, A. L. C; *et al.* Inflammatory biomarkers responses after acute whole body vibration in fibromyalgia. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 2018; 51(4): e6775.

RITTWEGER, J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. **European Journal of Applied Physiology**, 2010;108(5):877–904.

ROELANTS, M; VERSCHUEREN, S. M; DELECLUSE, C; *et al.* Whole-body-vibration-induced increase in leg muscle activity during different squat exercises. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2006; 20: 124-9.

ROLLAND, Y; CZERWINSKI, S; ABELLAN VAN KAN, G. Sarcopenia: its evaluation, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. **The Journal of Nutrition, Health & Aging**, 2008; 12 (7): 433-450.

ROM, O; KAISARI, S; AIZENBUD, D; *et al.* Lifestyle and Sarcopenia – Etiology, Prevention, and Treatment. **Rambam Maimonides Medical Journal**, 2012;3(4):1-12.

ROSENBERG, I. H. Sarcopenia: Origens e relevância clínica. **The Journal of Nutrition**. 1997; 127: 990s-991s.

ROTH, S. M; FERRELL, R. F; HURLEY, B. F. Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. **The Journal of Nutrition, Health and Aging**, 2000;4(3):143-55.

SA-CAPUTO, D. C; MOREIRA-MARCONI, E; COSTA-CAVALCANTI, R. G; *et al.* Alterations on the plasma concentration of hormonal and non hormonal biomarkers in human beings submitted to whole body vibration exercises. **SRE**, 2015;10(8):287-297.

SANTOS, J. M; MENDONÇA, V. A; RIBEIRO, V. G. C; *et al.* Does whole body vibration exercise improve oxidative stress markers in women with fibromyalgia? **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, 2019; 52(8):e8688.

SCHOENFELD, B. J. Cinemática e cinética de agachamento de e sua aplicação no exercício de desempenho. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2010; 24:3497-3506.

SEHL, ME; YATES, F. E. Kinetics of human aging: I. Rates of senescence between ages 30 and 70 years in healthy people. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2001; 56: B198–B208.

SELMAOUI, B; TOUITOU, Y. Reproducibility of the circadian rhythms of serum cortisol and melatonin in healthy subjects: a study of three different 24-h cycles over six weeks. **Life Science**, 2003; 73 (26), 3339–3349, 2003.

SILVA, R.W. **Efeito do exercício vibratório e cicloergométrico sobre diferentes sistemas corporais em jovens sedentárias**. 2016. Tese [Doutorado] – Universidade Católica de Brasília, 2016.

SILVA, T. A. A; JUNIOR, A. F; PINHEIRO, M. M; *et al.* Sarcopenia and Aging: Etiological Aspects and Therapeutic Options. **Revista Brasileira de Reumatologia**, 2006; v. 46, n.6, p. 391 -397.

SIMÃO, A. P; AVELAR, N. C; TOSSIGE-GOMES, R; *et al.* Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 2012; v. 93, n. 10, p. 1692-1700.

SIN-JIN, M; LONG-JIANG, Y. Oxidative Stress, Molecular Inflammation and Sarcopenia. **International Journal of Molecular Science**, 2010;11(4):1509-26.

SIU, P. M; PISTILLI, E. E; ALWAY, S. E. Age-dependent increase in oxidative stress in gastrocnemius muscle with unloading. **Journal of Applied Physiology**, 2008; 105, 1695-705.

SJÖDIN, H; WILDER-SMITH, A; OSMAN, S; FAROOQ, Z; ROCKLÖV, J. Only strict quarantine measures can curb the coronavirus disease (COVID-19). **Euro Surveill**, 2020;25(13).

SOUZA JUNIOR, T. P; OLIVEIRA, P. R; PEREIRA, B. Physical exercise and oxidative stress: Effect of intense physical exercise on the urinary chemiluminescence and plasmatic malondialdehyde. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte** \_ Vol. 11, Nº 1 – Jan/Fev, 2005.

SPIERING, B. A; KRAEMER, W. J; VINGREN, J. L; *et al.* Elevated endogenous testosterone concentrations potentiate muscle androgen receptor responses to resistance exercise. **The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, 2009; 114, 195–199.

STUDENSKI, S. A; PETERS, K. W; ALLEY, D. E; *et al.* The FNIH Sarcopenia Project: Rationale, Study Description, Conference Recommendations, and Final Estimates. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2014; 69(5): 547–558.

SUN, S; FOLARIN, A; RANJAN, Y; *et al.* Using smartphones and wearable devices to monitor behavioural changes during COVID-19. **Journal of Medical Internet Research**, 2020; 25;22(9):e19992.

TAVARES, G. M. S. **Estudo da associação entre marcadores bioquímicos e do metabolismo redox, frequência de micronúcleo e sarcopenia em idosos.** 2015. 188 f. ; il. Tese [Doutorado] – Instituto de Geriatria e Gerontologia, Pós-Graduação em Gerontologia Biomédica, PUCRS.

THEODOROU, A. A; GERODIMOS, V; KARATRANTOU, K; *et al.* Acute and Chronic Whole-Body Vibration Exercise does not Induce Health-Promoting Effects on The Blood Profile. **Journal of Human Kinetics**, 2015; 46: 107–118.

THOMSON, D. M.; GORDON, S. E. Impaired overload-induced muscle growth is associated with diminished translational signaling in aged rat fast-twitch skeletal muscle. **The Journal of Physiology**, 2006, 574, 291-305.

TOSATO, M; MARZETTI, E; CESARI, M; *et al.* Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. **Aging Clinical Experimental Research**, 2017; 29(1), 19-27.

