



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Médicas

Vanessa da Silva Caiado

**Efeitos da terapia vibratória sistêmica nos níveis de dor, na rigidez,
na função física e na qualidade de vida de mulheres com
osteoartrite de joelho e obesidade**

Rio de Janeiro

2023

Vanessa da Silva Caiado

Efeitos da terapia vibratória sistêmica nos níveis de dor, na rigidez, na função física e na qualidade de vida de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Danúbia da Cunha de Sá-Caputo

Coorientador: Prof. Dr. Mario Bernardo-Filho

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

C133 Caiado, Vanessa da Silva.
Efeitos da terapia vibratória sistêmica nos níveis de dor, na rigidez, na função física e na qualidade de vida de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade / Vanessa da Silva Caiado. – 2023.
126 f.

Orientadora: Prof^a. Dra. Danúbia da Cunha de Sá-Caputo
Coorientador: Prof. Dr. Mario Bernardo-Filho

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Médicas. Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental.

1. Exercícios Físicos – Uso terapêutico – Teses. 2. Obesidade – Complicações – Teses. 3. Vibração – Efeitos fisiológicos – Teses. 4. Saúde da Mulher – Teses. 5. Osteoartrite do Joelho – Reabilitação – Teses. I. Sá-Caputo, Danúbia da Cunha de. II. Bernardo-Filho, Mario. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Médicas. IV. Título.

CDU 615.825-055.2

Bibliotecário: Felipe Caldonazzo CRB7/7341

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Vanessa da Silva Caiado

Efeitos da terapia vibratória sistêmica nos níveis de dor, na rigidez, na função física e na qualidade de vida de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 22 de junho de 2023.

Coorientador: Prof. Dr. Mario Bernardo-Filho
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Banca Examinadora: _____
Prof.^a Dra. Danúbia da Cunha de Sá-Caputo (Orientadora)
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Prof. Dr. Liszt Palmeira de Oliveira
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Prof. Dr. Vinicius Xavier Layter
Instituto de Matemática e Estatística – UERJ

Prof. Dr. Fernando Silva Guimaraes
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, à minha família e aos meus orientadores.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha fonte de fé, em quem busco paz e alegria.

Aos meus pais, Conceição Caiado e Elson Caiado que me amparam incondicionalmente em amor.

Aos meus queridos orientadores Prof. Dr. Mario Bernardo Filho e Profa. Dra. Danúbia da Cunha de Sá Caputo que através de incansável dedicação possibilitam que nossas ideias se tornem realidade e nos impulsionam a crescer e a aprender a cada dia.

A todos os colegas do LAVIMPI, mestrandos e doutorandos que atuaram com parceria contribuindo na realização desse trabalho.

À grande parceira de equipe, doutoranda Márcia Cristina Fernandes, minha gratidão à sua generosidade, parceria infindável e comprometimento admirável no grupo.

À colega de trabalho e parceira de laboratório, mestranda Aline Cristina Gomes Santos, que colaborou no apoio e no aprendizado mútuo desde o início deste trabalho.

“Para um grande sonho tornar-se verdadeiro, a primeira condição é ter a capacidade de sonhar; a segunda é a perseverança – a fé no sonho.”

Hans Selye.

