

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - CAMPUS DE
CASCAVEL
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIAS E SAÚDE - MESTRADO**

JHYSLAYNE IGNÁCIA HOFF NUNES MACIEL

**EFEITOS DO TREINO EM PLATAFORMA VIBRATÓRIA NOS PARÂMETROS
HISTOMORFOMÉTRICOS DO MÚSCULO EXTENSOR LONGO DOS DEDOS DE
RATOS WISTAR OBESOS - MSG**

**CASCAVEL-PR
(Março/2020)**

JHYSLAYNE IGNÁCIA HOFF NUNES MACIEL

**EFEITOS DO TREINO EM PLATAFORMA VIBRATÓRIA NOS PARÂMETROS
HISTOMORFOMÉTRICOS DO MÚSCULO EXTENSOR LONGO DOS DEDOS DE
RATOS WISTAR OBESOS - MSG**

Dissertação apresentada ao Programa De Pós-Graduação em Biociências e Saúde – Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biociências e Saúde.

Área de concentração: Biologia, Processo Saúde-doença e Políticas de Saúde.

ORIENTADOR: Gladson Ricardo Flor Bertolini.

COORIENTADORA: Lucinéia de Fátima C. Ribeiro.

CASCVEL-PR

(Março/2020)

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

MACIEL, JHYSLAYNE IGNACIA HOFF NUNES
EFEITOS DO TREINO EM PLATAFORMA VIBRATÓRIA NOS
PARÂMETROS HISTOMORFOMÉTRICOS DO MÚSCULO EXTENSOR LONGO DOS
DEDOS DE RATOS WISTAR OBESOS - MSG / JHYSLAYNE IGNACIA
HOFF NUNES MACIEL; orientador(a), GLADSON RICARDO FLOR
BERTOLINI; coorientador(a), LUCINÉIA DE FÁTIMA CHASCO
RIBEIRO, coorientador(a)II, ROSE MEIRE COSTA, 2021.
74 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste
do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências
Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Biociências e Saúde, 2021.

1. Plataforma vibratória . 2. Músculo extensor longo dos
dedos. 3. Fibras musculares. 4. Junções neuromusculares. I.
BERTOLINI, GLADSON RICARDO FLOR . II. RIBEIRO, LUCINÉIA DE
FÁTIMA CHASCO. III. COSTA, ROSE MEIRE. IV. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Cascavel CNPJ 78680337/0002-66
Rua Universitária, 2069 - Jardim Universitário - Cx. P. 000711 - CEP 85819-110
Fone:(45) 3220-3000 - Fax:(45) 3324-4566 - Cascavel - Paraná



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

JHYSLAYNE IGNÁCIA HOFF NUNES MACIEL

Efeitos do treino em plataforma vibratória nos parâmetros histomorfométricos do músculo extensor longo dos dedos de ratos wistar obesos - MSG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biociências e Saúde em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biociências e Saúde, área de concentração Biologia, Processo Saúde-doença e Políticas de Saúde, linha de pesquisa Processo Saúde-doença, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Gladson Ricardo Fior Bertolini

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Rose Meire Costa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Adriano Polican Ciena

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - UNESP (Unesp)

Cascavel, 4 de março de 2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me fortalecido, me dando sabedoria e persistência, desde a entrada até a conclusão deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Gladson Ricardo Flor Bertolini, sempre atencioso e compreensivo, à minha coorientadora Profa. Dra. Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro e à Prof. Dr. Rose Meire Costa, às professoras Dr. Marcia Miranda Torrejais e Dr. Ana Tereza B. Guimarães, obrigada por todos os ensinamentos científicos e auxílios para realização deste estudo.

As colegas Bárbara e Mariana, e a todos os alunos do Laboratório de Biologia Estrutural e Funcional, minha gratidão, vocês foram essenciais!

Agradeço principalmente à minha família, em especial ao meu esposo Alexandre, que se dispôs e sempre me deu o suporte necessário, e aos meus filhos Alexandre Filho e João Pedro, obrigada pelo apoio, compreensão, carinho e paciência que tiveram comigo.

A CAPES pelo incentivo a pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para concretização deste trabalho, muito obrigada!

RESUMO

MACIEL, J. I. H. N. **Efeitos do treino em plataforma vibratória nos parâmetros histomorfométricos do músculo extensor longo dos dedos de ratos wistar obesos – msg.** 74 páginas. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biociências e Saúde, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campus Cascavel, Unioeste, 2020.

A obesidade gera alterações morfológicas no tecido musculoesquelético e, com intuito de preveni-las, preconiza-se a prática de exercício físico. A plataforma vibratória é um método de exercício que vem sendo empregado, pois, por meio de vibrações oscilatórias, estimula contrações musculares que podem melhorar a potência, força e o trefismo muscular, além de promover gasto energético, o que melhora o balanço energético. O objetivo desta pesquisa foi verificar os efeitos da plataforma vibratória no músculo extensor longo dos dedos de ratos *Wistar* com obesidade induzida por MSG (glutamato monossódico). A amostra contou com 24 ratos *Wistar*, neonatos, divididos aleatoriamente em 2 grupos: GC (Grupo Controle) e GO (Grupo MSG). Do 1º ao 5º dia de vida, foram submetidos a injeções intradérmicas diárias; o GO recebeu glutamato monossódico, em dose de 4 mg/g de peso corporal, com o objetivo de promover a obesidade e o GC, solução salina hiperosmótica 1,25 mg/g de peso corporal, simulando o mesmo estresse. Aos 70 dias, iniciou-se o treino em plataforma vibratória; para isso, os grupos foram subdivididos em GCP (grupo controle + plataforma vibratória) e GOP (grupo MSG + plataforma vibratória), ficando com 6 animais em cada grupo. O protocolo de treino teve frequência ajustada a 60 Hz e amplitude de 2 milímetros; a ação foi realizada três vezes por semana, durante dez minutos, em um período de oito semanas consecutivas. Aos 130 dias de idade, todos os animais tiveram o peso corporal e o comprimento nasoanal mensurados para verificar a incidência da obesidade por meio da análise do Índice de Lee, a qual comprovou a incidência da obesidade, porém, não demonstrou diferença estatisticamente significativa quando comparados os grupos controles. Os animais foram eutanasiados e coletou-se o músculo extensor longo dos dedos (EDL), de ambos os antímeros, para o processamento histológico das análises morfológicas e histomorfométricas da área de secção transversa, do maior e menor diâmetro e densidade das fibras musculares, bem como das junções neuromusculares. Os dados obtidos foram expressos por meio da estatística descritiva (média e erro-padrão) e analisados com o programa SPSS 20.0. Foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (distribuição de probabilidades Normal ou Gama), com pós-teste LSD, sempre com nível de significância de 5%. A análise morfológica do EDL dos animais MSG exibiu hipotrofia muscular, fibras amorfas com diferenças tintoriais, aumento do número de núcleos, maior densidade de fibras musculares e maior quantidade de fibras tipo II. Em relação à área de secção transversa, densidade, maior e menor diâmetro das fibras musculares, bem como tipos de fibras musculares, os grupos de animais MSG apresentaram hipotrofia muscular, com maior densidade de fibras musculares, assim como maior quantidade de fibras do tipo IIb. Entretanto, não houve diferença nas áreas das junções neuromusculares dos grupos plataformas. É possível concluir que o modelo de obesidade proposto, assim como o treinamento e plataforma vibratória foram capazes de causar alterações morfológicas no EDL de ratos *Wistar*, sendo necessários mais estudos para confirmar tais achados.

Palavras-chave: Vibração do corpo inteiro. Glutamato monossódico. Tecido muscular estriado esquelético. Tipo de fibras musculares

GENERAL ABSTRACT

MACIEL, J. I. H. N. Effects of vibration platform training on histomorphometric parameters of the extensor digitorum longus muscle of obese wistar rats - msg. 74 pages. Dissertation (Master's Degree). Programa de Pós-Graduação em Biociências e Saúde, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Campus Cascavel, Unioeste, 2020.

Obesity causes morphological changes in musculoskeletal tissue and, in order to prevent them, it is recommended the practice of physical exercise. The vibration platform is an exercise method that has been used because, by means of oscillatory vibrations, it stimulates muscle contractions that can improve power, strength, and muscle trophism, besides promoting energy expenditure, which improves the energy balance. The aim of this research was to verify the effects of the vibration platform on the extensor digitorum longus muscle of Wistar rats with MSG (monosodium glutamate)-induced obesity. The sample consisted of 24 Wistar rats, neonates, randomly divided into 2 groups: CG (Control Group) and GO (MSG Group). From the 1st to the 5th day of life, they were submitted to daily intradermal injections; the GO received monosodium glutamate, at a dose of 4 mg/g body weight, with the objective of promoting obesity and the CG, hyperosmotic saline solution 1.25 mg/g body weight, simulating the same stress. At 70 days, we began training on vibration platform; for this, the groups were subdivided into CPG (control group + vibration platform) and GOP (group MSG + vibration platform), with 6 animals in each group. The training protocol had frequency adjusted to 60 Hz and amplitude of 2 millimeters; the action was performed three times a week for ten minutes over a period of eight consecutive weeks. At 130 days of age, all animals had their body weight and nasoanal length measured to verify the incidence of obesity by analyzing the Lee Index, which proved the incidence of obesity, but showed no statistically significant difference when compared to control groups. The animals were euthanized, and the extensor digitorum longus (EDL) muscle of both antimersals was collected for histological processing for morphological and histomorphometric analyses of the cross-sectional area, the largest and smallest diameter, and density of the muscle fibers, as well as the neuromuscular junctions. The data obtained were expressed using descriptive statistics (mean and standard error) and analyzed with SPSS 20.0 software. Generalized Linear Models (Normal or Gamma probability distribution) were used, with LSD post-test, always with a 5% significance level. The morphological analysis of the EDL of MSG animals exhibited muscle hypotrophy, amorphous fibers with dye differences, increased number of nuclei, higher density of muscle fibers and higher amount of type II fibers. Regarding cross-sectional area, density, largest and smallest muscle fiber diameter, as well as muscle fiber types, the MSG groups of animals exhibited muscle hypotrophy, with higher density of muscle fibers, as well as a greater amount of type IIb fibers. However, there was no difference in the areas of neuromuscular junctions of the platform groups. It was possible to conclude that the proposed obesity model, as well as the vibration platform training were able to cause morphological changes in the EDL of Wistar rats, and further studies are needed to confirm such findings.

Keywords: Whole-body vibration. Monosodium glutamate. Striated skeletal muscle tissue. Muscle fiber type.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	9
LISTA DE ABREVIATURAS.....	10
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 EXERCÍCIO FÍSICO E PLATAFORMA VIBRATÓRIA.....	15
3.2 MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO E JUNÇÕES NEUROMUSCULARES	17
3.3 OBESIDADE	20
3.4 MODELOS DE OBESIDADE EXPERIMENTAIS.....	21
3.5 EFEITOS DA OBESIDADE NO MÚSCULO ESQUELÉTICO.....	22
3.6 EFEITOS DA PLATAFORMA VIBRATÓRIA NO TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO.....	24
4 METODOLOGIA	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
ARTIGO CIENTÍFICO	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXO 01 - Parecer CEUA	62
ANEXO 02.....	63

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura e composição da fibra muscular	18
Figura 2 - Mecanismo Reflexo Tônico da Vibração mecânica	25

LISTA DE ABREVIATURAS

ACH	Neurotransmissor Acetilcolina
ACSM	Colégio Americano de Medicina do Esporte
CAN	Comprimento nasooanal
CEUA	Comitê de Ética em Uso Animal
cm	Centímetros
cm²	Centímetros quadrado
cm³	Centímetros Cúbicos
DM2	Diabetes Mellitus Tipo 2
EDL	Extensor longo dos dedos
g	Gramma
HE	Hematoxilina-Eosina
HHS	Department of Health and Human Services
Hz	Hertz
IMC	Índice de Massa Corporal
JNMs	Junções Neuromusculares
mg/g	Miligrama por grama
mg/kg	Miligrama por quilograma
mm	Milímetros
MSG	Glutamato Monossódico
OMS	Organização Mundial de Saúde
OS	Obesidade Sarcopênica
OTG	Órgão Tendinoso de Golgi
PC	Peso corporal
PV	Plataforma Vibratória
RVT	Reflexo de Vibração Tônico
SUS	Sistema Único de Saúde
UNIOESTE	Universidade Estadual do Oeste do Paraná
WHO	World Health Organization
µm	Micrômetro
VIGITEL	Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados da *World Health Organization* (WHO), o número de casos de obesidade vem crescendo drasticamente nos últimos 40 anos, atingindo proporções epidêmicas globais. Cerca de três milhões de pessoas morreram por ano em decorrência das comorbidades associadas à obesidade, sendo considerada um importante problema de saúde pública no mundo, que acomete todos os países sem distinção do seu estatus de desenvolvimento (WHO, 2019). É considerada uma doença crônica não transmissível, caracterizada pelo acúmulo de gordura corporal devido a vários fatores, dentre eles, o consumo de calorias em excesso e a inatividade física (ALMEIDA *et al.*, 2017), o que pode favorecer o aparecimento de outras doenças, como as coronarianas, resistência à insulina, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), hipertensão arterial e câncer; isso impacta a redução da expectativa de vida do indivíduo (WEBB *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2016; WHO, 2019, ALMEIDA *et al.*, 2017; COLTRI *et al.*, 2017; KOVESDY; FURTH; ZOCCALI, 2017).

Além de prejudicar a saúde, também causa consequências socioeconômicas substanciais. Os custos com essa epidemia para os sistemas de saúde são altos, podendo ser diretos, quando envolvem gastos com o tratamento da obesidade e suas consequências, ou indiretos, quando ocorre uma redução da renda devido à queda da produtividade ou ausência no trabalho e, ainda, incapacidade e perda da renda futura devido a mortes prematuras. Desse modo, o aumento dos índices de sobrepeso e obesidade exige ações de saúde, com estratégias que sejam resolutivas e de qualidade (HHS, 2001), sendo fundamental uma abordagem interdisciplinar, com diálogo entre os profissionais envolvidos, para, assim, desenvolver em conjunto intervenções adequadas para minimizar o problema (JAPIASSU, 1976; SANTOS; SCHERER, 2011).

Estudos experimentais, epidemiológicos e clínicos estabelecem que a obesidade está associada a uma resposta inflamatória crônica, com produção anormal de citocinas e ativação de vias de sinalização, o que ocasiona a crença de que esses processos estão envolvidos e são responsáveis pelo desenvolvimento de doenças relacionadas à obesidade, dentre elas, doenças ósseas, como a osteoporose e a osteoartrose (SOUZA, 2016; CAO, 2011; HOTAMISLIGIL, 2006). Outros estudos também concluíram que o acúmulo de tecido adiposo em excesso influencia negativamente o tecido muscular esquelético e causa a diminuição da massa magra

e aumento da massa gorda; como consequência, pode ocasionar a sarcopenia (SCHRAGER *et al.*, 2007; TOMLINSON, 2016).

Dessa forma, a prática de atividade física é um método muito eficaz para reverter a sarcopenia (GOMES *et al.*, 2012) e, também, tratar a obesidade, pois promove aumento do gasto energético e é considerado de baixo custo, além de apresentar poucas contraindicações; ademais, minimiza o sedentarismo e proporciona melhora significativa da qualidade de vida dessa população. Porém, a dor e a rigidez articular, causadas pelo excesso de peso, podem impedir a execução adequada de algumas modalidades físicas (ACSM, 2003). Para isso, uma opção de treinamento, que vem se destacando, é a plataforma vibratória (PV) (BOARETTO, 2020).

A PV é um equipamento eletrônico, que produz, por meio de uma base vibratória, vibrações mecânicas senoidais oscilatórias com frequências variáveis que geram estímulos mecânicos, os quais, por sua vez, estimulam contrações musculares. É considerado um exercício de baixo impacto, que não prejudica as estruturas comprometidas pelo sobrepeso, como as articulações, e proporciona gasto energético, inibição da adipogênese e redução da massa gorda (RUBIN, 2001; HALLAL; MARQUES; GONÇALVES, 2010; OLIVEIRA, 2011; SILVA; SCHNEIDER, 2011; CRISTI-MONTERO, 2013; BOARETTO, 2020), assim como melhora da qualidade do tecido ósseo (DALTRO; BARRETO; ROSA, 2016) e da função neuromuscular, com aumento da potência, da força e do trofismo muscular (CASIMIRO *et al.*, 2015, PERETTI, 2019). Ainda, auxilia a melhora do equilíbrio (SILVA; SCHNEIDER, 2011) e do controle postural (BOGAERTS, 2007).

Dessa forma, a plataforma vibratória pode ser considerada uma boa opção para a melhora da potência e força muscular da população obesa, podendo atuar na prevenção, promoção e reabilitação da saúde dessa população com melhora da qualidade de vida. Assim, contribui com redução de custos públicos direcionados ao tratamento de comorbidades relacionadas à obesidade. No entanto, existem lacunas no conhecimento a respeito dos reais efeitos da PV sobre a morfofisiologia do tecido muscular esquelético dessa população. Os estudos científicos atuais a respeito desse assunto são relevantes e tentam esclarecer quais alterações morfofisiológicas são causadas pela PV no tecido muscular esquelético, evidenciando que o uso desse tipo de exercício é uma opção segura para indivíduos obesos, podendo ser amplamente investigado.