TSUZUKU, S; KAJIOKA, T; SAKAKIBARA, H; *et al.* Slow Movement Resistance Training Using Body Weight Improves Muscle Mass in the Elderly: A Randomized Controlled Trial. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, 2018; 28 (4), 1339-1344.

UCHIDA, M. C; BACURAU, R. F. P; NAVARRO, F; *et al.* Alteration of testosterone:cortisol ratio induced by resistance training in women. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 2004; v.10, n.3, p.169-72.

VALENZUELA, P. L; CASTILLO-GARCÍA, A; MORALES, J. S; *et al.* Physical exercise in older elderly. **Journal of Comparative Physiology** ,2019; 9(4), 1281–1304.

VAN NES, I. J. W; GEURTS, A. C. H; HENDRICKS H. T; *et al.* Short-term effects of whole body vibration on postural control in patients with chronic unilateral stroke. **Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, 2004; 83 (11): 867-73.

VANDERVOORT, A. A. Aging of the human neuromuscular system. **Muscle & Nerve**, 2002; 25(1):17-25.

VAZ, F. C; MOLINA, G. E; PORTO, L. G. G; *et al.* Cortisol and physical activity: is the stress an indicator of the level of spontaneous physical activity and physical function in elderly? **Brasília Med**, 2013; 50(2):143-152.

VERAS, R. Envelhecimento populacional contemporâneo: demandas, desafios e inovações. **Revista de Saúde Pública**, 2009;43(3):548-54.

VERLAAN, S; ASPRAY, T. J; BAUER, J. M; *et al.* Nutritional status, body composition, and quality of life in communitydwelling sarcopenic and non-sarcopenic older adults: A case-control study. **Clinical Nutrition**, 2017; 36(1):267-274.

VISSER, M; GOODPASTER, B. H; KRITCHEVSKY, S. B; *et al.* Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2005;60(3):324–33.

VISSER, M; DEEG, D. J. H; LIPS, P. Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): the Longitudinal Aging Study Amsterdam. **Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, 2003; 88:5766-72.

VISVANATHAN, R; CHAPMAN, I. Preventing sarcopaenia in older people. **Maturitas**, 2010;66(4):383-8.

VON HAEHLING, S. MORLEY, J. E. An overview of sarcopenia: facts and numbers on prevalence and clinical impact. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, 2010; 1:129–133.

WATERS, D. L; QUALLS, C. R; DORIN, R. I; *et al.* Altered growth hormone, cortisol, and leptin secretion in healthy elderly persons with sarcopenia and mixed body composition



phenotypes. **The Journal of Gerontology Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, 2008; 63, 536–541.

WEBER, F. S. **Adaptações neuromusculares e funcionais do treinamento vibratório em idosos**. 2012. Dissertação [Mestrado]. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2012.

WEI, N; PANG, M. Y. C; NG, S. S. M; *et al.* Optimal frequency/time combination of whole body vibration training for developing physical performance of people with sarcopenia: A randomized controlled trial. **Clinical Rehabilitation**, 2017;31, 1313–1321.

WIKBY, A; NILSSON, B,O; FORSEY, R; *et al.* The immune risk phenotype is associated with IL-6 in the terminal decline stage: findings from the Swedish NONA immune longitudinal study of very late life functioning. **Mechanisms of Ageing and Development**, 2006; 127: 695–704.

WILSON, D; JACKSON, T; SAPEY, E; *et al.* Frailty and Sarcopenia: The potential role of an aged immune system. **Ageing Research Reviews**, 2017; 36:1-10.

WOO, J; LEUNG, J; SHAM, A; *et al.* Defining sarcopenia in terms of risk of physical limitations: a 5-year follow-up study of 3,153 chinese men and women. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2009; 57(12):2224–2231.

WOODROW, G. Body composition analysis techniques in the aged adult: indications and limitations. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolism Care**, 2209; 12:8–14.

WRIGHT, K. P; DRAKE, A. L; FREY, D. J; *et al.* Influence of sleep deprivation and circadian misalignment on cortisol, inflammatory markers, and cytokine balance. **Brain, Behavior and Immunity**, 2015; 47, 24–34.

YAMADA, M; NISHIGUCHI, S; FUKUTANI, N; *et al.* Prevalence of Sarcopenia in Community-Dwelling Japanese Older Adults. **Journal of the American Medical Directors Association**, 2013;14(12):911-5.

YANAGITA, I; FUJIHARA, Y; KITAJIMA, Y; *et al.* A high proportion of serum cortisol / DHEA-S is a risk factor for sarcopenia in elderly diabetic patients. **Journal of the Endocrine Society**, 2019; 3 (4): 801-813.

ZHU, Y. Q; PENG, N; ZHOU, M; *et al.* Tai Chi and Whole-Body Vibrating Therapy in Sarcopenic Men in Advanced Old Age: A Clinical Randomized Controlled Trial. **European Journal of Ageing**, 2019; 16 (3), 273-282.

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para sujeitos com Sarcopenia



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Comitê de Ética em Pesquisa



Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa intitulada: “Efeito do estímulo de vibração de corpo inteiro em parâmetros neuroendócrino-inflamatórios e no status redox de idosos em diferentes estágios de sarcopenia”, por ser idoso, com idade maior ou igual a 60 anos. Esta pesquisa será coordenada pela Professora Vanessa Amaral Mendonça e contará com a aluna de doutorado Fabiana Angélica de Paula.

A sua participação não é obrigatória sendo que, a qualquer momento da pesquisa, você poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo para sua relação com o pesquisador, com a UFVJM ou com a Unidade de Saúde em que você está cadastrado (a).