Frente ao exposto, há que se questionar se o treinamento com a PV influencia a morfofisiologia do tecido muscular esquelético de ratos *wistar* obesos. Assim, espera-se que a utilização do treino em PV possa provocar alterações morfológicas e histomorfométricas no tecido muscular esquelético desses animais, visto que a vibração corporal pode proporcionar aumento da força e potência muscular; isso pode causar gasto energético e, conseqüentemente, redução do peso corporal (PC), o que melhoraria a qualidade e aumentaria a expectativa de vida desses indivíduos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Verificar os efeitos da Plataforma Vibratória na histomorfometria do músculo extensor longo dos dedos (EDL) de ratos *wistar* com obesidade induzida por glutamato monossódico (MSG).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar, no músculo EDL de ratos *wistar* obesos – MSG, a influência do treinamento com a PV:

- a) Nos parâmetros morfológicos e histomorfométricos, com relação à área de secção transversa, maior e menor diâmetro e na densidade de fibras musculares;
- b) Nos diferentes tipos de fibras musculares.
- c) Nas junções neuromusculares (JNM's), com relação à área, maior e menor diâmetro;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EXERCÍCIO FÍSICO E PLATAFORMA VIBRATÓRIA

A prática regular de exercício físico destaca-se como uma estratégia economicamente viável para o tratamento do excesso de peso e da obesidade. Além do mais, ajudar a prevenir doenças cardíacas, acidente vascular encefálico, diabetes, hipertensão arterial sistêmica, melhora a saúde mental e a qualidade de vida das pessoas (WHO, 2019). Dessa forma, o aumento dos casos de obesidade e das alterações associadas a ela desperta a necessidade de elaboração de políticas públicas que previnam doenças e recuperem a saúde de indivíduos obesos, incentivando o hábito de vida saudável, por exemplo, a alimentação adequada e a prática de exercícios físicos (ALMEIDA *et al.*, 2017).

Atividades físicas, como caminhadas, corridas, saltos, natação e exercícios resistidos, são consideradas eficazes para o tratamento de tal comorbidade, pois as contrações musculares, exigidas durante a execução dos movimentos corporais, proporcionam gasto energético e perda de peso, além de diversos benefícios, como aumento da força muscular, estímulo da unidade de remodelamento ósseo, melhora do índice glicêmico, redução da gordura do fígado e redução do risco de desenvolver doenças cardiovasculares (ANDERSON *et al.*, 2016; COLBERG *et al.*, 2016; HOUGHTON *et al.*, 2017; TIKKANEN-DOLENC *et al.*, 2017).

Porém, a dor e a rigidez articular, causadas pelo excesso de peso, impedem a execução de maneira adequada de alguns exercícios; nesse sentido, uma modalidade que vem se destacando por causar baixo impacto, durante a execução do exercício, é a PV, também conhecida como vibração do corpo inteiro (RUBIN, 2001; EDWARDS; REILLY, 2015). O treino em PV foi utilizado por astronautas, na década de 70, enquanto estavam no espaço, com o intuito de reduzir a perda da massa óssea e muscular causada devido à hipogravidade; dessa forma, perceberam que a aceleração causada pela vibração corporal combatia esses efeitos (CASIMIRO *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015).

A PV é um equipamento que produz movimentos oscilatórios repetitivos, os quais estimulam a contração muscular, gerando, assim, gasto energético, além de atuar como auxiliar no treinamento e reabilitação de força, flexibilidade, resistência e potência muscular (HALLAL; MARQUES; GONÇALVES, 2010; OLIVEIRA *et al.*,

2011; SILVA; SCHNEIDER, 2011). Seu efeito acontece por meio da vibração corporal, que ocorre entre o contato da base do aparelho com as extremidades distais dos membros inferiores, dissipando uma onda mecânica pelo corpo inteiro (BATISTA *et al.*, 2007; HALLAL; MARQUES; GONÇALVES, 2010; PARK; SON; KWON, 2015).

Existem diversos parâmetros oscilatórios, podendo apresentar deslocamento horizontal (lado a lado), vertical (para cima e para baixo) e, ainda, de rotação ou triplanar (ântero-posterior, vertical e horizontal) (PARK; SON; KWON, 2015), sendo que essas oscilações apresentam formato senoidal (RITTWEGGER, 2010).

Esse tipo de treinamento pode ser justificado pela segunda Lei de Isaac Newton, em que a força (F) de um objeto é igual à Massa (M), multiplicada pela sua Aceleração (A) ($F = M \times A$), resultando em aumento da força por meio da aceleração sem alterar a quantidade de massa (PARK; SON; KWON, 2015). A frequência dessa vibração é representada pelo número de ciclos completos em um segundo, sendo expressa em hertz (Hz); já a amplitude, representa o deslocamento das ondas provocadas pela vibração, expressa por milímetros (mm). Esses parâmetros representam a intensidade produzida pela vibração corporal, que variam numa frequência de 15 a 60 Hz, e amplitude de 1 a 10 mm, numa aceleração de até 15 gramas (g) (CARDINALE; BOSCO, 2003; CARDINALE, 2005). A escolha do parâmetro utilizado, assim como do tempo de utilização é primordial para a eficácia e resultado do treinamento (DUTRA *et al.*, 2016).

Vários estudos comprovaram os benefícios da PV. Wang *et al.* (2015) concluíram que a vibração do corpo inteiro foi benéfica para melhorar as funções físicas de pacientes com osteoartrite do joelho, pois o ganho de força muscular, influenciava a redução da carga sobre a articulação do joelho, sugerindo que esse treinamento poderia ser incluído em programas de reabilitação. Huang *et al.* (2014) concluíram que o treino melhorava o desempenho do exercício e reduzia a fadiga, prevenindo o acúmulo de gordura e alterações bioquímicas relacionadas à obesidade. Nam *et al.* (2016) sugeriram que o conteúdo mineral ósseo aumentava consideravelmente e que essa modalidade era tão efetiva quanto o exercício aeróbico para a redução da massa gorda e do PC. Verschueren *et al.* (2004) verificaram o efeito do treinamento de vibração de corpo inteiro, durante seis meses, na densidade óssea do quadril, força muscular e controle postural de mulheres na pós-menopausa. Em seu estudo de revisão, Montero *et al.* (2013) concluíram que o treinamento promoveu aumento da massa muscular, do gasto energético, redução da massa

gorda, inibição da adipogênese e redução do PC. Apesar da PV ser considerada uma modalidade de exercício de baixo impacto (RUBIN, 2001), é necessário ter cautela ao utilizar esse tipo de treinamento, sendo que marca-passo cardíaco, descolamento de retina, gestantes de risco, indivíduos com trombose aguda ou embolia, indivíduos em pós-operatório com quadro infeccioso, osteoporose em estágio avançado, neoplasias, labirintite e fraturas mal consolidadas são consideradas situações contraindicadas para o uso (CASIMIRO *et al.*, 2015; DALTRO; BARRETO; ROSA, 2016).

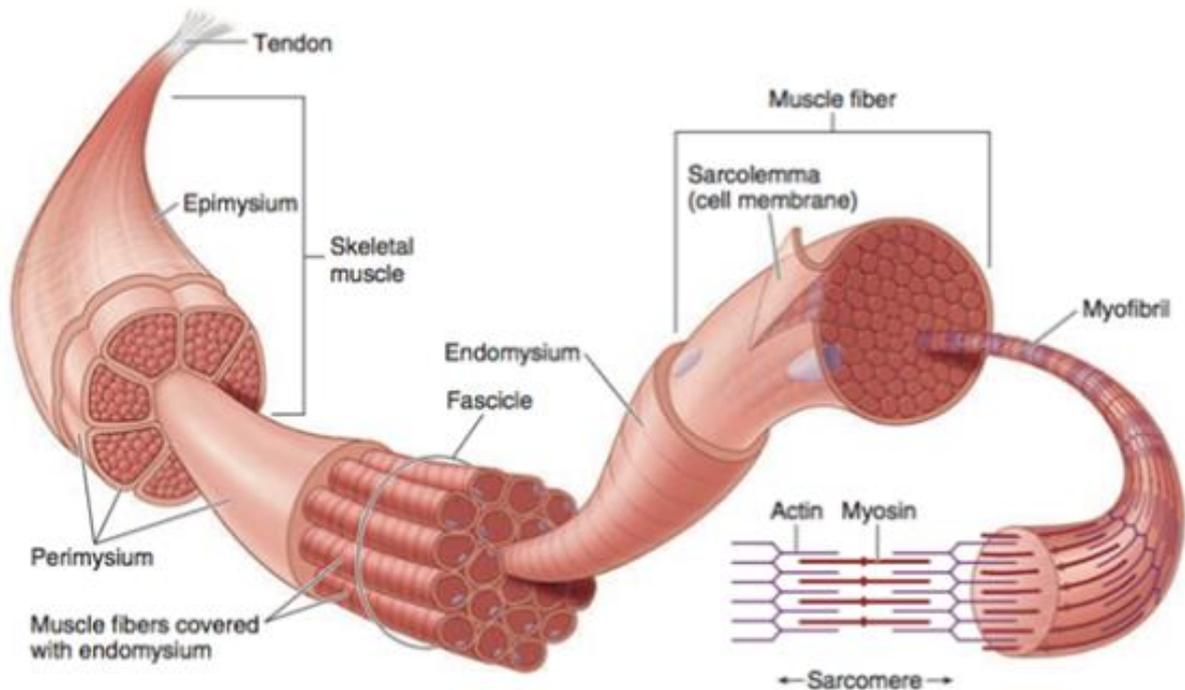
3.2 MÚSCULO ESTRIADO ESQUELÉTICO E JUNÇÕES NEUROMUSCULARES

Os músculos esqueléticos são responsáveis por diversas funções, dentre elas, a locomoção (TROVATO *et al.*, 2016) e os movimentos corporais (KARALAKI *et al.*, 2009). É composto por feixes de células cilíndricas, alongadas, multinucleadas e vários filamentos de proteína, tais como miosina, actina, tropomiosina e troponina (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017). Esses miofilamentos são chamados de miofibrilas. O conjunto de miofibrilas forma os sarcômeros, que são responsáveis pela unidade contrátil dos músculos (Figura 01) (PIOVESAN *et al.*, 2009; FRONTERA; OCHALA, 2015; TROVATO *et al.*, 2016).

As miofibrilas organizam-se e são divididas em grupos de feixes formando a fibra muscular, que é revestida por tecido conjuntivo, chamado de endomísio; essas fibras musculares se unem em fascículos e são revestidas pelo mesmo tecido, todavia, agora, nomeado de perimísio; a união de fascículos originará o músculo esquelético, que é revestido novamente por uma camada de tecido conjuntivo, o epimísio (TORTORA, 2007; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017; FRONTERA; OCHALA, 2015). O tecido de revestimento muscular é constituído pela lâmina basal, fibras reticulares e, principalmente, por fibroblastos; ademais, é responsável pela transmissão da força de contração muscular a outras estruturas, fixando o músculo aos tendões e ossos (GILLIES, LIEBER, 2011); também, é responsável pela coesão das fibras musculares, além de permitir passagem para os nervos, vasos sanguíneos e linfáticos (TROVATO *et al.*, 2016). O tecido conjuntivo apresenta um papel importante na transmissão da força entre os músculos e os ossos, na manutenção da organização tecidual, na proteção e na reparação de lesões musculares (GILLIES; LIEBER, 2011). Além disso, esse tecido pode sofrer várias alterações como migração

e proliferação de fibroblastos, mediante diversos estímulos (SERRANO; MUÑOZ-CÁNOVES, 2010), como imobilismo (ROCHA, 2010), lesão muscular, lesão nervosa e o próprio exercício físico (SANTANA, 2018).

Figura 1 - Estrutura e composição da fibra muscular



Fonte: <https://www.iespe.com.br/blog/o-musculo-e-suas-estruturas>

As fibras musculares podem ser classificadas, de acordo com a estrutura e composição molecular, como fibras lentas (tipo I) e rápidas (tipo II). As fibras lentas ou oxidativas apresentam cor vermelha, pois são ricas em mioglobinas e mitocôndrias, são resistentes à fadiga, obtêm energia dos ácidos graxos e são responsáveis pelas contrações contínuas. Ao contrário, as fibras rápidas ou glicolíticas apresentam cor branca, pois possuem pouca mioglobina e mitocôndrias, apresentam contrações rápidas, são fadigáveis e utilizam a glicose como energia, sendo, ainda, subdivididas em fibras do tipo IIa e IIb (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2017; PIOVESAN *et al.*, 2009). As do tipo IIa ou intermediárias, com potencial para produção de força, utilizam tanto metabolismo oxidativo quanto o glicolítico; e tipo IIb, mais rápida e fatigável, pois utiliza, predominantemente, o metabolismo glicolítico (PIOVESAN *et al.*, 2009; SCHIAFFINO; REGGIANI, 2011; TALBOT; MAVES, 2016). A composição das fibras musculares depende da sua função, por exemplo, o músculo

extensor longo dos dedos (EDL), utilizado nesta pesquisa, é caracterizado por ser um músculo de contração rápida, com predominância de fibras do tipo IIb (CABEÇO *et al.*, 2012); no entanto, os tipos de fibras podem ser remodeladas de acordo com os estímulos (TALBOT; MAVES, 2016) e, por isso, o tecido muscular é considerado um tecido dinâmico, com alta plasticidade, capaz de adaptar-se a diversos estímulos (PIOVESAN *et al.*, 2009; KRAUSE-NETO *et al.*, 2015), como lesões traumáticas e obesidade (WOLFE, 2006).

As JNM's são locais nos quais ocorre a sinapse entre as fibras musculares e o sistema nervoso periférico; é composta pelo axônio pré-sináptico, fenda sináptica, parte pós-sináptica (fibra muscular), vesículas e receptores de acetilcolina e, também, de uma enzima chamada de colinesterase, a qual desencadeará a liberação do neurotransmissor acetilcolina (ACH) (SCHIAFFINO; REGGIANI, 2011; GONZALEZ-FREIRE *et al.*, 2014; KRAUSE-NETO *et al.*, 2015). As estruturas das JNM's podem variar de acordo com o tipo de fibra muscular (GONZALEZ-FREIRE *et al.*, 2014). Nas fibras glicolíticas (rápidas), os terminais e fibras axônicas apresentam-se elípticas e maiores que os de fibras oxidativas (lentas), nas quais os terminais axônicos são curtos, redondos e morfologicamente semelhantes, como também apresenta o número de mitocôndrias aumentado (SEENE *et al.*, 2017).

Para que a contração muscular aconteça, é necessária a liberação do neurotransmissor ACH nas fendas sinápticas das JNM's, o que iniciará o potencial de ação da membrana celular, que induzirá o retículo sarcoplasmático a liberar íons cálcio (Ca^{2+}) pelos túbulos T, que são cisternas no sarcolema, os quais permitem a excitação uniforme das fibras. A Troponina é responsável por expor a actina, que, ao tocar a miosina, promove a formação de pontes cruzadas e, assim, efetiva-se o início da contração muscular. Ao cessar a contração, os íons Ca^{2+} são enviados de volta para o retículo sarcoplasmático e permanecem lá, até que se inicie uma nova contração (figura 02) (FRONTERA; OCHALA, 2015; TROVATO *et al.*, 2016; GUYTON; HALL, 2017).

3.3 OBESIDADE

A Organização Mundial da Saúde define obesidade como acúmulo anormal ou excessivo de gordura que pode prejudicar a saúde, sendo considerada uma doença crônica, a qual pode estar associada a fatores metabólicos, genéticos, consumo de calorias em excesso e, também, devido à inatividade física (ALMEIDA *et al.*, 2017; WHO, 2019). Envolve tanto o fator social quanto comportamental, ambiental, cultural e psicológico (HHS, 2001; FARIA, 2002; WHO, 2019), sendo considerada um grande problema de saúde pública da sociedade moderna (WHO, 2019).

Um fato preocupante é que, segundo dados da WHO, a obesidade mais do que duplicou desde 1980, sendo considerada um dos maiores problemas de saúde pública mundial. Em 2008, mais de 1,4 bilhões de adultos tinham excesso de peso e mais de meio bilhão eram obesos. Já em 2016, esse índice subiu para 1,9 bilhões de pessoas; desses, mais de 650 milhões eram obesos. Dessa forma, 39% da população mundial, acima dos 18 anos, de ambos os sexos, encontravam-se acima do peso, e 13% dessa população eram obesos, o que comprova que a obesidade cresce, gradativamente, e atinge proporções epidêmicas de forma global. Esse quadro sempre foi associado a países de alta renda, porém, atualmente, também prevalece em países de baixa e média renda (WHO, 2019).

Vindo ao encontro da Pesquisa do Ministério da Saúde, a qual evidenciou que, nos últimos treze anos, houve um aumento de 67,8% nos casos de obesidade no Brasil, saindo de 11,8%, em 2006, para 19,8%, em 2018, ainda há a pesquisa que aponta que, em 2018, a prevalência dessa doença crônica era de 18,9% da população adulta e que mais da metade da população brasileira (55,7%) estava com excesso de peso (PENIDO, 2018).

Paralelamente ao aumento da obesidade e das comorbidades desenvolvidas por ela, também, elevam-se os custos da saúde pública, sendo que o Sistema Único de Saúde (SUS) investe, aproximadamente, 3,6 bilhões de reais no tratamento da obesidade; desses, 68% são gastos com o tratamento hospitalar e 32% com o tratamento ambulatorial (BAHIA; ARAÚJO, 2014).

O aumento gradual do sobrepeso pode reduzir a expectativa de vida do indivíduo; ademais, pode afetar gradualmente a saúde física e psicológica (HHS, 2001), além da obesidade provocar graves complicações à saúde, pois causa

situações que ameaçam a vida, dentre elas, a síndrome metabólica, doenças coronarianas, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), hipertensão arterial, câncer. Para além, influencia outros distúrbios, como doenças osteometabólicas, osteoporose, osteoartrite (WEBB *et al.*, 2004; WHO, 2019) e sarcopenia (SCHRAGER *et al.*, 2007).

Nesse contexto, diversos métodos ou técnicas são utilizados para comprovar o excesso de PC, como mensuração da espessura das pregas cutâneas, bioimpedância, relação circunferência abdominal-quadril, ultrassonografia, ressonância magnética e Índice de Massa Corpórea (IMC), entre outras. O IMC é recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um instrumento para avaliar o nível de gordura em humanos. Esse índice é obtido a partir da divisão do peso em quilogramas, pelo quadrado da altura, em metros (kg/m^2). Valores de IMC de 25,0 a 29,9 kg/m^2 correspondem a “sobrepeso”; valores de índice $\geq 30,0 \text{ kg}/\text{m}^2$ são considerados obesos (WHO, 2019). No entanto, esse índice não fornece informações sobre a porcentagem ou distribuição de gordura, tão pouco sobre a massa livre de gordura (KEYS *et al.*, 2014). Para roedores, um instrumento indicado para avaliar esses mesmos parâmetros seria o Índice de Lee, o qual é obtido a partir da divisão da raiz cúbica do PC, pelo comprimento nasoanal (CAN), multiplicado por 1000 (LEE, 1929).

3.4 MODELOS DE OBESIDADE EXPERIMENTAIS

No intuito de investigar as influências hormonais e metabólicas envolvidas nos quadros de obesidade, bem como para obter maiores conhecimentos sobre os mecanismos que envolvem essa patologia, são utilizados vários modelos de obesidade experimentais, sendo também muito importante na participação do desenvolvimento de procedimentos que atuem no tratamento e na prevenção dessa morbidade (CESARETTI; KOHLMANN JUNIOR, 2006; PARK *et al.*, 2007).

Entre eles, pode-se citar a adição de alimentos hipercalóricos, hiperlipídicos na dieta padrão do animal ou, ainda, os modelos neurais, com obesidade hipotalâmica (LAU; TYMIANKI, 2010). Na obesidade hipotalâmica, a indução do sobrepeso ocorre por meio da administração subcutânea repetida de uma substância neurotóxica, o glutamato monossódico (MSG) (OLNEY, 1971; SCLAFANI, 1984).

O MSG ou aminoácido dicarboxílico, L-glutamato, é utilizado frequentemente na culinária para realçar o sabor dos alimentos, como um condimento alimentar

(BETRAN *et al.*, 1992). Quando utilizado no período neonatal, em que a barreira hematoencefálica não se encontra totalmente fechada, a substância desencadeia efeitos neurotóxicos (OLNEY, 1971; SCLAFANI, 1984), que, em elevadas concentrações, causam destruição de corpos celulares e morte neuronal, provocando lesões de várias estruturas centrais, principalmente, no núcleo ventromedial e no núcleo arqueado do hipotálamo (ARQ); isso ocasiona a morte de cerca 75% dos neurônios dessa região (ROMAN-ROMAN, 2011).

O controle da homeostase energética, regulação do metabolismo de glicose e lipídios, assim como a sinalização da saciedade, são regulados pelo hipotálamo, dessa forma, essa lesão hipotalâmica promove uma série de alterações neuroendócrinas, alterando a regulação do controle da ingestão alimentar, bem como do gasto energético; isso repercute numa resposta inflamatória sistêmica (SMITH, 2018).

Nesse contexto, a indução da obesidade em roedores, no período neonatal, predispõe à obesidade na idade adulta e simula a obesidade em humanos, devido ao aumento do tecido adiposo visceral (CORADINI *et al.*, 2014). Além disso, predispõe também à intolerância à glicose, hiperinsulinemia, resistência à insulina, alteração no controle cardiovascular, alteração da função sexual, infertilidade e alteração do controle da temperatura corporal (ROMAN-RAMOS *et al.*, 2011). Outra característica importante desse modelo de obesidade é que, devido à lesão hipotalâmica, ocorrem diminuições significativas da produção do hormônio do crescimento (GH) e isso acarreta menor peso e comprimento corporal; ademais, há alterações no tecido muscular esquelético, o que causa redução da massa magra muscular (CESARETTI; KOHLMANN JUNIOR, 2006; PARK *et al.*, 2007; LAU; TYMIANKI, 2010; BALBO *et al.*, 2000). A obesidade, induzida pelo método MSG em roedores, é considerada adequada para o estudo dos efeitos metabólicos dessa morbidade em humanos (GOBATTO, 2002).

3.5 EFEITOS DA OBESIDADE NO MÚSCULO ESQUELÉTICO

Há evidência de que o tecido adiposo em excesso poderia alterar a secreção de adipocinas pró-inflamatórias, tais como a proteína quimiotática de monócitos-1, o

fator de necrose tumoral - alfa, as interleucinas 1, 6 e 8, assim como o aumento de macrófagos no tecido, a liberação de ácidos graxos livres e a proteína C reativa, que desencadearia um importante processo inflamatório (JUNG; CHOI, 2014), com degradação proteica do músculo esquelético. Isso poderia ocasionar redução significativa da massa magra, além de importante aumento da massa gorda (TOMLINSON, 2016), condição denominada como sarcopenia ou obesidade sarcopênica (OS) (SCHRAGER *et al.*, 2007).

Assim, a OS está associada à inflamação sistêmica crônica, que gera encurtamento e oposição à expansão lateral das fibras musculares, rigidez das aponeuroses e alterações neurológicas, com desnervação das fibras (RAHEMI, NIGAM, WAKELING, 2015); além disso, pode causar redução da atividade física e da mobilidade corporal, o que promove dificuldade para executar as atividades de vida diária (BAUMGARTNER *et al.*, 2004; SCHRAGER *et al.*, 2007).

A função contrátil do músculo é amplamente determinada pela sinalização de cálcio na célula muscular e pela atividade das proteínas responsáveis pela contração e relaxamento muscular (GUNDERSEN, 2011). Em indivíduos obesos, ocorre a interrupção do ciclo de cálcio, o que afeta a produção de energia e força muscular (SEEBACHER *et al.*, 2017), de maneira a ocasionar uma transição de fibra muscular, de lenta para rápida (TANNER *et al.*, 2002; SEEBACHER *et al.*, 2017).

Tamilarasan *et al.* (2012) demonstraram que o acúmulo ectópico de lipídios em animais obesos induzia à apoptose e causava danos ao músculo esquelético, o que resultaria em lesão dos sarcômeros e das estruturas miofibrilares, além de reduzir a área de secção transversa de miofibrilas. Isso dificulta a regeneração muscular, portanto, a obesidade poderia causar várias alterações fisiológicas e estruturais ao tecido muscular, com redução da força muscular e da potência relativa, o que evidencia uma estrutura mais propensa à fadiga (BOLLINGER, 2017). Um estudo envolvendo as alterações no desenvolvimento muscular embrionário de ratos, que tiveram indução de obesidade materna por dieta hiperlipídica, concluiu que os embriões apresentaram redução no número total e na área de secção transversa das miofibrilas (MATSAKAS *et al.*, 2015), uma vez que o excesso de peso também pode ocasionar o aumento de núcleos celulares (WAUGH, 2016),

Tallis (2017) observou, em seu trabalho, uma redução do desempenho contrátil muscular de indivíduos obesos. Diante disso, o excesso de gordura corporal desencadeia um remodelamento negativo no tecido muscular, favorecendo a

diminuição da taxa metabólica basal, que causa um declínio na qualidade desse e diminuição da força quando comparado a sua massa corporal (HILTON *et al.*, 2008; TOMLINSON, 2016), ou seja, o desenvolvimento da massa magra muscular é insuficiente quando equiparado ao tamanho corporal total do indivíduo, o que aumenta a dificuldade para realizar as funções físicas, gerando um prognóstico ruim para essa população (GADELHA *et al.*, 2014).

Nesse sentido, vários estudos comprovam que a prática de exercício físico promove redução do sobrepeso, assim como de suas comorbidades (KAWANISHI *et al.*, 2013; RONN *et al.*, 2013; VISSERS *et al.*, 2013; FORYST-LUDWIG *et al.*, 2015; STANFORD *et al.*, 2015; STANFORD; MIDDELBEEK; GOODYEAR, 2015), uma vez que o tecido muscular pode ser remodelado pela prática de exercícios, como treinamento resistido e de endurance, os quais estimulam a contração dessas fibras (FRONTERA; OCHALA, 2015; KRAUSE-NETO *et al.*, 2015; TROVATO *et al.*, 2016).

3.6 EFEITOS DA PLATAFORMA VIBRATÓRIA NO TECIDO MUSCULAR ESQUELÉTICO

O exercício físico causa remodelação ao tecido muscular, gera alterações para a área individual da fibra muscular, ao número de fibras musculares, à quantidade de núcleos e de tecido conjuntivo, assim como promove a liberação de sinalizadores musculares que exercem efeitos benéficos sobre o organismo (NEGRÃO *et al.*, 2010). Gundersen (2016), em uma revisão sobre atrofia e hipertrofia muscular, relatou que a atrofia muscular pode ocasionar a apoptose dos núcleos e que o seu aumento, assim como da síntese proteica, é essencial para o desenvolvimento da hipertrofia.

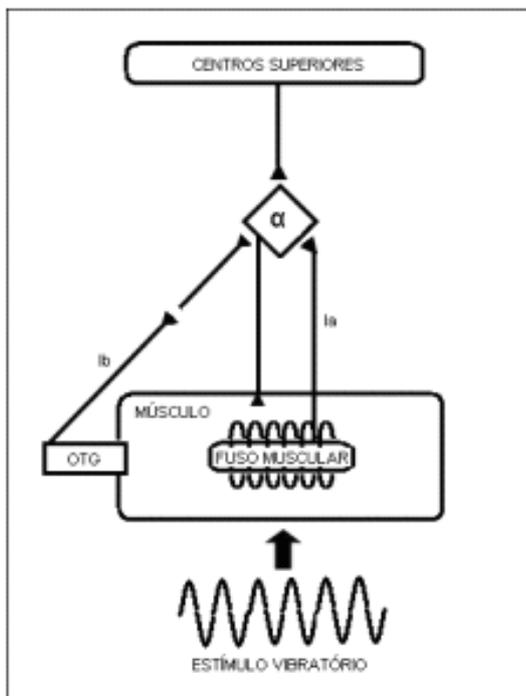
A prática de atividade física ou o sedentarismo pode influenciar e provocar alterações para as JNM's, interferindo na área e comprimento dos ramos, bem como na relação pré e pós-sináptica, podendo causar uma hipertrofia (SEENE, 2017). Nesse sentido, o estudo de Yan (2012) apontou uma influência positiva do treinamento físico para a capilarização do tecido muscular, com aumento do número de capilares e melhora da capacidade metabólica do músculo esquelético.

Os efeitos dos treinamentos, compostos por exercícios contra-resistidos em intensidades moderadas, são semelhantes aos obtidos no treinamento com a PV, visto que esse é considerado um método de treinamento alternativo no quesito melhora da força muscular (SILVA *et al.*, 2015; JACOBSON *et al.*, 2017; RUBIO-

ARIAS *et al.*, 2018). Quando comparado a outros tipos de treino, a PV apresenta-se como um método vantajoso e alternativo de exercício, com menores riscos de lesão, podendo ser realizado sem carga externa e ainda com melhora da força muscular em curto período (LEE, 2017; RUBIO-ARIAS *et al.*, 2018).

O estímulo das vibrações altera o comprimento musculotendíneo e ativa os receptores sensoriais dos fusos neuromusculares, gerando contrações musculares reflexas, semelhantes ao clássico Reflexo de Vibração Tônica (RVT) (DELECLUSE *et al.*, 2003), que ocorre porque a vibração promove estímulos aferentes nos fusos musculares (fibras aferentes do tipo IA), causando a ativação proprioceptiva do sistema sensorial, o que resulta na contração muscular (CERCIELLO *et al.*, 2016). No entanto, também ocorrerá ativação das fibras inibitórias dos órgãos tendinosos de Golgi (aferentes do tipo IB), promovendo contrações cíclicas da musculatura concêntrica e excêntrica (figura 02) (HALLAL; MARQUES; GONÇALVES, 2010; CERCIELLO *et al.*, 2016).

Figura 2 - Mecanismo Reflexo Tônico da Vibração mecânica



Fonte: (HALLAL; MARQUES; GONÇALVES, 2010).

A vibração também pode induzir a estimulação da medula, promovendo um recrutamento mais eficiente dessas fibras (CERCIELLO *et al.*, 2016), sendo assim, quanto maior o recrutamento e ativação dos motoneurônios, maior será a produção de força e potência (BALADELI *et al.*, 2015; BACHA *et al.*, 2016); isso ocasiona, possivelmente, o aumento da área de secção transversa das fibras musculares, semelhante a uma hipertrofia (PARK; SON; KWON, 2015).

O mecanismo principal para que ocorra a contração muscular está associado à regulação neural, dessa forma, o estímulo vibratório promoverá adaptações neuromusculares, efetivando contrações musculares reflexas e não voluntárias (GIRÃO-NETA, 2017; JACOBSON *et al.*, 2017; RUBIO-ARIAS *et al.*, 2018; SPIELMANN *et al.*, 2017). Acredita-se que, em decorrência disso, o estímulo vibratório possa atingir e promover alterações nos vasos sanguíneos, causando vasodilatação, que melhora a circulação sanguínea, aumenta nutrição do tecido e auxilia a remoção de produtos resultantes do metabolismo celular (PARK; SON; KWON, 2015). Nesse sentido, alguns estudos perceberam aumento da densidade de capilares em animais submetidos a vibrações mecânicas diárias a 70Hz durante 30 dias (KOMRAKOVA *et al.*, 2013); o mesmo resultado foi encontrado no estudo de Kaneguchi *et al.* (2014), o qual demonstrou que animais submetidos à atrofia

muscular, após serem treinados com PV, apresentaram melhora da capilarização muscular.

Alguns estudos avaliaram os efeitos do uso da PV no tecido muscular, os quais identificaram que o treinamento a uma frequência de 35 a 70Hz proporcionou redução da área de secção transversa (KOMRAKOVA, 2013). Krajnak *et al.* (2012) perceberam que animais treinados a uma frequência de vibração superior a 20Hz, apresentaram lesão na estrutura e função da musculatura periférica. Outro estudo submeteu roedores a vibrações corporais com frequência de 60Hz, 5 horas por dia, durante 10 dias, e, como resultado, apresentaram profundas deteriorações e muita atrofia muscular (YAN *et al.*, 2012).

No entanto, outros autores encontraram efeitos positivos da vibração corporal sobre as fibras musculares. Em um estudo, no qual foi realizada uma lesão no tecido muscular do músculo gastrocnêmio, imediatamente, após a lesão, os animais foram submetidos a uma vibração corporal com uma frequência de 45 ou 90 Hz, durante 14 dias; assim, observou-se uma importante hipertrofia das fibras musculares (CORBIERE *et al.*, 2018). Da mesma forma, em outro estudo, em que os animais foram submetidos a vibrações de 5,6 Hz, durante 5 dias consecutivos, num período de 4 semanas, observou-se melhora da força e redução da fadiga muscular (CHEN *et al.*, 2018). Peretti (2019) estudou os efeitos da PV em ratas ooforectomizadas e pseudooforactomizadas e percebeu que a intervenção foi eficaz para a reversão dos efeitos deletérios da privação hormonal, aumentando a área das JNM's.

Komrakova *et al.* (2013) perceberam aumento da densidade de capilares em animais submetidos a vibrações mecânicas diárias, a 70Hz, durante 30 dias; isso também foi encontrado em um modelo de animais que foram submetidos a uma atrofia muscular, demonstrando que o treinamento foi capaz de melhorar a capilarização muscular (KANEGUCHI *et al.*, 2014).

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na presente pesquisa está descrita no artigo científico a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção contempla os resultados da pesquisa, os quais estão apresentados e discutidos no formato de um artigo científico, que será enviado para publicação na revista *Brazilian Journal of Physical Therapy*, cujas normas estão anexadas nesta dissertação (ANEXO 2).

Artigo 01. Plataforma vibratória influencia os aspectos histomorfológicos do músculo extensor longo dos dedos de ratos *wistar* obesos.

ARTIGO CIENTÍFICO**PLATAFORMA VIBRATÓRIA INFLUENCIA OS ASPECTOS
HISTOMORFOLÓGICOS DO MÚSCULO EXTENSOR LONGO DOS DEDOS DE
RATOS WISTAR OBESOS.****REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF PHYSICAL THERAPY
NORMAS DA REVISTA: ANEXO 02**

Efeitos da plataforma vibratória na histomorfometria muscular

Jhyslayne Ignácia Hoff Nunes Maciel^a, Mariana Laís Boaretto^a, Bárbara Zanardini de Andrade^a, Matheus Felipe Zazula^a, Sara Cristina Sagae Schneider^b, Rose Meire Costa^b, Márcia Miranda Torrejais^b, Lucinéia de Fátima Chasko Ribeiro^b e Gladson Ricardo Flor Bertolini^b.