O objetivo desta pesquisa é: investigar o efeito do estímulo de vibração de corpo inteiro em parâmetros neuroendócrino-inflamatórios (elementos encontrados no sangue que indicam se há ou não inflamação) no status redox (elementos encontrados no sangue que indicam se há ou não estresse celular) em diferentes estágios de redução da quantidade de tecido muscular em seu corpo, o que é chamado de sarcopenia, podendo ser classificados em: (não sarcopênicos, pré-sarcopênicos, sarcopênicos e sarcopênicos grave). Caso você decida aceitar o convite, será submetido (a) aos seguintes procedimentos: no primeiro momento, você deverá comparecer ao Laboratório de Fisiologia do Exercício localizado no Campus JK da UFVJM, para avaliação de medidas do seu peso corporal, da sua altura, do seu percentual de gordura e avaliação funcional. Você deverá estar em jejum de no mínimo 8 horas e vestindo roupas leves. Você será encaminhado (a) para uma sala reservada para esta finalidade e ficará descalço e as medidas do seu peso corporal e altura serão feitas em uma balança equipada

com um medidor de estatura e o percentual de gordura corporal será medido por meio de um aparelho chamado DEXA, você ficará deitado(a) em silêncio realizando o mínimo de movimentos possível, por aproximadamente 5 minutos. Logo após a realização da medição do seu percentual de gordura pelo DEXA será oferecido um lanche.

Para as avaliações funcionais, você deverá utilizar roupas leves (short, tênis e camiseta) e será orientado a evitar prática de atividade extenuante e de longa duração, além de não ingerir bebidas alcoólicas e cafeína nas 24 horas antecedentes ao teste, dormir no mínimo 8 horas na noite anterior, e ingerir 500ml de água no mínimo. O dia e horário destes testes serão marcados antecipadamente com o pesquisador.

De acordo com o resultado dessas avaliações, considerando sua idade, variáveis antropométricas, serão aplicados questionários quanto condições de sua saúde, prática de atividade física, alimentação e sobre sua saúde mental, em uma sala reservada com um pesquisador. Ao responder os questionários, caso alguma pergunta lhe traga algum constrangimento, você terá o direito de deixar de responder. Também serão aplicados testes para avaliar o desempenho dos membros superiores e inferiores (braços e pernas), que são o teste de velocidade de marcha, no qual você deverá caminhar em velocidade normal por uma distância de 8 metros; teste de prensão palmar, onde será medida a sua força de aperto de mão; além do teste para avaliar seu equilíbrio, o andar e o tempo que você gasta para assentar e levantar cinco vezes em uma cadeira. Estes questionários e os testes serão aplicados nas dependências do Campus JK e logo após você será familiarizado (a) com o estímulo de vibração de corpo inteiro no campus I.

No dia do procedimento experimental, você deverá chegar ao Campus I às 7 horas e 30 minutos da manhã, em jejum de pelo menos 8 horas e logo após a realização do procedimento experimental será oferecido um lanche .

Durante os protocolos experimentais, inicialmente, será coletada uma amostra de sangue (20 ml) na parte anterior do cotovelo (fossa cubital), serão medidas a frequência cardíaca, a pressão arterial e você será questionado (a) quanto ao cansaço. Em seguida você irá realizar exercício de vibração de corpo inteiro com ou sem estímulo (terceiro e quarto dia), por aproximadamente 10 minutos. Posteriormente será realizada nova coleta sanguínea (20 ml) e, novamente, será medida a pressão arterial e você será questionado (a) quanto ao cansaço e será fornecido um lanche após a coleta de sangue.

A sua participação nesse estudo consistirá em quatro encontros. Sendo um dia no Laboratório de Fisiologia do Exercício no Campus JK da UFVJM para a realização do exame que irá

avaliar seu peso, altura e percentual de gordura, aplicação dos testes funcionais e dos questionários com duração de 1 hora. Um outro dia em que você conhecerá a plataforma vibratória e será familiarizado (a) com o estímulo, com duração de aproximadamente 30 minutos. No terceiro encontro dia será feito o protocolo experimental no Campus I, com duração de aproximadamente 1 hora, no qual será colocada uma pulseira em seu braço dominante. No quarto encontro será retirada a pulseira e será feito o protocolo experimental no quarto dia. Os riscos da pesquisa são mínimos, uma vez que toda a metodologia e testes utilizados são adequados para a população idosa, entretanto, haverá a supervisão direta de um profissional qualificado da área, durante todas as coletas. Podem ocorrer riscos gerais relacionados à prática da atividade física como micro lesões musculares e ósseas, enjoo e tontura; incômodo e dor decorrentes da coleta de sangue. A exposição à vibração de corpo inteiro poderá, eventualmente, provocar algum incômodo, como tonturas, cansaço, prurido, náuseas, entre outros. Nestes casos, você poderá interromper o experimento quando quiser. Destacamos que os parâmetros de vibração de corpo inteiro que serão utilizados nesse estudo, já foram descritos em outros trabalhos, e essas alterações tendem a desaparecer após a finalização da série de exercício do dia. Além disso, estes eventos ocorrem em baixa frequência nas condições estabelecidas no laboratório, o que diminui o risco de acidentes por queda, em condições estritamente controladas, exclusivamente sob supervisão e orientação dos pesquisadores responsáveis.

Você também poderá sentir alguma dor no momento da coleta do sangue, o que é normal no procedimento, mas ela tende a desaparecer em um curto espaço de tempo. Porém, uma vez que estas serão realizadas por pessoa tecnicamente capacitada para tal e utilizando-se materiais descartáveis, estes riscos serão minimizados.

A avaliação da composição corporal realizada por meio de um aparelho que emite raios x (DEXA) poderá provocar algum desconforto pela permanência em silêncio e sem realizar movimentos, no entanto destacamos que o escaneamento corporal é rápido e sem riscos à saúde.