^a Mestrandas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) - Campus Cascavel, Laboratórios de Estudo de Lesões e Recursos Fisioterapêuticos e de Biologia Estrutural e Funcional.

^b Professores doutores na UNIOESTE, Cascavel, PR – Brasil.

Autor responsável: Gladson Ricardo Flor Bertolini

Endereço eletrônico: gladson_ricardo@yahoo.com.br

Endereço para correspondência: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Rua Universitária, 2069 / Clínica de Fisioterapia, JD Universitário 85819110 – Cascavel, PR – Brasil.

Telefone: (45) 3220-3157

RESUMO

Objetivos: Avaliar os efeitos do treino em plataforma vibratória na morfologia e histomorfometria das fibras e Junções neuromusculares do músculo extensor longo dos dedos de ratos Wistar com obesidade induzida por glutamato monossódico (MSG). **Métodos:** foram utilizados 24 filhotes machos de ratos Wistar, randomizados em quatro grupos (n= 6): controle (GC), controle com vibração corporal (GCP), obeso (GO) e obeso com vibração corporal (GOP). Nos animais de GO e GOP, foi induzida a obesidade com injeções intradérmicas de 4 mg/g de peso corporal de Glutamato Monossódico (MSG), na fase neonatal; aos 70 dias de idade, iniciou-se o treino em plataforma vibratória, adaptada a uma frequência de 60 Hertz e amplitude de 2 milímetros, realizado 3 vezes na semana, com duração de 10 minutos, durante 8 semanas consecutivas para os grupos GP e GOP. Aos 130 dias de vida, os animais foram pesados e foi mensurado o índice de Lee; em seguida, foram eutanasiados e o músculo extensor longo dos dedos foi coletado e processado para análises histomorfológicas. Os dados obtidos foram expressados por meio da estatística descritiva (média e erro-padrão) e analisados com o programa SPSS 20.0. Foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (distribuição de probabilidades Normal ou Gama), com pós-teste LSD, sempre com nível de significância de 5%. A análise morfológica do músculo EDL dos animais MSG exibiu hipotrofia muscular, fibras amorfas com diferenças tintoriais, aumento do número de núcleos, maiores densidades e quantidade de fibras tipo II. Em relação à área de secção transversa, densidade, maior e menor diâmetro das fibras musculares e tipos de fibras musculares, os grupos de animais obesos apresentaram hipotrofia muscular, com maior densidade de fibras musculares, assim como maior quantidade de fibras do tipo IIb. Entretanto, não houve diferença nas áreas das junções neuromusculares dos grupos plataforma. Foi possível concluir que o modelo de obesidade proposto, assim como o treinamento em plataforma vibratória, apresentou-se capaz de causar alterações morfológicas ao EDL de ratos Wistar, sendo necessários mais estudos para confirmar tais achados.

Palavras-chave: vibração corporal; glutamato monossódico; morfologia; fibra muscular esquelética

Introdução

A obesidade é considerada uma doença crônica, caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal, que pode prejudicar a saúde¹, sendo multifatorial, a qual está relacionada a alguns fatores, como o consumo de calorias em excesso e a inatividade física. Seus efeitos metabólicos são bem conhecidos e podem ocasionar comorbidades graves e complicações da saúde^{2-4,1,5,6}.

Há evidência de que o tecido adiposo em excesso altera a secreção de adipocinas pró-inflamatórias^{3,7,8} e desencadeia a degradação de proteínas musculares, o que reduz significativamente a massa magra⁹, condição denominada como obesidade sarcopênica^{9,10}.

Já é conhecido que a prática de atividades físicas pode ser um meio eficaz de tratamento da sarcopenia e da obesidade, pois promove o gasto energético, minimiza o sedentarismo, melhora a força muscular, é de baixo custo e apresenta poucas contraindicações. Porém, a dor e a rigidez articular, presente nessa população, impedem a execução adequada de alguns exercícios; dessa forma, a Plataforma Vibratória (PV) ou vibração do corpo inteiro (VCI) é uma opção que vem sendo considerada^{11,12}.

A PV produz vibrações mecânicas, com frequências variáveis que promovem a contração muscular, sendo considerado um exercício de baixo impacto, que não prejudica as estruturas comprometidas pelo sobrepeso, proporciona gasto energético, inibição da adipogênese e redução da massa gorda^{12,13-16}, assim como melhora da qualidade do tecido ósseo¹⁷, com aumento da potência e trofismo muscular^{18,19}, ganho de força^{20,21}, recuperação do equilíbrio¹⁵ e do controle postural¹⁹, além de proporcionar o aumento da área das fibras musculares e da densidade capilar^{22,23}. Ainda, pode estimular adaptações neuromusculares após ativação dos fusos musculares²⁴⁻²⁷. No entanto, são escassos os estudos dos efeitos teciduais musculares no músculo extensor longo dos dedos (EDL) do treinamento com a PV em modelos de obesidade.

Dessa forma, o presente estudo analisou os efeitos da PV na histomorfometria das fibras e nas junções neuromusculares EDL de ratos *Wistar* com obesidade induzida por glutamato monossódico (MSG).

Materiais e Métodos

O presente estudo teve caráter experimental, longitudinal e quantitativo. Foi desenvolvido na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), com o projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Uso Animal (CEUA) da UNIOESTE (protocolo nº 08/18).

Para o presente modelo experimental, foram utilizados 24 ratos *Wistar* machos, randomizados em quatro grupos (n=6): Grupo Controle (GC – sem intervenção), Grupo Controle + PV (GCP), Grupo Obeso (GO – MSG sem intervenção), Grupo Obeso + PV (GOP – MSG + PV). Os animais foram mantidos em caixas padrão de polipropileno, em ambiente com temperatura controlada de $22 \pm 1^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas, recebendo água e ração *ad libitum* (BioBase, Santa Catarina, SC, Brasil).

O protocolo para a indução da obesidade iniciou-se a partir do nascimento dos filhotes. Durante os primeiros cinco dias de vida dos animais, foi aplicada uma injeção intradérmica de MSG, na dose de 4 mg/g de peso corporal (PC), para os animais do GO e GOP; GC e GCP receberam diariamente injeções de solução salina hiperosmótica, a uma dose diária de 1,25 mg/g de PC, com o intuito de simular o mesmo estresse^{28,32}.

Aos 70 dias de idade, iniciou-se a intervenção em PV; para tanto, foi utilizada a plataforma Vibro-Oscilatória comercial da marca Arktus® triplanar profissional (Santa Tereza do Oeste, PR, Brasil); o treinamento foi realizado três vezes na semana, com duração de 10 minutos, durante oito semanas consecutivas. O protocolo utilizado foi adaptado a uma frequência de 60 Hz com vibrações alternadas e amplitude de 2 mm^{29,30,32}. Aos 130 dias de idade, os animais tiveram o peso corporal (PC) e o comprimento nasoanal (CAN) mensurados para análise do Índice de Lee, calculado pela raiz cúbica do PC, dividido pelo CAN, multiplicado por 1000^{31,32,33}.

Imediatamente após as mensurações, os animais foram eutanasiados por overdose de anestésicos, com aplicação de xilazina 30 mg/kg e ketamina 300 mg/kg, intraperitonealmente; na sequência, foi realizada a dissecação e coleta do músculo extensor longo dos dedos (EDL) de ambos os membros pélvicos. Os músculos foram pesados e seccionados em dois fragmentos com uma lâmina de inox.

Os fragmentos proximais direitos foram fixados em metacarn e armazenados em álcool 70%. Posteriormente, foram submetidos ao procedimento histológico com

desidratação em série crescente de álcool, diafanização em álcool N-butílico, inclusão e embocamento em parafina histológica; após, foram cortados transversalmente a 5 μm . Para o estudo das fibras musculares, os cortes foram corados em Hematoxilina-Eosina (HE), analisadas morfológicamente em microscópio de luz e fotomiografados 10 campos visuais de interesse, em aumento de 400x por animal. Nas imagens obtidas, foi analisada a área de secção transversa, maior e menor diâmetro de 100 fibras por animal e, também, quanto à densidade de fibras do músculo EDL, com o auxílio do programa Image-Pro Plus 6.0^{32,34}. Esses foram morfológicamente identificados, marcados e contabilizados^{32,35}; foram incluídas somente as fibras visualizadas por inteiro no campo visual^{32,36} e excluídas as que tocassem as margens direita e inferior da imagem, para evitar vieses e erros de contabilização^{32,37}.

Os fragmentos distais do antímero direito foram utilizados para a análise histoenzimológica, a qual analisa o metabolismo oxidativo e glicolítico das fibras musculares; para isso, imediatamente, após a coleta, foram cobertos com talco neutro para a preservação do tecido^{32,38} e, posteriormente, foram congelados em nitrogênio líquido, acondicionados em criotubos e armazenados em Biofreezer a -80°C .

Para montagem das lâminas, os segmentos musculares congelados foram transferidos para câmara de criostato (LUPETEC CM 2850 Cryostat Microtome) a -20°C ; após 30 minutos, tiveram uma extremidade colada em um suporte metálico, utilizando Tissue Freezing Medium; posteriormente, foram seccionados transversalmente a 7 μm de espessura. Os cortes foram submetidos à reação enzimática de NADH-TR (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo - Tetrazolium Reductase)^{32,39,40,41}. Essa análise quantifica os diferentes tipos de fibras musculares (I, IIa e IIb), de acordo com a tonalidade apresentada nas fibras após a reação. Para cada animal, foram escolhidos cinco campos microscópicos aleatoriamente no aumento de 200x para contabilização e análise do tamanho da área dos diferentes tipos de fibras.

Os fragmentos proximais do antímero esquerdo foram utilizados para o estudo das JNM's, que foram imersos no fixador Karnovsky⁴². Os músculos foram cortados longitudinalmente em pequenas porções com lâminas de inox; os cortes obtidos foram submetidos à reação de esterase inespecífica⁴³. Posteriormente, foi realizada a análise morfológica das lâminas com microscópio de luz, fotomiografados os campos visuais de interesse no aumento de 200x. A análise contou com auxílio do programa

Image-Pro-Plus 6.0. Foi mensurado o tamanho da área, do maior e do menor diâmetro de 150 JNM's por animal.

Os dados obtidos foram expressos por meio da estatística descritiva (média e erro-padrão) e analisados com o programa SPSS 20.0. Foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (com distribuição de probabilidades Normal ou Gama), com pós-teste LSD, sempre com nível de significância de 5%.

Resultados

Ao realizar a análise da massa do músculo EDL por 100 gramas de massa corporal, foi possível observar que houve diferença significativa entre os grupos ($p < 0,01$). No entanto, essas diferenças só foram refletidas quando comparados os grupos eutróficos com os grupos obesos (Tabela 01). A análise do comprimento do músculo EDL, também, apresentou diferença significativa entre os grupos ($p = 0,024$), refletindo as mesmas diferenças da análise do PC dos animais, visto que os grupos de animais obesos apresentaram redução do peso corporal em comparação aos grupos eutróficos ($p < 0,001$). O índice de Lee apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,01$), comprovando a indução da obesidade nos animais do GO e GOP.

Tabela 1 - Análise da massa do músculo EDL por 100 gramas de massa corporal, comprimento do músculo EDL (mm) e Índice de Lee.

	Massa do músculo (g/100g)	Comprimento do músculo (mm)	Peso corporal (g)	Índice de Lee (g/cm ³)
GC	0,16±0,009a	31,3±1,2a	399,33±19,5a	282±34a
GCP	0,18±0,009a	30,6±1,1a	415,33±20,3ac	285±14a
GO	0,12±0,006b	27,7±1,0b	310,67±15,2b	311±13b
GOP	0,11±0,006b	27,3±1,0b	307,67±15,0bc	298±8b

Legenda: **GC:** Grupo Controle; **GCP:** Grupo Controle Plataforma; **GO:** Grupo Obeso e **GOP:** Grupo Obeso + Plataforma. Letras iguais representam semelhança estatística. Valores expressos em média±desvio padrão.

Análise morfológica do músculo EDL

Com a análise morfológica do músculo EDL dos animais GC e GCP, foi possível observar que ambos apresentaram características normais do tecido muscular esquelético. As fibras musculares são predominantemente poligonais, com núcleos posicionados na periferia, abaixo da membrana sarcoplasmática, estando recobertas individualmente pelo endomísio e organizadas em fascículos delimitados pelo perimísio; associados a esses envoltórios, estão presentes capilares sanguíneos (Figura 2A e 2B).

O GO (Figura 2C) e GOP (Figura 2D) apresentaram fibras hipotróficas, a maioria poligonais, mas com presença de fibras amorfas e com diferenças tintoriais e aparente aumento do número de núcleos periféricos e de capilares; isso quando comparado ao grupo controle, sem alterações relacionadas ao treinamento com PV.

Ao analisar morfológicamente os tipos de fibras do músculo EDL, foi observada diferenciação entre os tamanhos das fibras e alternância entre a intensidade da coloração, em que as fibras musculares oxidativas (tipo I) apresentaram-se pequenas e mais escuras; as glicolíticas (tipo IIb), maiores e mais claras; e as intermediárias (tipo IIa), com tamanho e cor intermediária, demonstrando a característica da técnica (Figura 5A, 5B, 5C e 5D).

Análise histomorfométrica do músculo EDL

Com relação à área de secção transversa e maior diâmetro, houve diferenças significativas entre os grupos ($p < 0,001$), porém, apenas foram refletidas entre os grupos de animais controle com os obesos. Para o menor diâmetro das fibras, novamente, houve diferenças entre os grupos ($p = 0,001$); contudo, de forma semelhante às demais variáveis, existiu apenas diferença entre os animais controle e obesos, não havendo efeito do treinamento sobre esse parâmetro morfométrico (tabela 2).

Quanto à análise da densidade de fibras musculares, houve diferença significativa entre os grupos ($p < 0,001$). Assim, os grupos de animais controle apresentaram densidade menor de fibras quando comparados aos grupos de animais obesos (tabela 02).

Tabela 2 - Análise da área (μm^2) de secção, maior (μm), menor diâmetro (μm) e densidade de fibras do músculo EDL de ratos *Wistar*.

	Área de secção	Maior diâmetro	Menor diâmetro	Densidade
GC	1932,5± 216,3a	58,8±3,4a	42,3±2,4a	19,3±1,4b
GCP	1730± 193,6a	57,7±3,3a	38,8±2,2ac	21,6±1,6b
GO	1039,8± 116,3b	43,3±2,5b	31,3±1,8b	35,0±2,6a
GOP	1261,2± 141,1b	47,9±2,8b	34,2±1,9bc	34,2±2,6a

Legenda: letras iguais demonstram semelhanças, e letras diferentes demonstram diferenças entre os grupos. **GC:** Grupo Controle; **GCP:** Grupo Controle Plataforma; **GO:** Grupo Obesos e **GOP:** Grupo Obesos + Plataforma. Letras iguais representam semelhança estatística. Valores expressos em média±erro-padrão.

Tipos de fibras musculares

Ao analisar a tipagem de fibras musculares, foi possível observar que não houve diferença entre os grupos ($p>0,05$). No entanto, ao avaliar a área por tipo de fibra, foi possível observar que os animais controle, tanto GC quanto GCP, apresentaram maiores áreas das fibras tipo I ($p=0,023$), tipo IIa ($p=0,05$) e tipo IIb ($p=0,049$), quando comparados aos animais obesos, tanto GO quanto GOP. Também, é possível observar que os animais GOP apresentam áreas menores nos três tipos de fibras, quando comparados aos animais GO.

Tabela 3 - Análise da área (μm^2), quantidade e porcentagem de fibras do músculo EDL de ratos Wistar.

Área			
	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
GC	266,1±19,2a	448,5±31,1a	845,997±62,3a
GCP	270,7±19,5a	449,7±31,1a	841,310±62,3a
GO	233,5±16,8ac	430,0±29,8ac	796,297±62,3ac
GOP	205,4±14,8bc	355,2±24,6bc	631,164±62,3bc
Quantidade de fibras			
	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
GC	184,6±22,2a	185,0±17,04a	258,3±15,3a
GCP	210,1±25,3a	198,0±17,04a	240,8±14,3a
GO	218,1±26,2a	210,8±17,04a	308,1±18,3b
GOP	243,6±29,3a	223,1±17,04a	316,1±18,8b
Porcentagem de fibras			
	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
GC	29,1±1,8a	28,9±1,7a	41,9±2,0a
GCP	31,7±2,0a	30,7±1,8a	37,4±1,8a
GO	28,7±1,81a	28,8±1,7a	42,4±2,0a
GOP	30,8±1,9a	28,7±1,7a	40,4±1,9a

Legenda: letras iguais demonstram semelhanças, e letras diferentes demonstram diferenças entre os grupos. **GC:** Grupo Controle; **GCP:** Grupo Controle Plataforma; **GO:** Grupo Obesos e **GOP:** Grupo Obesos + Plataforma. Letras iguais representam semelhanças estatísticas. Valores expressos em média±erro padrão.

Junções neuromusculares

As JNMs, presentes no músculo EDL dos quatro grupos estudados, apresentaram-se morfológicamente com aspecto oval, redondo ou elíptico (Figura 6A, 6B, 6C e 6D).

A análise morfométrica das JNMs não apresentou diferenças significativas da área ($p=0,119$), tampouco do menor diâmetro ($p=0,867$) entre os grupos analisados (Tabela 06).

Tabela 4 - Análise da área (μm^2), maior e menor diâmetro (μm) das JNMs do músculo EDL de ratos Wistar.

	Área (μm^2)	maior diâmetro (μm)	menor diâmetro (μm)
GC	170,1 \pm 8,8a	25,7 \pm 1,1a	10,0 \pm 0,3a
GCP	173,7 \pm 9,0a	23,6 \pm 1,0ab	10,3 \pm 0,3a
GO	160,3 \pm 8,3a	22,9 \pm 1,0ab	10,1 \pm 0,3a
GOP	147,6 \pm 7,7a	21,2 \pm 0,9b	9,9 \pm 0,3a

Legenda: letras iguais demonstram semelhanças, e letras diferentes demonstram diferenças entre os grupos. **GC:** Grupo Controle; **GCP:** Grupo Controle Plataforma; **GO:** Grupo Obesos e **GOP:** Grupo Obesos + Plataforma. Letras iguais representam semelhanças estatísticas. Valores expressos em média \pm erro padrão.

Discussão

O MSG promoveu indução de obesidade, conforme observado pelo aumento do índice de Lee, confirmando a eficiência em indução de obesidade, uma vez que o modelo causa lesões hipotalâmicas^{44,45}. Foi observado que o modelo utilizado promoveu redução do peso e do comprimento do músculo nos animais dos grupos GO e GOP, devido à lesão causada, em que uma das consequências é a redução da secreção de GH^{43,46}. Essa redução ocasiona menor crescimento corporal, com diminuição do comprimento e da massa do tecido muscular^{47,48}. É descrita, na literatura, uma correlação direta entre a secreção de GH e de outros precursores de crescimento derivados desse hormônio com a atividade de fatores de repressão da miogênese, como a miostatina. Uma vez que esses animais apresentam alta redução da secreção de GH, há redução dos fatores de desenvolvimento muscular; assim, como consequência, aumento da atividade da miostatina, propiciando a característica de menor peso e comprimento muscular^{49,50}.

Ainda, a obesidade ocasionou importantes alterações morfológicas nas fibras do músculo EDL do GO, sendo que obtiveram fibras com diâmetros menores em comparação aos animais controle, caracterizando um quadro de hipotrofia muscular. Esse resultado reforça que a redução da secreção de GH proporciona a redução da atividade de precursores de desenvolvimento muscular e aumento da atividade de repressores^{49,50}. Da mesma forma, o aumento dos depósitos adiposos nos animais obesos é capaz de induzir alterações metabólicas e oxidativas, além de causar danos ao músculo esquelético, resultando em lesão dos sarcômeros e das estruturas miofibrilares, com redução da área de secção transversa das fibras⁵¹; isso pode ocasionar o desenvolvimento de sarcopenia em casos mais severos. Tamilarasan⁵² observou que a obesidade causou várias alterações fisiológicas e estruturais no tecido muscular do gastrocnêmio e do quadríceps, com redução da força e da potência relativa, deixando a estrutura mais propensa à fadiga; essas são consequências diretas da redução da área de secção transversa da fibra muscular e das junções neuromusculares. Além disso, a obesidade causa impacto negativo ao músculo esquelético, com diminuição na capacidade de resposta a sinais de crescimento, dificuldade de adaptação muscular frente à imposição de cargas mecânicas e atenuação da hipertrofia, provocada por exercícios contra resistidos^{53,54}. É descrito, na literatura, que o músculo de indivíduos obesos tende a desenvolver resistência à insulina e, portanto, redução da capacidade de geração de energia, característica que influencia diretamente a redução drástica da massa muscular⁵⁵.

Assim, alguns estudos avaliaram os efeitos da PV no tecido muscular, os quais identificaram que o treinamento proporcionou redução da área de secção transversa²³, semelhantemente ao resultado encontrado neste estudo, visto que os animais submetidos ao treinamento com a PV (GCP e GOP) obtiveram diminuição da área de secção transversa, assim como dos diâmetros das fibras musculares, quando comparados aos seus grupos controles. Esses resultados podem indicar um processo adaptativo das fibras musculares, uma vez que o treinamento otimiza e modula a atividade neuromuscular^{56,57}. Corbiere¹⁹, em modelo de lesão do músculo gastrocnêmio, com tratamento imediato de vibração corporal, encontrou resultados que indicaram hipertrofia das fibras musculares, o que também foi observado neste estudo, pois percebeu-se uma tendência de aumento do diâmetro menor das fibras musculares no grupo GOP, em relação ao grupo de GO. Também, foi demonstrado por Zazula⁵⁸, em modelo de imobilização e remobilização com PV, nas mesmas

condições utilizadas neste estudo, que a vibração foi capaz de restaurar os padrões musculares, além de acelerar o processo de regeneração. Contudo, as diferenças entre a extensão de lesão, causadas pelos dois modelos experimentais, podem justificar os resultados pouco expressivos deste trabalho. Assim como em outro estudo, foi observada redução da fadiga muscular e melhora da força de preensão do membro anterior⁵⁹. O aumento dos núcleos nos animais treinados é um forte indício de estímulo da síntese proteica, contudo, pela característica do modelo de indução de obesidade, o processo de hipertrofia pode ser comprometido^{58,60}.

Em relação ao tipo de fibra muscular, estudos demonstraram que as alterações metabólicas e a obesidade poderiam alterar a composição do músculo esquelético⁶¹, com diminuição das fibras tipo I, as quais seriam transformadas, em sua maioria, em fibras tipo II^{62,63}; esse processo é induzido principalmente pela redução de sensibilidade periférica à insulina e, conseqüentemente, adaptação do tecido à redução de disponibilidade de glicose⁶⁰. Sendo assim, indivíduos humanos obesos e diabéticos apresentaram maior quantidade de fibras glicolíticas (tipo IIa e IIb) e menor quantidade de fibras oxidativas (tipo I)⁶⁴; o mesmo resultado foi encontrado no presente estudo, visto que houve um aumento da quantidade de fibras tipo IIb nos grupos de animais obesos (GO e GOP), mostrando o efeito negativo da obesidade sobre o metabolismo muscular. Além disso, o aumento de fibras do tipo II (com maior tamanho) pode ser um fator importante a ser considerado, uma vez que essas fibras possuem um processo de hipertrofia menos acelerado, justificando as diferenças encontradas com trabalhos que utilizam outros músculos^{32,65}.

Alguns estudos conseguiram verificar que várias situações, como doenças metabólicas⁶⁶, o envelhecimento^{67,68}, doenças genéticas⁶⁹ e inatividade física, poderiam contribuir para reduções significativas tanto da quantidade quanto da área e do comprimento das JNMs⁶. Dessa maneira, a prática de exercício físico poderia contribuir para a recuperação dessa situação^{71,72,73}, o que foi confirmado por Peretti³⁰, que verificou que a vibração mecânica, utilizando os mesmos parâmetros deste estudo, foi capaz de aumentar tanto a área quanto o diâmetro das JNMs do músculo sóleo, em ratas ooforectomizadas. No entanto, no presente estudo, nem a obesidade, tão pouco o treinamento em PV, promoveram alterações significativas à área das junções neuromusculares, exceto nos animais GOP, em que houve redução do maior diâmetro; isso sugere que a vibração alterou de alguma forma as estruturas neuromusculares. A literatura atual está desprovida de estudos que relacionem os

efeitos da plataforma vibratória sobre as JNMs de animais obesos, sendo necessário haver mais estudos para a comprovação de tal achado, utilizando-se de outros parâmetros de tratamento e em outros modelos de obesidade.

Devido ao fato de serem escassos os estudos experimentais, no que tange ao uso da plataforma vibratória e seus efeitos para o tecido muscular esquelético de ratos obesos, para comparar os resultados do presente estudo, é primordial que futuras pesquisas abordem tal tema. Contudo, é importante considerar a atividade neurotóxica do modelo, de maneira que a redução da secreção de GH e fatores de desenvolvimento muscular possam interferir negativamente no entendimento dos processos celulares envolvidos na regeneração muscular.

CONCLUSÃO

O modelo de obesidade por MSG causou alterações histomorfológicas ao músculo EDL de ratos Wistar, com fibras hipotróficas, amorfas, aumento do número de núcleos e maior quantidade de fibras do tipo IIb. Ainda, foi possível observar que nem a obesidade e nem a plataforma vibratória foram capazes de causar alterações histomorfológicas das JNMs.

Foi possível concluir que o modelo de obesidade proposto, assim como o treinamento em plataforma vibratória, foram capazes de causar alterações histomorfológicas no EDL de ratos *Wistar*, sendo necessários mais estudos para confirmar tais achados.

REFERÊNCIAS

1. Almeida, L. M., et al. Estratégias e desafios da gestão da atenção primária à saúde no controle e prevenção da obesidade. *Revista Eletrônica Gestão & Saúde*, v. 8, n. 1, p. 114-139, 2017.
2. Webb, R.; Brammah, T.; Lunt, M.; Urwin, M.; Allison, T.; Symmons, D. Opportunities for prevention of 'clinically significant' knee pain: results from a population-based cross sectional survey. *J Public Health*, v.26, n.3, p.277-284, 2004.
3. Souza, M. V. G., et al. Obesidade e suas implicações à saúde: exercício como um fator interveniente. *Revista de Trabalhos Acadêmicos*, v. 2, n. 6, p. 1-14, 2016.
4. Who. World Health Organization. Disponível em: <<http://www.who.int/topics/obesity/en/>>. Acesso em: 30 mai. 2019.
5. Coltri, B. M., et al. Avaliação Morfométrica da Influência da Obesidade Sobre o Tecido Gengival de Ratos com Periodontite Experimental. *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v.21, n.2, p.127-132, 2017.
6. Kovesdy, C. P.; Furth, S. L.; Zoccali, C. Obesity and Kidney Disease: Hidden Consequences of the Epidemic. *Journal of Renal Nutrition*, v. 27, n. 2, p. 75-77, 2017.
7. Cao, J. J. Effects of obesity on bone metabolism. *Journal of orthopaedic surgery and research*, v.6, n.30, p.01-07, 2011.
8. Hotamisligil, G. S. Inflammation and metabolic disorders. *Nature*, v.444, n.7121, p.860-867, 2006.
9. Tomlinson, D. J. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*, v. 17, p. 467-483, 2016.
10. Schrage, M. A., et al. Sarcopenic obesity and inflammation in the InCHIANTI study. *Journal of Applied Physiology*, v. 102, p. 919–925, 2007.
11. Rubin, C. T. Sommerfeldt, D. W. Judex, S. Qin Y. Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *Drug Discov Today*, v.6, n.16, p.848-858, 2001.
12. Edwards, J. H.; Reilly, G. C. Vibration stimuli and the differentiation of musculoskeletal progenitor cells: Review of results in vitro and in vivo. *World Journal of Stem Cells*, v. 7, n. 3, p. 568-582, 2015.
13. Hallal, C. Z.; Marques, N. R.; Gonçalves, M. O uso da vibração como método auxiliar no treinamento de capacidades físicas: uma revisão da literatura. *Motriz*, v.16, n.2, p.527–533, 2010.
14. Oliveira, W. L. De; Silva, R. D.; Custódio, I. J. O.; Barcelos, S. A. M. G. De. Análise da influência da plataforma vibratória no desempenho do salto vertical em atletas de futebol: ensaio clínico randomizado. *Fisioterapia em Movimento*, v.24, n.2, p.265–274, 2011.
15. Silva, P. Z.; Schneider, R. H. Efeitos da plataforma vibratória no equilíbrio em idosos. *Acta Fisiátrica*, v.18, n.1, p.21–26, 2011.
16. Cristi-Montero, C.; Cuevas, M. J.; Collado, P. S. Whole-body vibration training as complement to programs aimed at weight loss. *Nutrición hospitalaria*, v.28, n.5, p.1365–71, 2013.
17. Daltro, A. F. C.; Barreto, I. C.; Rosa, F. P. Análise do efeito da plataforma vibratória na regeneração de defeito ósseo. *Revista de Ciências Médica e Biológica*, Salvador, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2016.

18. Casimiro, J. A., et al. Efeitos de um protocolo de exercícios sobre a plataforma vibratória na força muscular, equilíbrio e desempenho de marcha em idosas comunitárias. *Fisioterapia Brasil*, v.16, n.1, p. 25-31, 2015.
19. Corbiere, T. F., Weinheimer-Haus E. M., Judex, S., Koh, T. J. Low-intensity vibration improves muscle healing in a mouse model of laceration injury. *Journal Functional Morphology and Kinesiology*, 2018.
20. Anwer, S., Alghadir, U. M., Zafar, H., Al-EISA, E. Effect of whole body vibration training on quadriceps muscle strength in individuals with knee osteoarthritis: a systematic review and meta analysis. *Physiotherapy* 2016; 102(2): 145-51.
21. Cerciello, Simone, et al. Clinical applications of vibration therapy in orthopaedic practice. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, v. 6, n. 1, p. 147-156, 2016.
22. Park, S. Y.; Son, W. M.; Kwon, O. S. Effects of whole body vibration training on body composition, skeletal muscle strength, and cardiovascular health. *Journal of Exercise Rehabilitation*, v. 11, n. 6, p. 289-295, 2015.
23. Komrakova, M., Sehmisch, S., Tezval, M., Ammon, J., Lieberwirth, P., Sauerhoff, C., et al. Identification of a vibration regime favorable for bone healing and muscle in estrogen-deficient rats. *Calcified Tissue International*, p. 509-20, 2013.
24. Rubio-Arias, J. A., et al. Effect of 6-weeks WBVT on the behaviour of the lower limb muscle fibres during vertical jumping. *Journal of Sports Sciences*, v. 36, n. 4, p. 398-406, 2018.
25. Girão-Neta, O. A.; Silva, V. O.; Almeida, M. R. M. Aplicações da plataforma vibratória para tratamento fisioterapêutico: uma revisão integrativa de literatura. *Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica*, v. 3, n. 1, p. 01-04, 2017.
26. Jacobson, B. H., Monaghan, T. P., Sellers, J. H., Conchola, E. C., Pope, Z. K., Glass, R. G. Acute effect of biomechanical muscle stimulation on the counter-movement vertical jump power and velocity in division i football players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2017; 31(5): 1259-64.
27. Spielmanns, M., et al. Whole-Body Vibration Training During a Low Frequency Outpatient Exercise Training Program in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: A Randomized, Controlled Trial. *Journal of Clinical Medicine Research*, v. 9, n. 5, p. 396-402, 2017.
28. Cantelli, K. R., Soares, G. M., Ribeiro, R. A., Balbo, S. L., Lubaczeuski, C., Boschero, A. C., Duodenal-jejunal bypass normalizes pancreatic islet proliferation rate and function but not hepatic steatosis in hypothalamic obese rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2017; 50(5): 01-11.
29. Butezloff, M. M., et al. Whole-body vibration improves fracture healing and bone quality in rats with ovariectomy-induced osteoporosis. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v. 30, n. 11, p. 727-735, 2015.
30. Peretti, A. L.; Kakihata, C. M. M.; Wutzke, M. L. S.; Torrejais, M. M.; Ribeiro L. F. C.; Bertolini, G. R. F. Efeitos da vibração mecânica nas junções neuromusculares e tipo de fibra do músculo sóleo de ratas wistar ooforectomizadas. *Revista Brasileira de Ortopedia*. v. 54, p. 572–578, 2019.
31. Lee, M. O. Determination of the surface area of the white rat with its application to the expression of metabolic results. *American Journal of Physiology*, v.89, p.24–33, 1928.
32. Boaretto, M. L., Andrade, B. Z., Maciel, J. I. H. N., Moha, I., Schneider, S. C. S., Torrejais, M. M., Ribeiro, L., F., C., Bertolini, G. R. F. Effects of vibratory platform training on the histomorphometric parameters of the soleus muscle in obese Wistar rats. *Sport Sciences for Health*. V. 16, p.501–510, 2020.

33. Bernardis, L. L., Patterson, B. D. Correlation between "Lee index" and carcass fat content in weanling and adult female rats with hypothalamic lesions. *Journal of Endocrinology*, v.40, n.4, p. 527-8, 1968
34. Brito, M. K. M., et al. Geometrical dimensions of fibers from the soleum muscle in rats exercised on treadmill: the importance of the analysis by means of digitalized images. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 12, n. 2, p. 103-107, 2006.
35. Frasson, N. F. V., Taciro, C., Parizotto, N. A. A análise nanoestrutural da ação do ultra-som terapêutico sobre o processo de regeneração do tendão de ratos. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 16, n. 3, p. 198-204, 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/fp/v16n3/02.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2018.
36. Qaisar, R., Bhaskaran, S., Remmen, H. V. Diversificação do tipo de fibra muscular durante o exercício e a regeneração. *Biologia Radical Gratuita e Medicina*, v. 98, p. 56-67, 2016.
37. Fernandes, T., et al. O treinamento físico aeróbico corrige a rarefação capilar e as alterações nas proporções dos tipos de fibra muscular esquelética em ratos espontaneamente hipertensos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 18, p. 267-272, 2012.
38. Khan, M. A. The histoenzymology of striated muscle fibers an overview. *Molecular Biology of the Cell*, v. 22, p. 383-393, 1977.
39. Moline, S. W., Glenner, G. G. Ultrarapid tissue freezing in liquid nitrogen. *Journal of Histochemistry e Cytochemistry*, v. 12, p. 777-778, 1964.
40. Pearse, A. G. E. *Histochemistry: theoretical and applied*. 3. ed. Baltimore: Williams e Wilkins, p. 921-961, 1972.
41. Dubowitz, V., Brooke, M. H. *Muscle biopsy: a modern approach*. London: Saunders, p. 475, 1973.
42. Karnovsky, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. *Journal of Cell Biology* 1965.
43. Lehrer, G. M., Ornstein, L. A diazo coupling method for the electron microscopic localization of cholinesterase. *Biophysical and Biochemical Cytology*, v. 6, p. 399- 419, 1959.
44. BORCK, Patricia C. *et al.* Swimming training reduces glucose-amplifying pathway and cholinergic responses in islets from lean- and MSG-obese rats. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 286–293, 2020.
45. VITOR-DE-LIMA, Suênia Marcele *et al.* Monosodium glutamate and treadmill exercise: Anxiety-like behavior and spreading depression features in young adult rats. **Nutritional Neuroscience**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 435–443, 2019.
46. Gomes, R. M., Marques, A. S., Torrezan, R., Scomparin, D.X. Effect of moderate exercise program on rats from different models of obesity. *Revista Educação Física/UEM*, v. 23, p. 285-94, 2012.
47. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Ghasemi, A. Monosodium Glutamate (MSG) - Induced Animal Model of Type 2 Diabetes. *Pre-Clinical Models: Techniques and Protocols, Methods in Molecular Biology*, p. 49-65, 2019.
48. Wang, P., Yang, X., Yang, Y., Yang, L., Zhou, Y., Liu, C. et al. Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, v.29, n.10, p.939-951, 2015.