Para a realização das medidas antropométricas e para os testes funcionais você será orientado (a) a comparecer com vestimenta adequada (short, meia, camiseta e tênis), todas as medidas serão realizadas pelo mesmo avaliador, sempre acompanhado por outro pesquisador, em sala reservada.

Deve-se ressaltar que as condições de controle da realização dos procedimentos, pesquisadores treinados, equipamentos modernos, material descartável, monitoramento constante dos dados vitais, diminuem a probabilidade de ocorrerem problemas para você durante todas as etapas do estudo, bem como permitirá a detecção de alterações precoces que possam trazer prejuízos, permitindo a interrupção imediata do procedimento e se necessário, será acionado o serviço de emergência 192 (SAMU) ou 193 (Corpo de Bombeiros) e o (a) voluntário (a) será encaminhado (a) para o serviço de urgência.

Os benefícios da sua participação nesta pesquisa serão o conhecimento da sua condição de saúde; para isso, você realizará gratuitamente exames complexos e importantes como, por exemplo, o exame da análise da composição corporal (DEXA), onde conhecerá a quantidade de músculo, gordura e de osso do seu corpo. Caso houver alguma alteração você será encaminhado para um serviço especializado. Os dados da pesquisa irão auxiliar aos profissionais da área da saúde, a diagnosticarem mais facilmente a sarcopenia, a realizarem intervenções específicas de prevenção e tratamento, bem como, contribuirão para a construção do conhecimento sobre vibração de corpo inteiro em pacientes em diferentes estágios de sarcopenia.

Os resultados desta pesquisa poderão ser apresentados em seminários, congressos e similares, entretanto, os dados e informações obtidos por meio da sua participação serão confidenciais e sigilosos, não possibilitando sua identificação. A sua participação é voluntária e você tem o direito de se retirar do estudo quando quiser, sem que receba qualquer penalização ou constrangimento. A sua participação bem como a de todas as partes envolvidas será inteiramente voluntária, não havendo remuneração para tal. Não está previsto nenhum ressarcimento financeiro já que sua participação é inteiramente voluntária, portanto, não haverá ressarcimento nem antes, nem durante e nem após a realização desta pesquisa, salvo se houver comprovadamente eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa e/ ou procedimentos a serem realizados, você poderá entrar em contato com a pesquisadora principal no telefone abaixo. Se houver dúvidas quanto às questões éticas desta pesquisa você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, no endereço abaixo.

Coordenadora do Projeto: Vanessa Amaral Mendonça/ Telefone (38) 3532-6981/Doutoranda Fabiana Angélica de Paula: (38) 9 9963-3263 -Telefones: CEP (38) 3532-1239/Endereço: Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba, Diamantina/MG CEP39100000

Declaro que entendi os objetivos, a forma de minha participação, riscos e benefícios da mesma e aceito o convite para participar. Autorizo a publicação dos resultados da pesquisa, a qual garante o anonimato e o sigilo referente à minha participação.

Nome do sujeito da pesquisa: \_\_\_\_\_

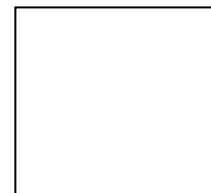
Assinatura do sujeito da pesquisa: \_\_\_\_\_

Informações – Comitê de Ética em Pesquisa da UFVJM

Rodovia MGT 367 - Km 583 - nº 5000 - Alto da Jacuba –

Diamantina/MG CEP39100000/ Tel.: (38)3532-1240 – Coordenador: Prof. Disney Oliver Sivieri Junior

Secretaria: Ana Flávia de Abreu - Email: [cep.secretaria@ufvjm.edu.br](mailto:cep.secretaria@ufvjm.edu.br) e/ou [cep@ufvjm.edu.br](mailto:cep@ufvjm.edu.br)



## APÊNDICE 2 - Questionário sócio demográfico e dados clínicos de saúde

Nome: \_\_\_\_\_ Identificação: \_\_\_\_\_ Data de  
 Nascimento: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Escolaridade: \_\_\_\_\_  
 Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino, se feminino, data da última menstruação: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_ Telefo  
 ne \_\_\_\_\_ Data da Avaliação: \_\_\_\_\_ Avaliador \_\_\_\_\_

### 1- O (a) Sr (a) fuma?

(0) Não, nunca fumou

(1) Já fumou, mas parou. Fumou por quanto tempo? \_\_\_\_\_. Parou há quanto tempo? \_\_\_\_\_

(2) Fuma. Há quanto tempo fuma? \_\_\_\_\_

### 2- O (a) Sr (a) consome bebidas alcoólicas?

(1) Não, nunca bebeu.

(2) Já bebeu, mas hoje não consome bebida alcoólica.

(3) Uma vez por mês ou menos (bebe socialmente)

(4) Bebe duas a quatro vezes por mês

(5) Bebe duas a três vezes por semana

(6) Bebe quatro ou mais vezes por semana

### 3- O (a) Sr (a) apresenta alguma dessas doenças?

Hipertensão Arterial Sistêmica (pressão alta)	( 0 )Não ( 1 )Sim
Acidente Vascular Encefálico (derrame)	( 0 )Não ( 1 )Sim
Diabetes	( 0 )Não ( 1 )Sim
Parkinson	( 0 )Não ( 1 )Sim
Convulsão	( 0 )Não ( 1 )Sim
Depressão	( 0 )Não ( 1 )Sim
Vertigem/Tontura	( 0 )Não ( 1 )Sim
Perda de memória	( 0 )Não ( 1 )Sim
Incontinência	( 0 )Não ( 1 )Sim
Osteoporose	( 0 )Não ( 1 )Sim
Neoplasia	( 0 )Não ( 1 )Sim