49. LOZIER, Nicholas R.; KOPCHICK, John J.; DE LACALLE, Sonsoles. Relative contributions of myostatin and the GH/IGF-1 axis in body composition and muscle strength. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 9, n. NOV, p. 1–6, 2018.
50. MARCELL, Taylor J. *et al.* Comparison of GH, IGF-I, and testosterone with mRNA of receptors and myostatin in skeletal muscle in older men. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, [s. l.], v. 281, n. 6, p. 1159–1164, 2001.
51. Thomas, G. A., Kraemer, W. J., Comstock, B. A., Dunn-Lewis, C., Maresh, C. M., Volek, J. S. Obesity, growth hormone and exercise. *Sports Med*, v. 43, p. 839-49, 2013.
52. Tamilarasan KP, Temmel H, Das SK, Zoughbi WA, Schauer S, Vesely PW *et al.* Skeletal muscle damage and impaired regeneration due to LPL-mediated lipotoxicity. *Cell Death and Disease*, p. 01-8, 2012.
53. Bollinger, L., Potenciais contribuições da disfunção contrátil do músculo esquelético para biomecânica alterada na obesidade. *Marcha e postura*, p. 100-7, 2017.
54. Paturi, S., Gutta, A. K., Kakarla, S. K., Katta A., Arnold, E. C., Wu, M., *et al.* Impaired overload-induced hypertrophy in obese Zucker rat slow-twitch skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, p. 07–13, 2010.
55. MEEEX, Ruth C.R.; BLAAK, Ellen E.; VAN LOON, Luc J.C. Lipotoxicity plays a key role in the development of both insulin resistance and muscle atrophy in patients with type 2 diabetes. **Obesity Reviews**, [s. l.], v. 20, n. 9, p. 1205–1217, 2019.
56. GOODPASTER, Bret H. *et al.* Effects of weight loss on regional fat distribution and insulin sensitivity in obesity. **Diabetes**, [s. l.], v. 48, n. 4, p. 839–847, 1999.
57. MASANI, Kei *et al.* Muscle activity, cross-sectional area, and density following passive standing and whole body vibration: A case series. **Journal of Spinal Cord Medicine**, [s. l.], v. 37, n. 5, p. 575–581, 2014.
58. ZAZULA, M.F. Matheus Felipe *et al.* Morphological effects of whole-body vibration on remobilization of the tibialis anterior muscle of Wistar rats. **Anatomical Record**, [s. l.], v. 303, n. 11, p. 2857–2864, 2020.
59. Chen, Y. M., Lee, H. C. M. T., Chen Huang, C. C., Chen, W. C. Dehydroepiandrosterone supplementation combined with Weight-Loading Whole-Body Vibration Training (WWBV) affects exercise performance and muscle glycogen storage in middle-aged C57BL/6 mice. *International Journal of Medical Sciences*, v. 6, p. 564-73, 2018.
60. DE ANDRADE, Bárbara Zanardini *et al.* Whole-body vibration promotes lipid mobilization in hypothalamic obesity rat. **Tissue and Cell**, [s. l.], v. 68, p. 1–9, 2021.
61. Krajnak, K., Riley, D. A., Wu, J., Mcdowell, T., Welcome, D. E., Xu, X. S., *et al.* Frequencydependent effects of vibration on physiological systems: experiments with animals and other human surrogates. *Industrial Health*, p. 343-53, 2012.
62. Yan, Z., Lira, V. A., Greene, N. P. Exercise training-induced regulation of mitochondrial quality. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, p. 159-64, 2012.
63. Santana Junior, A., Debastiani, J. C., Buratti, P., Peretti, A. L., Kunz, R. I., Brancalhão, R. M. C., *et al.* Sericina e natação sobre parâmetros histomorfométricos de músculo plantar desnervado de ratos Wistar. *Einstein*, p. 01-6, 2018.
64. Tallis, J., James, R. S., Seebacher, F. The effects of obesity on skeletal muscle contractile function. *Journal of Experimental Biology*, p. 01-14, 2018.

65. SNIJDERS, Tim *et al.* Muscle fibre capillarization is a critical factor in muscle fibre hypertrophy during resistance exercise training in older men. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 267–276, 2017.
66. Eshima, H., Tamura, Y., Kakehi, S., Kurebayashi, N., Murayama, T., Nakamura, K., *et al.* Long-term, but not short-term high-fat diet induces fiber composition changes and impaired contractile force in mouse fast-twitch skeletal muscle. *Physiological Reports*, p. 01-12, 2017.
67. Seene, T.; Umnova, M.; Kaasik, P. Morphological peculiarities of neuromuscular junctions among different fiber types: Effect of exercise. *European Journal Translational Myology*. 2017.
68. Lesniewski, L. A., Miller, T. A., Armstrong, R. B. Mechanisms of force loss in diabetic mouse skeletal muscle. *Muscle Nerve*, 493–500, 2003.
69. Deschenes, M. R., Roby, M. A., Glass, E. K. Aging influences adaptations of the neuromuscular junction to endurance training. *Neuroscience*, p.56-66, 2011.
70. Shigemoto, K., Kubo, S., Mori, S., Yamada, S., Akiyoshi, T., Miyazaki, T. Muscle weakness and neuromuscular junctions in aging and disease. *Geriatrics & Gerontology International*, p. 137-47, 2010.
71. Deschenes, M. R., Sherman, E. G., Roby, M. A., Glass, E. K., Harris, M. B. Effect of resistance training on neuromuscular junctions of young and aged muscles featuring different recruitment patterns. *Journal of Neuroscience Research*, p.504-13, 2015.
72. Baehr, L. M., Oeste, D. W., Marcotte, G., Marshall, A. G., Sousa, L. G., Baar, K., *et al.* Age-related deficits in skeletal muscle recovery following disuse are associated with neuromuscular junction instability and ER stress, not impaired protein synthesis *Aging*, p. 127-46, 2016.
73. Krause-Neto, W., *et al.* Effects of exercise on neuromuscular junction components across age: systematic review of animal experimental studies. *BMC Research Notes*, v. 8, n. 713, p. 1-15, 2015.

Figuras

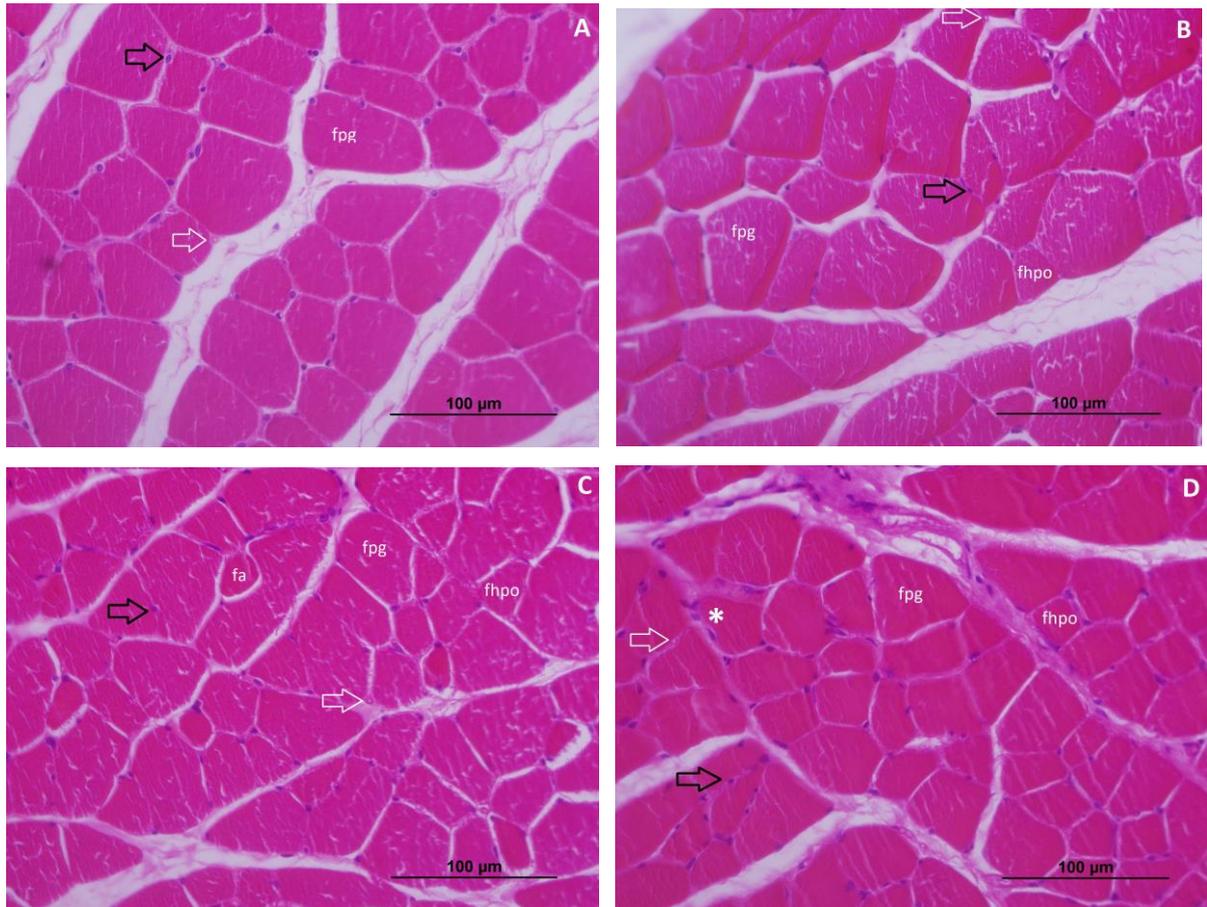


Figura 02: Fotomicrografias do músculo EDL de ratos *Wistar*, coloração em Hematoxilina e Eosina, corte transversal. Em **A**. Grupo Controle (GC), **B**. Grupo Controle Plataforma (GCP) ambas apresentando características normais do tecido muscular esquelético, fibra muscular poligonal (fpg) com núcleos periféricos (seta preta). **C**. Grupo Obesidade (GO), apresentando fibras poligonais (fpg), hipotróficas (fhpo), e também amorfas com diferenças tintoriais (fa) e vaso sanguíneo (seta branca); **D**. Grupo Obesidade Plataforma (GOP), fibras poligonais (fpg) e hipotróficas (fhpo), vaso sanguíneo (seta branca) e número aumentado de núcleos periférico (Asterístico).

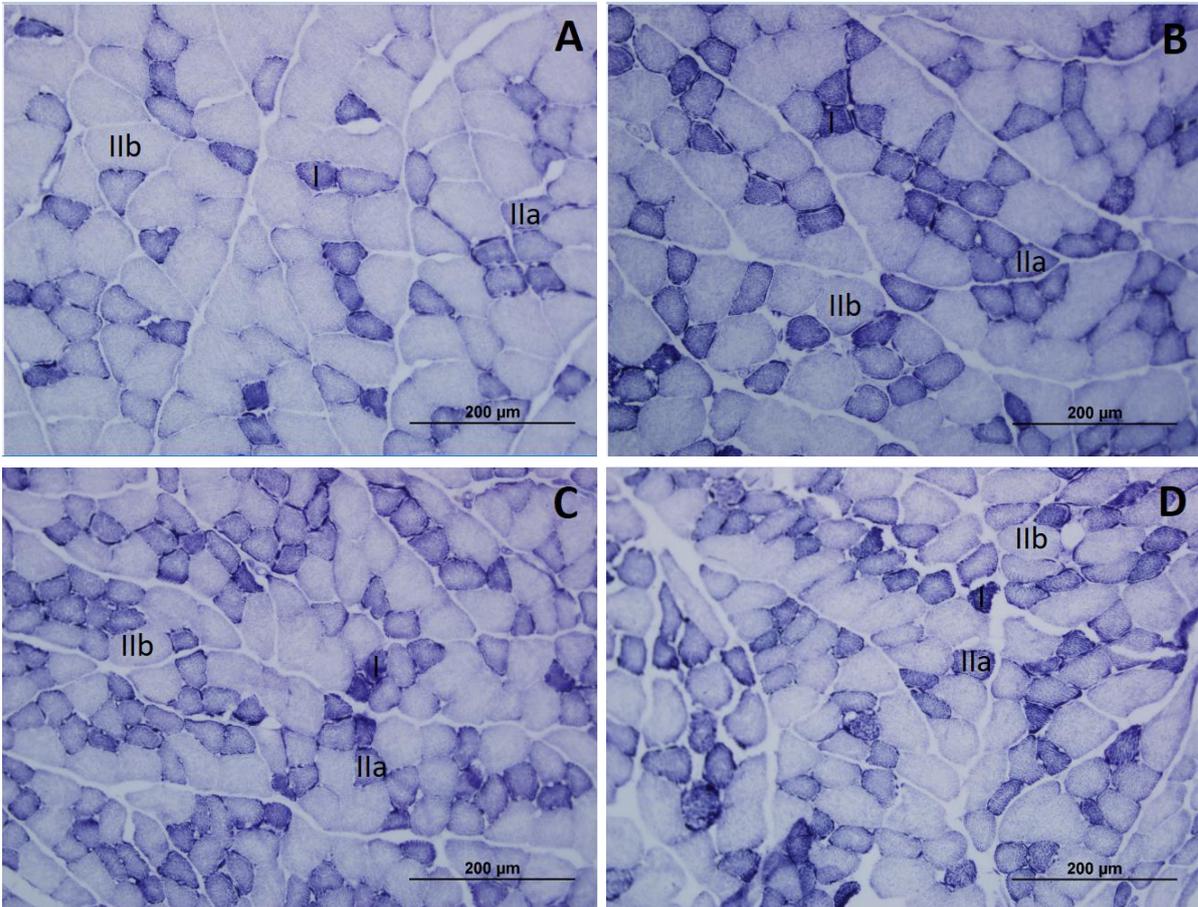


Figura 03: Fotomicrografias do músculo EDL de ratos *Wistar*, corte transversal, reação enzimática NADH. Em **A**. Grupo Controle (GC); **B**. Grupo Controle Plataforma (GCP); **C**. Grupo Obeso (GO); **D**. Grupo Obeso Plataforma Vibratória (GCP). Houve diferenciação entre a coloração das fibras musculares nesta técnica. Fibras tipo I, cor escura e tamanho menor; tipo IIa, tamanho e cor intermediário; tipo IIb, cor clara e fibras maiores.

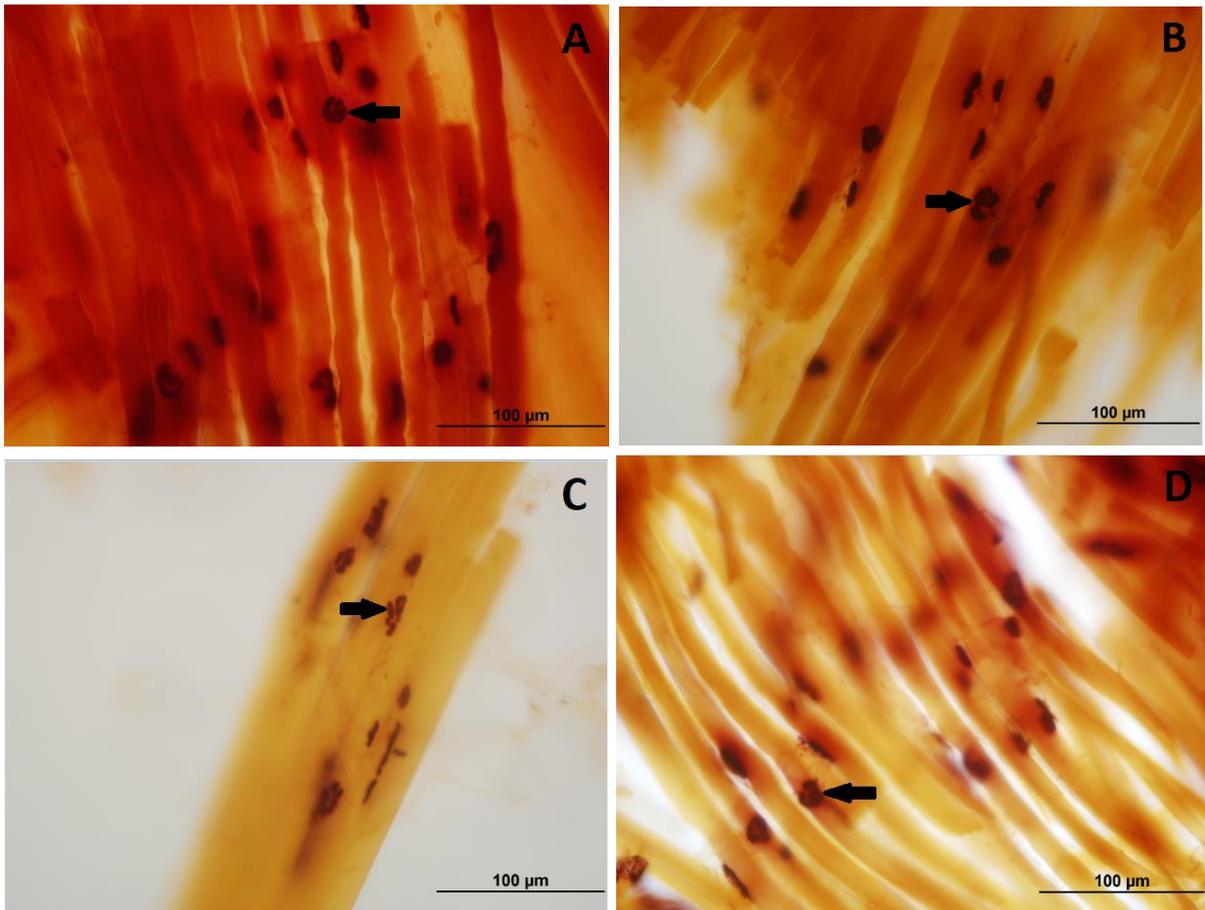


Figura 04: Fotomicrografias da área dos receptores de junções neuromusculares do músculo EDL de ratos *Wistar* após Reação de Esterase Inespecífica. Em **A**. Grupo Controle (GC); **B**. Grupo Controle Plataforma (GCP); **C**. Grupo Obesidade (GO); **D**. Grupo Obesidade Plataforma (GOP). Ponta de seta representa os receptores das junções neuromusculares marcados com a técnica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível concluir que o modelo de obesidade foi capaz de causar alterações histomorfométricas e aumento da quantidade de fibras do tipo IIb para o músculo EDL de ratos *Wistar*.

O treinamento em plataforma vibratória provocou a diminuição da porcentagem do tecido conjuntivo e, ainda, foi possível observar que nem a obesidade e nem a plataforma vibratória foram capazes de causar alterações para as JNMs, sendo primordial que futuros estudos abordem tal tema.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. *et al.* Estratégias e desafios da gestão da atenção primária à saúde no controle e prevenção da obesidade. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 8, n. 1, p. 114-139, 2017.

ANDERSON, L.; OLDRIDGE, N.; THOMPSON, D. R.; ZWISLER, A.-D.; REES, K.; MARTIN, N.; TAYLOR, R. S. Exercise-Based Cardiac Rehabilitation for Coronary Heart Disease. **Journal of the American College of Cardiology**, v.67, n.1, p. 1-12, 2016.

ACSM - Colégio Americano de Medicina do Esporte. **Diretrizes do ACSM para os testes e esforço e sua prescrição**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

BACHA, J. M. R. *et al.* Impacto do treinamento sensório-motor com plataforma vibratória no equilíbrio e na mobilidade funcional de um indivíduo idoso com sequela de acidente vascular encefálico: relato de caso. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 23, n. 1, p. 111-116, 2016.

BAHIA, L. R.; ARAÚJO, D. V. Impacto econômico da obesidade no Brasil. **Revista HUPE**, v. 13, n. 1, p. 13-17, 2014.

BALADELI, S. M. *et al.* Comparação dos efeitos da cinesioterapia na plataforma vibratória com os da execução em solo na melhora da dor e capacidade funcional de pacientes com lombalgia crônica. **Anais Eletrônico. IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar**, n. 9, p. 4-8, nov. 2015.

BALBO, S. L., GRAVENA, C., BONFLEUR, M.L., MATHIAS P.C. F. Insulin secretion and acetylcholinesterase activity in monosodium L-glutamate-induced obese mice. **Horm Res**, v. 54, p.186-91, 2000.

BATISTA, M. A. B.; WALLERSTEIN, L. F.; DIAS, R. M.; SILVA, R. G.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Efeitos do Treinamento com Plataformas Vibratórias. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 103-113, 2007.

BAUMGARTNER, R. N. *et al.* Sarcopenic obesity predicts instrumental activities of daily living disability in the elderly. **Obesity Research**, v. 12, n. 12, p. 1995-2004, 2004.

BEČAK, W.; PAULETE, J. **Técnicas de citologia e histologia**. Rio de Janeiro: Nobel, 1976.

BÉTRAN, M.A.; ESTORNELL, E.; BARBER, T.; CABO, J. Nitrogen metabolism in obesity induced by monosodium L-glutamate in rats. **International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders**, v. 16, n. 8, p. 555-64, ago, 1992. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1326485>. Acesso em: 03 fev. 2021.

BOARETTO, M. L.; ANDRADE, B. Z.; MACIEL, J. I. H. N.; MOHA, I.; SCHNEIDER, S. C. S.; TORREJAIS, M. M.; RIBEIRO, L. F. C.; BERTOLINI, G. R. F. Effects of vibratory platform training on the histomorphometric parameters of the soleus muscle in obese Wistar rats. **Sport Sciences for Health**., v. 16, p.501-510, 2020.

BOGAERTS, A. *et al.* Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial. **Gait & Posture**, v. 26, n. 2, p. 167-330, 2007.

BOLLINGER, L. Potential contributions of skeletal muscle contractile dysfunction to altered biomechanics in obesity. **March and posture**, s/v, s/n, p. 100-7, 2017.

BOSCO, C.; COLLI, R.; INTROINI, E.; CARDINALE, M.; TSARPELA, O.; MADELLA A.; TIHANYI, J.; VIRU, A. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. **Clinical Physiology**, Oxford, v.19, s/n, p.183-87,1999.

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

BOSI, P. L. *et al.* Metformina minimiza as alterações morfométricas no músculo sóleo de ratos submetidos a imobilização articular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 14, s/n, p. 436-439, 2008.

BRITO, M. K. M. *et al.* Geometrical dimensions of fibers from the soleum muscle in rats exercised on treadmill: the importance of the analysis by means of digitalized images. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 2, p. 103-107, 2006.

BUTEZLOFF, M. M. *et al.* Whole-body vibration improves fracture healing and bone quality in rats with ovariectomy-induced osteoporosis. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 30, n. 11, p. 727-735, 2015.

CABEÇO, L.C.; BUDRI, P.E.; BARONI, M.; CASTAN, E.P.; CARANI, F.R.; SOUZA, P.A.T.; BOER, P.A.; MATHEUS, S.M.M.; DAL-PAI-SILVA, M. Maternal proteinrestriction induce skeletal muscle changes without altering the MRF's MyoD andmyogenin expression in offspring. **Journal of Molecular Histology**, v. 43, s/n, p. 461-471, 2012.

CAO, J. J. Effects of obesity on bone metabolism. **Journal of orthopaedic surgery and research**, v.6, n.30, p.01-07, 2011.

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

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

CASIMIRO, J. A. *et al.* Efeitos de um protocolo de exercícios sobre a plataforma vibratória na força muscular, equilíbrio e desempenho de marcha em idosas comunitárias. **Fisioterapia Brasil**, v.16, n.1, p. 25-31, 2015.

CERCIELLO, S. *et al.* Clinical applications of vibration therapy in orthopaedic practice. **Muscles, Ligaments and Tendons Journal**, v. 6, n. 1, p. 147-156, 2016.

CESARETTI, M. L. R.; KOHLMANN JUNIOR, O. Modelos experimentais de resistência à insulina e obesidade: lições aprendidas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v.50, n.2, p.190-197, 2006.

CHEN, Y. M.; LEE, H. C. M. T.; CHEN HUANG, C. C.; CHEN, W. C. Dehydroepiandrosterone supplementation combined with Weight-Loading Whole-Body Vibration Training (WWBV) affects exercise performance and muscle glycogen storage in middle-aged C57BL/6 mice. **International Journal of Medical Sciences**, v. 6, s/n, p. 564-73, 2018.

CLAY, J. H.; POUNDS, D. M. **Massoterapia clínica: Integrando anatomia e tratamento**. São Paulo: Barueri, 2003.

COLBERG, S. R.; SIGAL, R. J.; YARDLEY, J. E.; RIDDELL, M. C.; DUNSTAN, D. W.; DEMPSEY, P. C.; HORTON, E. S.; CASTORINO, K.; TATE, D. F. Physical activity/exercise and diabetes: A position statement of the American Diabetes Association. **Diabetes Care**, v.39, n.11, p.2065-2079, 2016.

COLTRI, B. M. *et al.* Avaliação Morfométrica da Influência da Obesidade Sobre o Tecido Gengival de Ratos com Periodontite Experimental. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v.21, n.2, p.127-132, 2017.

CORBIERE, T. F; WEINHEIMER-HAUS E. M.; JUDEX, S.; KOH, T. J. Low-intensity vibration improves muscle healing in a mouse model of laceration injury. **Journal Functional Morphology and Kinesiology**, s/v, s/n, 2018.

CONFORTIM, H. D. *et al.* Effects of aging and maternal protein restriction on the muscle fibers morphology and neuromuscular junctions of rats after nutritional recovery. **Micron**, v. 71, s/n, p. 7-13, 2015.

CORADINI, J. G.; KARVAT, J.; BRANCALHAO, R. M. C.; RIBEIRO, L. F. C.; BONFLEUR, M. L.; BERTOLINI, G. R. F. Características nociceptivas e histomorfométricas de nervos medianos de ratos com obesidade induzida pelo glutamato monossódico. **Sci Med**, v. 24, n. 4, p. 368-72, 2014.

CRISTI-MONTERO, C.; CUEVAS, M. J.; COLLADO, P. S. Whole-body vibration training as complement to programs aimed at weight loss. **Nutrición hospitalaria**, v.28, n.5, p.1365-71, 2013.

DALTRO, A. F. C.; BARRETO, I. C.; ROSA, F. P. Análise do efeito da plataforma vibratória na regeneração de defeito ósseo. **Revista de Ciências Médica e Biológica**, Salvador, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2016.

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

DUBOWITZ, V.; BROOKE, M. H. **Muscle biopsy: a modern approach**. London: Saunders, 1973.

DUTRA, M. C.; OLIVEIRA, M. L.; MARIN, R. V.; KLEINE, H. C. R.; SILVA, O. L.; CASTRO, M. L. Whole-body vibration improves neuromuscular parameters and functional capacity in osteopenic postmenopausal women. **Menopause**, v.23, n.8, p.1-6, 2016.

EDWARDS, J. H.; REILLY, G. C. Vibration stimuli and the differentiation of musculoskeletal progenitor cells: Review of results in vitro and in vivo. **World Journal of Stem Cells**, v. 7, n. 3, p. 568-582, 2015.

FARIA, O. P.; PEREIRA, V.A.; GANGONI, C.M. C; LINS, R. D.; LEITE, S.; RASSI, V.; ARRUDA, S.L. de M. Obesos mórbidos tratados com gastroplastia redutora com bypass gástrico em Y de Roux: análise de 160 pacientes. **Brasília Med, Brasília**, v. 39, s/n, p. 26-34, 2002.

FERNANDES, T. *et al.* O treinamento físico aeróbico corrige a rarefação capilar e as alterações nas proporções dos tipos de fibra muscular esquelética em ratos espontaneamente hipertensos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, s/n, p. 267-272, 2012.

FORYST-LUDWIG, A.; KREISSL, M. C.; BENZ, V.; BRIX, S.; SMEIR, E.; BAN, Z.; JANUSZEWICZ, E.; SALATZKI, J.; GRUNE, J.; SCHWANSTECHE, A. K.; BLUMRICH, A.; SCHIRBEL, A.; KLOPFLEISCH, R.; ROTHE, M.; BLUME, K.; HALLE, M.; WOLFARTH, B.; KERSHAW, E. E.; KINTSCHER, U. Adipose tissue lipolysis promotes exercise-induced cardiac hypertrophy involving the lipokine C16: 1n7-palmitoleate. **Journal of Biological Chemistry**, v.290, n.39, p.23603-23615, 2015.

FRASSON, N. F. V.; TACIRO, C.; PARIZOTTO, N. A. A análise nanoestrutural da ação do ultra-som terapêutico sobre o processo de regeneração do tendão de ratos. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 198-204, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/fp/v16n3/02.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

FRONTERA, W. R.; OCHALA, J. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. **Calcified Tissue International and Musculoskeletal Research**, v.96, n.3, p. 1-13, 2015.

GADELHA, A. B. *et al.* Associação entre força, sarcopenia e obesidade sarcopênica com o desempenho funcional de idosas. **Motricidade**, v. 10, n. 3, p. 31- 39, 2014.

GILLIES, A. R.; LIEBER, R. L. Structure and function of the skeletal muscle extracellular matrix. **Muscle Nerve**, v. 44, n. 3, p. 318-31, 2011.

GIRÃO-NETA, O. A.; SILVA, V. O.; ALMEIDA, M. R. M. Aplicações da plataforma vibratória para tratamento fisioterapêutico: uma revisão integrativa de literatura. **Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica**, v. 3, n. 1, p. 01-04, 2017. Disponível em:

<http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/eedic/article/view/861>. Acesso em: 22 Fev. 2021.

GOBATTO, C. A.; MELLO, M. A. R.; SOUZA, C. T.; RIBEIRO, I. A. Monosodium glutamate obese rat as model for the study of exercise in obesity. **Res Commun Mol Pathol Pharmacol**, v.111, s/n, p. 89-102, 2002.

GONZALEZ-FREIRE, M. *et al.* The neuromuscular junction: aging at the crossroad between nerves and muscle. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 6, n. 208, p. 1-11, 2014.

GUNDERSEN, K. Muscle memory and a new cellular model for muscle atrophy and hypertrophy. **Journal of Experimental Biology**, v. 219, s/n, p. 235-42, 2016.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

HALLAL, C. Z.; MARQUES, N. R.; GONÇALVES, M. O uso da vibração como método auxiliar no treinamento de capacidades físicas: uma revisão da literatura. **Motriz**, v.16, n.2, p.527-533, 2010.

HHS – Department of Health and Human Services. The surgeon general's call to action to prevent and decrease overweight and obesity. Rockville, MD]: **Department of Health and Human Services, Public Health Service, Office of the Surgeon General**, 2001.

HILTON, T. N. *et al.* Excessive adipose tissue infiltration in skeletal muscle in individuals with obesity, diabetes mellitus, and peripheral neuropathy: association with performance and function. **Journal Physical Therapy**, v. 88, s/n, p. 1336-1344, 2008.

HOTAMISLIGIL, G. S. Inflammation and metabolic disorders. **Nature**, v.444, n.7121, p.860-867, 2006.

HOUGHTON, D.; THOMA, C.; HALLSWORTH, K.; CASSIDY, S.; HARDY, T.; BURT, A. D.; TINIAKOS, D.; HOLLINGSWORTH, K. G.; TAYLOR, R.; DAY, C. P.; MCPHERSON, S.; ANSTEE, Q. M.; TRENELL, M. I. Exercise Reduces Liver Lipids and Visceral Adiposity in Patients With Nonalcoholic Steatohepatitis in a Randomized Controlled Trial. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, v.15, n.1, p.96-102, 2017.

HUANG, C.C.; TSENG, T.L.; HUANG, W.C.; CHUNG, Y.H.; CHUANG, H.L.; WU, J.H. Whole-body vibration training effect on physical performance and obesity in mice. **International journal of medical sciences**, v.11, n.12, p.1218-27, 2014.

JACOBSON, B. H. *et al.* Acute effect of biomechanical muscle stimulation on the counter-movement vertical jump power and velocity in division i football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 5, p. 1259-1264, 2017.

JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Imago Editora, 1976.

JUNG, U.; CHOI, M. S. Obesity and Its Metabolic Complications: The Role of Adipokines and the Relationship between Obesity, Inflammation, Insulin Resistance, Dyslipidemia and Nonalcoholic Fatty Liver Disease. **International Journal of Molecular Sciences**, v.15, n.4, p.6184-6223, 2014.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica texto e atlas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

JUNQUEIRA, L.C., JUNQUEIRA, L.M.M.S. **Técnicas básicas de citologia e histologia**. São Paulo: Santos, 1983.

QAISAR, R.; BHASKARAN, S.; REMMEN, H. V. Diversificação do tipo de fibra muscular durante o exercício e a regeneração. **Biologia Radical Gratuita e Medicina**, v. 98, p. 56-67, 2016.

KANEGUCHI, A.; OZAWA, J.; KAWAMATA, S.; KUROSE, T.; YAMAOKA, K. Intermittent wholebody vibration attenuates a reduction in the number of the capillaries in unloaded rat skeletal muscle. **BMC Musculoskeletal Disorders**, s/v. 15, s/n., p. 01-9, 2014.

KARALAKI, M. *et al.* Muscle Regeneration: Cellular and Molecular Events. **In vivo**, v. 23, s/n., p. 779-796, 2009.