Doenças da tireóide	( 0 )Não ( 1 )Sim
Sequelas neurológicas	( 0 )Não ( 1 )Sim
Doenças metabólicas	( 0 )Não ( 1 )Sim
Lesões ortopédicas e próteses	( 0 )Não ( 1 )Sim
Osteossínteses	( 0 )Não ( 1 )Sim
Déficit visual	( 0 )Não ( 1 )Sim
Déficit auditivo	( 0 )Não ( 1 )Sim
Artrite	( 0 )Não ( 1 )Sim
Osteoartrose	( 0 )Não ( 1 )Sim
Epilepsia	( 0 )Não ( 1 )Sim
Cálculos Renais e/ou Biliares	( 0 )Não ( 1 )Sim
Doenças neuromusculares	( 0 )Não ( 1 )Sim
Trombose	( 0 )Não ( 1 )Sim
Implante By-pass ou Stent	( 0 )Não ( 1 )Sim
Outra (as): _____	

**4 - O (a) Sr (a) sofreu quedas nos últimos 6 meses?** (0) Não (1) Sim

Se sim, quantas vezes? \_\_\_\_\_

Teve lesão decorrente da queda? (0) Não (1) Sim Qual? \_\_\_\_\_

Teve fratura decorrente da queda (0) Não

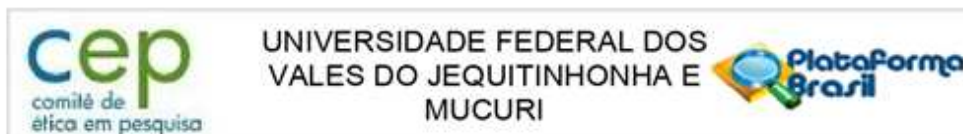
(1) Sim; (1) Punho (2) Quadril (3) Coluna: \_\_\_\_\_ (4) Outro \_\_\_\_\_

**5 - Quais medicamentos o (a) Sr (a) usa? (colocar nomes, dosagens, horários):**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## ANEXOS

## ANEXO I - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO ESTÍMULO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM PARÂMETROS NEUROENDÓCRINO-INFLAMATÓRIOS E NO STATUS REDOX DE IDOSOS EM DIFERENTES ESTÁGIOS DE SARCOPENIA.

**Pesquisador:** Fabiana Angélica de Paula

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 74422817.1.0000.5108

**Instituição Proponente:** Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

**Patrocinador Principal:** Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.282.653

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um projeto da pesquisadora Fabiana Angélica de Paula que propõe realizar um ensaio randomizado cruzado, cujo objetivo é avaliar o efeito do estímulo da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) sobre parâmetros neuroendócrino-inflamatórios e no status redox sistêmico de idosos em diferentes estágios da sarcopenia comparados com idosos não-sarcopênicos. O mesmo será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX), Laboratório de Inflamação e Metabolismo (LIM) e dependências do Campus I, da UFVJM (Campus Diamantina).

**Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:**

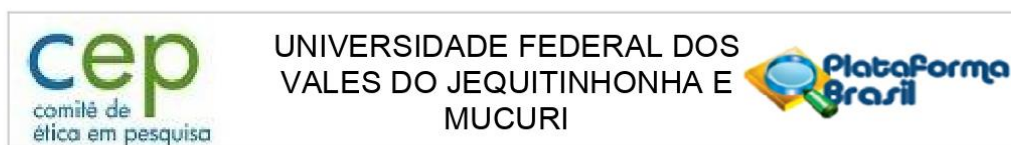
Avaliar o efeito do estímulo da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) sobre parâmetros neuroendócrino-inflamatórios e no status redox sistêmico de idosos em diferentes estágios da sarcopenia comparados com idosos não-sarcopênicos.

**Objetivo Secundário:**

Caracterizar a amostra, por meio da avaliação dos desfechos primários e secundários;

Avaliar o efeito do estímulo de VCI sobre os parâmetros sistêmicos:• citocinas TNF-, IL-6, IL1- e IL-8, IL-10, IL1-ra;• receptores solúveis de TNF-, sTNFR1 e sTNFR2;• status redox;• subpopulações de linfócitos e monócitos;• adipocinas (Leptina, adiponectina);• BDNF;• cortisol e

**Endereço:** Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000  
**Beirro:** Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000  
**UF:** MG **Município:** DIAMANTINA  
**Telefone:** (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br



Continuação do Parecer: 2.282.653

testosterona;