KARNOVSKY, M. J. A formaldehyde-glutaraldehyde fixative of high osmolality for use in electron microscopy. **Journal of Cell Biology**, v. 27, s/n., p. 1-149, 1965.

KAWANISHI, N.; MIZOKAMI, T.; YANO, H.; SUZUKI, K. Exercise attenuates M1 macrophages and CD8+ T cells in the adipose tissue of obese mice. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.45, n.9, p.1684-1693, 2013.

KEYS, A. *et al.* Indices of relative weight and obesity. **International Journal of Epidemiology**, v. 43, n. 3, p. 655-665, 2014.

KHAN, M.A. The histoenzymology of striated muscle fibers an overview. **Molecular Biology of the Cell**, v. 22, s/n., p. 383-393, 1977.

KOMRAKOVA, M.; SEHMISCH, S.; TEZVAL, M.; AMMON, J.; LIEBERWIRTH, P.; SAUERHOFF, C. *et al.* Identification of a vibration regime favorable for bone healing and muscle in estrogen-deficient rats. **Calcified Tissue International**, s/v., s/n., p. 509-20, 2013.

KRAUSE-NETO, W. *et al.* Effects of exercise on neuromuscular junction components across age: systematic review of animal experimental studies. **BMC Research Notes**, v. 8, n. 713, p. 1-15, 2015.

KOVESDY, C. P.; FURTH, S. L.; ZOCCALI, C.. Obesity and Kidney Disease: Hidden Consequences of the Epidemic. **Journal of Renal Nutrition**, v. 27, n. 2, p. 75-77, 2017.

LAU, A., TYMIANKI, M. Glutamate receptors, neurotoxicity and neurodegeneration. **Pflugers Arch**, v.460, s/n., p.525-542, 2010.

LEE, M.O. Determination of the surface area of the white rat with its application to the expression of metabolic results. **American Journal of Physiology**, v.89, s/n., p.24-33, 1928.

LEE, D. Y. Analysis of muscle activation in each body segment in response to the stimulation intensity of whole-body vibration. **The Journal of Physical Therapy Science**, v. 29, n. 2, p. 270-273, 2017.

LEHRER, G.M.; ORNSTEIN, L. A diazo coupling method for the electron microscopic localization of cholinesterase. **Biophysical and Biochemical Cytology**, v. 6, s/n., p. 399-419, 1959.

MATSAKAS, A.; PROSDOCIMO, D. A.; MITCHELL, R.; COLLINS-HOOPER, H. GIALLOUROU, N.; SWANN, J. R. *et al.* Investigating mechanisms underpinning the detrimental impact of a high-fat diet in the developing and adult hypermuscular myostatin null mouse. **Skeletal Muscle**, s/v., s/n., p. 01-21, 2015.

MOLINE, S. W.; GLENNER, G. G. Ultrarapid tissue freezing in liquid nitrogen. **Journal of Histochemistry e Cytochemistry**, v. 12, s/n., p. 777-778, 1964.

NAM, S.-S.; SUNOO, S.; PARK, H.-Y.; MOON, H.-W. The effects of long-term whole-body vibration and aerobic exercise on body composition and bone mineral density in obese middle-aged women. **Journal of exercise nutrition & biochemistry**, v.20, n.2, p.19-27, 2016.

NEGRÃO, C. E.; TROMBETA, I. C.; TINUCCI, T.; FORJAZ, C. L. O papel do sedentarismo na obesidade. **Rev Bras Hipertens**, v. 7, n. 2, 2010.

OLIVEIRA, W. L. De; SILVA, R. D.; CUSTÓDIO, I. J. O.; BARCELOS, S. A. M. G. De. Análise da influência da plataforma vibratória no desempenho do salto vertical em atletas de futebol: ensaio clínico randomizado. **Fisioterapia em Movimento**, v.24, n.2, p.265-274, 2011.

OLNEY, J. W. Glutamate-induced neuronal necrosis in the infant mouse hypothalamus. **Oxford Journals**, s/v., s/n., p. 1-16, 1971.

PARK, S.Y. KIM, Y. W. DAN, J. M. KIM, J. Y. Attenuated sympathetic activity and its relation to obesity in MSG injected and sympathectomized rats. **Korean J Physiol Pharmacol**, v.11, s/n., p.155-61, 2007.

PARK, S. Y.; SON, W. M.; KWON, O. S. Effects of whole body vibration training on body composition, skeletal muscle strength, and cardiovascular health. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 11, n. 6, p. 289-295, 2015.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry: theoretical and applied**. 3. ed. Baltimore: Williams e Wilkins, 1972.

PENIDO, A. **Brasileiros atingem maior índice de obesidade nos últimos treze anos**. Agência Saúde, 25 de julho de 2019. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/45612-brasileiros-atingem-maior-indice-de-obesidade-nos-ultimos-treze-anos>. Acesso em: 23 fev. 2020.

PERETTI, A. L.; KAKIHATA, C. M. M.; WUTZKE, M. L. S.; TORREJAIS, M. M.; RIBEIRO L. F. C.; BERTOLINI, G. R. F. Efeitos da vibração mecânica nas junções neuromusculares e tipo de fibra do músculo sóleo de ratas wistar ooforectomizadas. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 54, s/n., 2019.

PIOVESAN, R. F. *et al.* Uma revisão sobre a plasticidade do músculo esquelético: expressão de isoformas de cadeia pesada de miosina e correlação funcional. **Fisioterapia em Movimento**, v. 22, n. 2, p. 211-220, 2009.

RAHEMI, H.; NIGAM, N.; WAKELING, J. M. The effect of intramuscular fat on skeletal muscle mechanics: implications for the elderly and obese. **Journal Royal Society Interface**, v. 12, n. 109, p. 365-372, 2015.

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

ROCHA, W. A.; GOBBI, G. A.; ARAUJO, V. F.; SANTUZZI, C. H. Muscle morphological changes in response to passive stretching in an animal model of prolonged immobilization of hind limb. **Revista Brasileira Medicina e Esporte**, v. 16, s/n., p. 450-4, 2010.

ROMAN-RAMOS, R. *et al.* Monosodium glutamate neonatal intoxication associated with obesity in adult stage is characterized by chronic inflammation and increased mRNA expression of peroxisome proliferator-activated receptors in mice. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, v. 108, s/n., p. 406-413, 2011.

RONN, T.; VOLKOV, P.; DAVEGARDH, C.; DAYEH, T.; HALL, E.; OLSSON, A. H.; NILSSON, E.; TORNBERG, Å.; NITERT, M. D.; ERIKSSON, K.F.; JONES, H. A.; GROOP, L.; LING, C. A Six Months Exercise Intervention Influences the Genome-wide DNA Methylation Pattern in Human Adipose Tissue. **Plos Genetics**, v.9, n.6, p.1-16, 2013.

RUBIO-ARIAS, J. A. *et al.* Effect of 6-weeks WBVT on the behaviour of the lower limb muscle fibres during vertical jumping. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 4, p. 398-406, 2018.

RUBIN, C. T. SOMMERFELDT, D. W. JUDEX, S. QIN Y. Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. **Drug Discov Today**, v. 6, n.16, p. 848-858, 2001.

SANTANA JUNIOR, A.; DEBASTIANI, J. C.; BURATTI, P.; PERETTI, A. L.; KUNZ, R. I.; BRANCAHÃO, R. M. C. *et al.* Sericina e natação sobre parâmetros histomorfométricos de músculo plantar desnervado de ratos Wistar. **Einstein**, s/v., s/n., p. 01-6, 2018.

SCHRAGER, M. A. *et al.* Sarcopenic obesity and inflammation in the In study. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, s/n., p. 919-925, 2007.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Fiber types in mammalian skeletal muscles. **Physiological Reviews**, v. 91, s/n., p. 1447-1531, 2011.

SCLAFANI, A. Animal models of obesity: classification and characterization. **International Journal of Obesity**, v. 8, s/n., p. 491-508, 1984.

SEENE, T., UMNOVA, M., KAASIK, P. Morphological peculiarities of neuromuscular junctions among different fiber types: Effect of exercise. **Eur J Transl Myol**, s/v., s/n., p. 6708, 2017.

SEEBACHER, F.; TALLIS, J.; MCSHEA, K. E.; JAMES, R. S. Obesity-induced decreases in muscle performance are not reversed by weight loss. **International Journal Obesity**, v. 41, s/n., p. 1271-1278, 2017.

SILVA, P. Z.; SCHNEIDER, R. H. Efeitos da plataforma vibratória no equilíbrio em idosos. **Acta Fisiátrica**, v.18, n.1, p.21-26, 2011.

SILVA, U. *et al.* Efeitos a curto prazo da plataforma vibratória e oscilatória em indivíduos saudáveis. **Ciência & Saúde**, v. 8, n. 3, p. 99-106, 2015.

SMITH, J. K. Exercise, Obesity and CNS Control of Metabolic Homeostasis: A Review. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. 574, p. 1-11, 2018.

SOUZA, M. V. G. *et al.* Obesidade e suas implicações à saúde: exercício como um fator interveniente. **Revista de Trabalhos Acadêmicos**, v. 2, n. 6, p. 1-14, 2016.

SPIELMANN, M. *et al.* Whole-Body Vibration Training During a Low Frequency Outpatient Exercise Training Program in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients: A Randomized, Controlled Trial. **Journal of Clinical Medicine Research**, v. 9, n. 5, p. 396-402, 2017.

STANFORD, K. I.; MIDDELBECK, R. J. W.; GOODYEAR, L. J. Exercise effects on white adipose tissue: Being and metabolic adaptations. **Diabetes**, v.64, n.7, p. 2361-2368, 2015.

STANFORD, K. I.; MIDDELBECK, R. J. W.; TOWNSEND, K. L.; LEE, M.-Y.; TAKAHASHI, H.; SO, K.; HITCHCOX, K. M.; MARKAN, K. R.; HELLBACH, K.; HIRSHMAN, M. F.; TSENG, Y.-H.; GOODYEAR, L. J. A Novel Role for

Subcutaneous Adipose Tissue in Exercise-Induced Improvements in Glucose Homeostasis. **Diabetes**, v.64, n.6, p.1-45, 2015.

TALLIS, J.; HILL, C.; JAMES, R. S.; COX, V. M.; SEEBACHER, F. The effect of obesity on the contractile performance of the rat's soleus, EDL and diaphragm muscles alone. **Journal of Applied Physiology**, s/v., n. 122, p. 170-181, 2017.

TALBOT, J.; MAVES, L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology**, v. 5, s/n., p. 518-534, 2016.

TAMILARASAN, K. P.; TEMMEL, H.; DAS, S. K.; ZOUGHBI, W. A.; SCHAUER, S.; VESELY, P. W. *et al.* Skeletal muscle damage and impaired regeneration due to LPL-mediated lipotoxicity. **Cell Death and Disease**, s/v., s/n., p. 01-8, 2012.

TANNER, C. J.; BARAKAT, H. A. *et al.* Muscle Fiber type is associated with obesity and weight loss. **Am J Physiol endocrinol metab**, v.282, n.6, 2002.

TIKKANEN-DOLENC, H.; WADÉN, J.; FORSBLOM, C.; HARJUTSALO, V.; THORN, L. M.; SARAHEIMO, M.; ELONEN, N.; ROSENGÅRD-BÄRLUND, M.; GORDIN, D.; TIKKANEN, H. O.; GROOP, P. H.; ON BEHALF OF THE FINNDIANE STUDY GROUP. Frequent and intensive physical activity reduces risk of cardiovascular events in type 1 diabetes. **Diabetologia**, v.60, n.3, p.574-580, 2017.

TOMLINSON, D. J. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. **Biogerontology**, v. 17, s/n., p. 467-483, 2016.

TORTORA G.J. **Princípios de Anatomia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Kooban, 2007.

TRIBASTONE, F. **Tratado de exercícios corretivos aplicados à reeducação motora postural**. São Paulo: Manole, 2001.

TROVATO, F. M.; IMBESI, R.; CONWAY, N.; CASTROGIOVANI, P.; Morphological and functional aspects of human skeletal muscle. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 1, n. 3, p. 289-302, 2016.

VERSCHUEREN, S. M.; ROELANTS, M.; DELECLUSE, C.; SWINNEN, S.; VANDERSCHUEREN, D.; BOONEN, S. Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. **Journal of Bone and Mineral Research**, New York, v.19, s/n., p.352-359, 2004.

VISSERS, D.; HENS, W.; TAEYMANS, J.; BAEYENS, J.-P.; POORTMANS, J.; VAN GAAL, L. The Effect of Exercise on Visceral Adipose Tissue in Overweight Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Plos one**, v.8, n.2, p.56415, 2013.

WANG, P.; YANG, X.; YANG, Y.; YANG, L.; ZHOU, Y.; LIU, C. *et al.* Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee

osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. **Clinical Rehabilitation**, v.29, n.10, p.939-951, 2015.

WAUGH, S.; KASHON, M. L.; LI, S.; MILLER, G. R.; JOHNSON, C.; KRAJNAK, K. Transcriptional pathways altered in response to vibration in a model of hand-arm vibration syndrome. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 58, s/n., p. 344-50, 2016.

WEBB, R.; BRAMMAH, T.; LUNT, M.; URWIN, M.; ALLISON, T.; SYMMONS, D. Opportunities for prevention of 'clinically significant' knee pain: results from a population-based cross sectional survey. **J Public Health**, v.26, n.3, p.277-284, 2004.

WOLFE, R. R. The underappreciated role of muscle in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 84, s/n., p. 475-482, 2006.

WHO. World Health Organization.

Disponível em: <http://www.who.int/topics/obesity/en/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

YAN, Z.; LIRA, V. A.; GREENE, N. P. Exercise training-induced regulation of mitochondrial quality. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, s/v., s/n., p. 159-64, 2012.

ANEXO 01 - Parecer CEUA



Autorização

O protocolo intitulado “Efeitos da plataforma vibratória em ratos Wistar obesos - análises funcionais e morfológicas”, sob a responsabilidade de Gladson Ricardo Fior Bertolini que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata, para fins de pesquisa científica encontra-se **Aprovado** para execução, está de acordo com as Normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do UNIOESTE em reunião de 14/07/2017.

FINALIDADE	Pesquisa Científica
Vigência da autorização	01/08/2017 - 30/08/2018
Espécie/linhagem/raça	Rato heterogênico, Wistar
N. de animais	20
Peso/idade	250 - 350g/100 dias
Sexo	Feminino
Origem	Biotério Central da UNIOESTE, Campus de Cascavel

Cascavel, 14/07/2017

Prof. Dra. Lucilana Oliveira de Farina
 Coordenadora do CEUA
 Portaria nº 3730/2016 - GRE

ANEXO 02

NORMAS REVISTA BRAZILIAN JOURNAL OF PHYSICAL THERAPY

Article structure

Subdivision - unnumbered sections

Divide your article into clearly defined sections. Each subsection is given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line. Subsections should be used as much as possible when crossreferencing text: refer to the subsection by heading as opposed to simply 'the text'.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#). Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual structured abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and

year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Image manipulation

Whilst it is accepted that authors sometimes need to manipulate images for clarity, manipulation for purposes of deception or fraud will be seen as scientific ethical abuse and will be dealt with accordingly. For graphical images, this journal is applying the following policy: no specific feature within an image may be enhanced, obscured, moved, removed, or introduced. Adjustments of brightness, contrast, or color balance are acceptable if and as long as they do not obscure or eliminate any information present in the original. Nonlinear adjustments (e.g. changes to gamma settings) must be disclosed in the figure legend.

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
 - Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.

- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF) or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then the journal will ensure, at no

additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites). Further information on the preparation of electronic artwork.

Illustration services

Elsevier's Author Services offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal

communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List.

Data references

should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: Indicate references by (consecutive) superscript arabic numerals in the order in which they appear in the text. The numerals are to be used outside periods and commas, inside colons and semicolons. For further detail and examples you are referred to the AMA Manual of Style, A Guide for Authors and Editors, Tenth Edition, ISBN 0-978-0-19-517633-9.

List: Number the references in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

1. Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *J Sci Commun*. 2010;163:51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

2. Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 2018;19:e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

3. Strunk W Jr, White EB. *The Elements of Style*. 4th ed. New York, NY: Longman; 2000. AUTHOR INFORMATION PACK 18 Feb 2020 www.elsevier.com/locate/bjpt 13

Reference to a chapter in an edited book:

4. Mettam GR, Adams LB. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones BS, Smith RZ, eds. *Introduction to the Electronic Age*. New York, NY: E-Publishing Inc; 2009:281–304.

Reference to a website:

5. Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>; 2003 Accessed 13 March 2003.

Reference to a dataset: [dataset]

6. Oguro, M, Imahiro, S, Saito, S, Nakashizuka, T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1; 2015. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page. For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

AFTER ACCEPTANCE

Proofs

One set of page proofs (as PDF files) will be sent by e-mail to the corresponding author (if we do not have an e-mail address then paper proofs will be sent by post) or a link will be provided in the email so that authors can download the files themselves. To

ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Elsevier now provides authors with PDF proofs which can be annotated; for this you will need to download the free Adobe Reader, version 9 (or higher). Instructions on how to annotate PDF files will accompany the proofs (also given online). The exact system requirements are given at the Adobe site. If you do not wish to use the PDF annotations function, you may list the corrections (including replies to the Query Form) and return them to Elsevier in an e-mail. Please list your corrections quoting line number. If, for any reason, this is not possible, then mark the corrections and any other comments (including replies to the Query Form) on a printout of your proof and scan the pages and return via email. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication: please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch. You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>