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

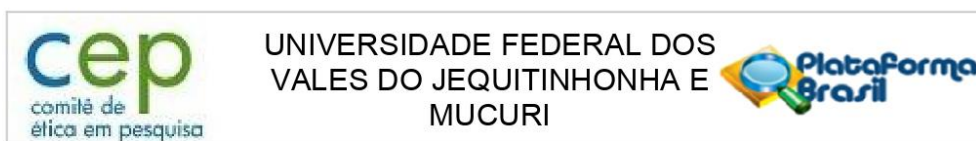
##### **Riscos:**

Durante ou após a realização dos testes físicos, os participantes estarão sujeitos a riscos relacionados à prática de atividade física, como tonturas, dispneia, cansaço intenso, fadiga e dor muscular. Entretanto, tais sintomas serão minimizados com o repouso e os testes podem ser interrompidos a qualquer momento por desejo do participante. A exposição à vibração de corpo inteiro (VCI) poderá, eventualmente, provocar algum incômodo, como tonturas, cansaço, prurido, náuseas, entre outros. Nestes casos, poderá ser interrompido o experimento quando o participante desejar. Destaca-se que os parâmetros de vibração de corpo inteiro que serão utilizados nesse estudo, já foram descritos em outros trabalhos, e essas alterações tendem a desaparecer após a finalização da série de exercício do dia. Além disso, os participantes podem relatar incômodo, dor e equimose decorrentes da coleta de sangue, que podem ser minimizados com aplicação de bolsa de gelo no local. Os riscos e constrangimentos também serão minimizados pelos seguintes procedimentos: os pesquisadores serão treinados previamente, os equipamentos são modernos e haverá também controle dos dados vitais (pressão arterial e frequência cardíaca), diminuindo assim a probabilidade de intercorrências durante o teste. Também será permitida a interrupção do procedimento se necessário. Todo o material utilizado será devidamente higienizado e desinfetado. A coleta de sangue será realizada em ambiente adequado e reservado, por profissional qualificado e com o uso de material totalmente descartável. No caso de haver qualquer sintoma durante os testes, os mesmos serão interrompidos imediatamente e, se necessário, será acionado o serviço de emergência 192 (SAMU). Todos os sujeitos realizarão os procedimentos avaliativos individualmente, em local reservado, estando presente somente o pesquisador responsável pela aplicação dos testes, de forma a garantir privacidade e o mínimo de constrangimento aos sujeitos. Além disso, os sujeitos serão orientados sobre o direito de não responder às perguntas dos questionários, bem como, não realizar qualquer teste/avaliação que lhe tragam algum constrangimento.

##### **Benefícios:**

Os benefícios do estudo para os participantes serão diretos e indiretos, o conhecimento da sua composição corporal e de suas condições clínicas, funcionais, neuroendócrinas - inflamatórias e do status redox. Além disso, caso seja detectada alguma alteração, os participantes serão encaminhados para serviço especializado. Os resultados da pesquisa poderão auxiliar os

**Endereço:** Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000  
**Bairro:** Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000  
**UF:** MG **Município:** DIAMANTINA  
**Telefone:** (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br



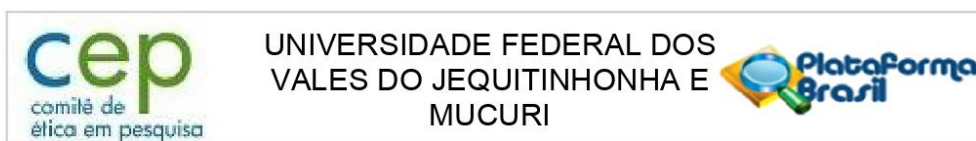
Continuação do Parecer: 2.282.653

profissionais da saúde no planejamento de estratégias de intervenção específicas para a população estudada, bem como servir como subsídio para futuros estudos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Trata-se de um estudo ensaio randomizado cruzado, no qual serão avaliados 80 idosos que serão estratificados pelo estágio da sarcopenia: não sarcopênicos (n=20), pré-sarcopênicos (n=20), sarcopênicos (n=20) e sarcopênicos graves (n=20) e realizarão o protocolo de intervenção (estímulo de VCI) e controle (placebo de VCI). Para o cálculo amostral foi utilizado o estudo de CRISTI et al (2014), sendo o n determinado com base na variável il-10 que apresentou a maior variabilidade. Considerando o tamanho do efeito 0.195,  $\alpha = 0,05$  e poder de 0,85, pela anova, o cálculo estimado foi de 16 indivíduos por grupo. O valor obtido será acrescido em 20% para suprimir possíveis recusas e perdas ao longo da execução do projeto, sendo previsto 20 indivíduos por grupo, totalizando 80 participantes. Os participantes serão avaliados quanto à composição corporal por meio da Absorimetria Radiológica de Dupla Energia (DEXA) e serão submetidos ao teste de velocidade de marcha de 4 metros, Short Physical Performance Battery (SPPB), medida da força de preensão palmar e teste de caminhada de 6 minutos, status nutricional e nível de atividade física. O perfil inflamatório será determinado pelas concentrações plasmáticas e no sobrenadante de cultura de células mononucleares de sangue periférico (PBMC) das citocinas TNF-, IL-6, IL-1-, IL-1- ra e IL-8, IL-10 e dos receptores solúveis de TNF-, o sTNFR1 e sTNFR2. Além disso, será determinada a frequência das diferentes subpopulações de monócitos e linfócitos em PBMC's. Será avaliada a concentração plasmática de BDNF e adipocinas e o perfil hormonal será determinado através das concentrações séricas de cortisol e testosterona. O status redox será avaliado pelas concentrações plasmáticas e celulares das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, proteínas carboniladas e dano ao DNA, bem como a atividade das enzimas antioxidantes catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase. O protocolo experimental será realizado nas dependências do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX), Laboratório de Inflamação e Metabolismo (LIM) e dependências do Campus I, da UFVJM (Campus Diamantina). Os voluntários realizarão as avaliações de forma individual, estando presente no local somente o pesquisador responsável pela aplicação dos testes. No primeiro dia, o participante deverá comparecer ao LAFIEX, localizado no Campus II da UFVJM e estar em jejum de no mínimo 8 horas, para realização das medidas de composição corporal, IMC e circunferência da cintura. Posteriormente, será oferecido um lanche padronizado aos participantes e aplicado os questionários sociodemográfico e dados clínicos de saúde, Mini Exame Estado Mental, Status

**Endereço:** Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000  
**Bairro:** Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000  
**UF:** MG **Município:** DIAMANTINA  
**Telefone:** (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br



Continuação do Parecer: 2.282.653

nutricional e o Active Austrália. Em seguida, serão realizados os testes SPPB e caminhada de 6 minutos. No segundo dia, os voluntários realizarão a familiarização na plataforma vibratória, adotando o posicionamento a ser realizado durante a sessão experimental. No terceiro e no quarto dia, será executado o protocolo de estímulo da VCI (Intervenção) ou placebo VCI (Controle). O mesmo voluntário passará pelos dois protocolos, de forma randomizada e cruzada, e deverá comparecer em jejum de no mínimo 08 horas. Após o estímulo na plataforma e controle será oferecido um lanche padronizado como mencionado no 1o dia. Para a execução do protocolo de estímulo da VCI, inicialmente os sujeitos permanecerão 10 minutos em repouso, durante esse período será mensurada a frequência cardíaca. Os voluntários serão orientados a permanecerem sentados, a não realizarem movimentos bruscos e se manterem em silêncio. Posteriormente, os voluntários realizarão o exercício de agachamento dinâmico sobre a plataforma vibratória, com frequência de vibração de 40 Hz, 4 mm de amplitude e aceleração de 3,26 G. O exercício de agachamento consistirá de 8 séries de 40 segundos de exercícios de agachamento. Durante cada série de exercícios, os voluntários serão instruídos a realizarem 3 segundos de flexão isométrica de quadríceps a 60o e 3 segundos de flexão isométrica de quadríceps a 10o. Entre as séries, os indivíduos permanecerão 40 segundos em repouso, na posição ortostática, sobre a plataforma vibratória. Para a execução do protocolo placebo VCI (Controle), inicialmente os sujeitos permanecerão 10 minutos em repouso, conforme descrito no protocolo de VCI. Imediatamente após as mensurações em repouso os voluntários realizarão o exercício de agachamento dinâmico(Projeto detalhado)

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram apresentados todos os documentos de apresentação obrigatória. TCLE e cronograma estão adequados conforme Resolução 466/ 2012.

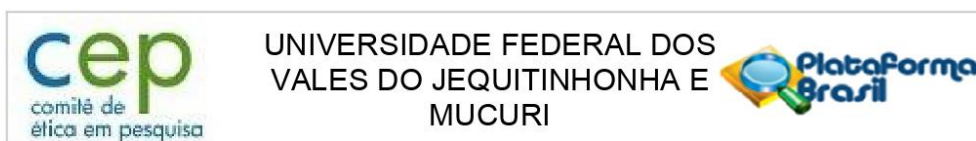
A carta da Instituição Co-participe foi apresentada conforme Resolução 466/12.

**Recomendações:**

- Segundo a Carta Circular nº. 003/2011/CONEP/CNS, de 21/03/11, há obrigatoriedade de rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador, que deverá também apor sua assinatura na última página do referido termo.

- Os relatórios parciais devem ser enviados ao CEP em 18/09/2018; 18/09/2019; 18/09/2020 e o relatório final deve ser apresentado ao CEP ao término do estudo em 28/03/2021. Considera-se como antiética a pesquisa descontinuada sem justificativa aceita pelo CEP que a aprovou.

**Endereço:** Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000  
**Bairro:** Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000  
**UF:** MG **Município:** DIAMANTINA  
**Telefone:** (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br



Continuação do Parecer: 2.282.653

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto atende aos preceitos éticos para pesquisas envolvendo seres humanos preconizados na Resolução 466/12 CNS.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_980402.pdf	13/09/2017 10:40:31		Aceito
Outros	Resposta_relatoria.docx	13/09/2017 10:30:29	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projet_pos_adeq_CEP.doc	13/09/2017 10:28:01	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Concordancia.pdf	24/08/2017 16:29:46	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
Outros	ANEXOS.pdf	24/08/2017 16:22:50	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	24/08/2017 16:15:23	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Projeto_Doutorado.pdf	24/08/2017 16:15:03	Fabiana Angélica de Paula	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_pesquisa.pdf	24/08/2017 16:12:58	Fabiana Angélica de Paula	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

DIAMANTINA, 18 de Setembro de 2017

---

**Assinado por:**  
**Disney Oliver Sivieri Junior**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000  
**Bairro:** Alto da Jacuba **CEP:** 39.100-000  
**UF:** MG **Município:** DIAMANTINA  
**Telefone:** (38)3532-1240 **Fax:** (38)3532-1200 **E-mail:** cep@ufvjm.edu.br

**ANEXO II - Protocolo dos procedimentos****1) Medidas antropométricas**

Peso: \_\_\_\_\_ kg Altura: \_\_\_\_\_ m IMC: \_\_\_\_\_ Kg/m<sup>2</sup> CC: \_\_\_\_\_ cm

**2) Força de Preensão palmar**



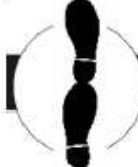
a. 1<sup>a</sup> tentativa \_\_\_\_\_ b. 2<sup>a</sup> tentativa \_\_\_\_\_ c. 3<sup>a</sup> tentativa \_\_\_\_\_

d. Média final \_\_\_\_\_

**3) Velocidade de Marcha habitual** (Tempo gasto para percorrer 4m considerando 2m de aceleração e 2m de desaceleração).

a. Tempo(s): 1<sup>a</sup> tentativa \_\_\_\_\_ b. 2<sup>a</sup> tentativa \_\_\_\_\_

## ANEXO III - SPPB

Testes de equilíbrio		PÉS LADO A LADO	$\geq 10$ segundos = 1 ponto $< 10$ segundos = não realizar os demais testes de equilíbrio; ir para VM.
		SEMI TANDEM	$\geq 10$ segundos = 1 ponto $< 10$ segundos = ir para teste de velocidade de marcha
		TANDEM	$\geq 10$ segundos = 2 pontos 3-9 segundos = 1 ponto $< 3$ segundos = 0 pontos
Teste de velocidade de marcha	$< 4,82$ segundos = 4 pontos; 6,21-8,70 segundos = 2 pontos; $> 8,7$ segundos = 1 ponto; incapaz = 0 pontos		
Teste de sentar e levantar da cadeira  (sujeito não deve apoiar as costas no encosto da cadeira - 5 repetições):	Pré-teste: sujeito deve tentar se levantar uma vez da cadeira sem apoio dos braços. Caso não consiga aqui se encerra o teste (Pontuação= 0)  Teste: $< 11,19$ segundos = 4 pontos; 11,20 – 13,69 segundos = 3 pontos; 13,70 – 16,69 segundos = 2 pontos; $\geq 16,70$ segundos = 1 ponto. Se o participante não conseguiu se levantar as 5 vezes ou realizou o teste em tempo superior a 60 segundos = 0 pontos		



**ANEXO IV - Escala Modificada de Percepção de Esforço de Borg**

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouca intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

**ANEXO V- Avaliação do Estado Cognitivo – Mini-Exame do Estado Mental - MEEM**

1) Como o Sr (a) avalia sua memória atualmente?

(1) muito boa (2) boa (3) regular (4) ruim (5) péssima (6) não sabe

2) Comparando com um ano atrás, o Sr (a) diria que sua memória está:

(1) melhor (2) igual (3) pior (4) não sabe

OBS: Anote um ponto para cada resposta certa:

**ORIENTAÇÃO TEMPORAL**

3) Por favor, diga-me:

Dia da semana ( ) Dia do mês ( ) Mês ( ) Ano ( ) Hora aprox. ( ) Total de pontos:

**ORIENTAÇÃO ESPACIAL:**

4) Responda:

Onde estamos: Em que lugar estamos:

Em que bairro estamos: Em que cidade estamos:

Em que estado estamos: Total de pontos:

**REGISTRO DA MEMÓRIA IMEDIATA:**

5) Vou lhe dizer o nome de três objetos e quando terminar, pedirei para repeti-los, em qualquer ordem. Guarde-os que mais tarde voltarei a perguntar: Arvore, Mesa,

Cachorro. A ( ) M ( ) C ( ) Total de pontos:

**ATENÇÃO E CALCULO:**

6) Vou lhe dizer alguns números e gostaria que realizasse os seguintes cálculos:

100-7; 93-7; 86-7; 79-7; 72-7;

\_\_\_\_; \_\_\_\_; \_\_\_\_; \_\_\_\_; \_\_\_\_\_. (93; 86; 79; 72; 65) Total de pontos:

**MEMÓRIA RECENTE:**

7) Há alguns minutos, o Sr (a) repetiu uma série de três palavras. Por favor, diga-me agora quais ainda se lembra: A ( ) M ( ) C ( ) Total de pontos:

**LINGUAGEM:**

8) Aponte a caneta e o relógio e peça pra nomeá-los: C ( ) R ( ) Total de pontos:

9) Repita a frase que eu vou lhe dizer :

“NEM AQUI, NEM ALÍ, NEM LÁ” Total de pontos:

10) “FECHE OS OLHOS”. Leia este papel e faça o que está escrito. Total de pontos:

11) Vou lhe dar um papel e quando eu o entregar, pegue com sua mão direita, dobre-o na metade com as duas mãos e coloque no chão. P ( ) D ( ) C ( ) Total de pontos:

12) O Sr (a) poderia escrever uma frase completa de sua escolha?

Total de pontos:

13) Por favor, copie este desenho..

Total de pontos:

TOTAL:

OBS: Pontos de corte: 13 – analfabetos; 18 – 1 a 7 anos de estudo; 26 – 8 anos ou mais.  
(BERTOLUCCI *et al.* 1994).

## ANEXO VI - Produtos

Co-autora de artigo publicado na Expert Review of Respiratory Medicine – Fator de impacto: 2432



Expert Review of Respiratory Medicine

Wiley (Print) (Online) Journal homepage: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/er.12528>

Taylor & Francis

## Functional tests associated with sarcopenia in moderate chronic obstructive pulmonary disease

Vanessa Kelly da Silva Lage, Guilherme Pinto da Silva, Ana Cristina Rodrigues Lacerda, Fabiana Angélica de Paula, Lílina Pereira Lima, Joyce Noelly Vitor Santos, Hellen Cristina de Almeida, Anna Gabrielle Fernandes Pinto, Pedro Henrique Scheidt Figueiredo, Henrique Silveira Costa, Mario Bernardo-Filho, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo, Redha Tajar, Hércules Ribeiro Leite, Antônio Lúcio Teixeira & Vanessa Amaral Mendonça

To cite this article: Vanessa Kelly da Silva Lage, Guilherme Pinto da Silva, Ana Cristina Rodrigues Lacerda, Fabiana Angélica de Paula, Lílina Pereira Lima, Joyce Noelly Vitor Santos, Hellen Cristina de Almeida, Anna Gabrielle Fernandes Pinto, Pedro Henrique Scheidt Figueiredo, Henrique Silveira Costa, Mario Bernardo-Filho, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo, Redha Tajar, Hércules Ribeiro Leite, Antônio Lúcio Teixeira & Vanessa Amaral Mendonça (2020): Functional tests associated with sarcopenia in moderate chronic obstructive pulmonary disease, Expert Review of Respiratory Medicine, DOI: [10.1080/1476348.2021.1850276](https://doi.org/10.1080/1476348.2021.1850276)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/1476348.2021.1850276>

Accepted author version posted online: 16 Nov 2020.  Submit your article to this journal 

 Article views: 1  View related articles 

 View Crossmark data 