RESUMO

CAIADO, Vanessa da Silva. **Efeitos da terapia vibratória sistêmica nos níveis de dor, na rigidez, na função física e na qualidade de vida de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade.** 2023. 126 f. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Clínica e Experimental) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A associação entre obesidade e osteoartrite de joelho é bem descrita. Mulheres são acometidas por ambas as condições clínicas mais do que os homens. Desta forma, a função física reduzida e o aumento da dor podem levar à redução da qualidade de vida. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da terapia vibratória sistêmica (TVS) na posição sentada nos níveis de dor, na rigidez, na função física e na qualidade de vida de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade. Foi realizado um estudo com análise pré-teste e pós-teste de um grupo único de mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade. A TVS foi realizada duas vezes por semana, durante cinco semanas. As variáveis estudadas foram os níveis de dor, a rigidez articular, a função física e a qualidade de vida. Os instrumentos utilizados para avaliação das variáveis foram *Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC), o *Short Performance Physical Battery* (SPPB), o teste *Timed Up and Go* (TUG teste) e o *Item Short-Form Health Survey* (SF-36). As avaliações foram realizadas antes do início do protocolo de intervenção com a TVS e após a última sessão. Foi utilizada uma plataforma vibratória (PV) com deslocamento alternado da base e os indivíduos permaneceram na posição sentada (com flexão de joelhos de 90° a 110°) em cadeira auxiliar (com ajuste de altura) posicionada em frente à PV durante a intervenção. Frequências (de 5 a 14Hz), deslocamentos pico-a-pico (de 2,5 a 7,5 mm) e acelerações de pico (de 0,12 g a 2,95 g) foram utilizados no protocolo. Foram avaliadas 17 mulheres (45-76 anos; 39±6,6), com diagnóstico de osteoartrite de joelho e obesidade. Após cinco semanas, houve redução estatisticamente significativa nos níveis de dor ($p<0,000$), na rigidez ($p=0,030$) e melhora da função física ($p=0,014$) demonstrada pelo questionário WOMAC. O tempo do teste TUG ($p=0,050$) e o tempo de caminhada ($p=0,005$) foram reduzidos, e dois domínios do SF-36 que foram a dor ($p=0,007$) e a vitalidade ($p=0,007$), também melhoraram. Em conclusão, o protocolo realizado de TVS durante cinco semanas, duas vezes por semana, reduziu os níveis de dor, a rigidez e melhorou a função física, favorecendo aspectos relacionados com a qualidade de vida (dor e vitalidade) em mulheres com osteoartrite de joelho e obesidade. Esses resultados indicam que a TVS promove efeitos que acarretam respostas fisiológicas proporcionando melhores condições clínicas aos pacientes com osteoartrite de joelho e obesidade e, pode ser uma opção segura como modalidade de exercício para tratamento de mulheres com os referidos sintomas.

Palavras-chave: Reabilitação. Funcionalidade. Exercício físico. Gonartrose. Vibração mecânica. Plataforma vibratória

ABSTRACT

CAIADO, Vanessa da Silva. *Effects of systemic vibratory therapy on pain level, stiffness, physical function and quality of life of women with knee osteoarthritis and obesity*. 2023. 126 f. Dissertação (Mestrado em Fisiopatologia Clínica e Experimental) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The association between obesity and knee osteoarthritis is well described. Women are affected by both clinical conditions more than men. In this way, reduced physical function and increased pain can lead to reduced quality of life. The present study aimed to evaluate effects of systemic vibratory therapy (SVT) in the sitting position on pain level, stiffness, physical function and quality of life in women. A study was carried out with pre-test and post-test analysis of a single group of women with knee osteoarthritis and obesity. SVT was performed twice a week for five weeks. The variables studied were the level of pain, joint stiffness, physical function and quality of life. The instruments used to evaluate the variables were the Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), the Short Performance Physical Battery (SPPB), the Timed Up and Go test (TUG test) and the Item Short-Form Health Survey (SF-36). The assessments were performed before the start of the intervention protocol with SVT and after the last session. A vibrating platform (VP) was used with alternate displacement of the base and the individuals remained in a sitting position (with knees flexed from 90° to 110°) in an auxiliary chair (with height adjustment) positioned in front of the VP during the intervention. Frequencies (from 5 to 14Hz), peak-to-peak displacements (from 2.5 to 7.5 mm) and peak accelerations (from 0.12 g to 2.95 g) were used in the intervention. Seventeen women (45-76 years old; 39±6.6) with a diagnosis of knee osteoarthritis and obesity were evaluated. After five weeks, there was a statistically significant reduction on pain level ($p<0.000$), stiffness ($p=0.030$) and improvement in physical function ($p=0.014$) demonstrated by the WOMAC questionnaire. TUG test time ($p=0.050$) and walking time ($p=0.005$) were reduced, and two SF-36 domains, pain ($p=0.007$) and vitality ($p=0.007$), also improved. In conclusion, the SVT protocol performed for five weeks, twice a week, reduced the pain level, stiffness and enhanced physical function, favoring aspects related to quality of life (pain and vitality) in women with knee osteoarthritis and obesity. These results indicate that SVT promotes effects that lead to physiological responses that improve the clinical conditions of patients with knee osteoarthritis and obesity, and may be a safe option as an exercise modality for the treatment of women with these symptoms.

Keywords: Rehabilitation. Functionality. Physical exercise. Gonarthrosis. Mechanical Vibration. Vibrating Platform.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Articulação do joelho.....	22
Figura 2 –	Comparação entre articulações do joelho.....	23
Figura 3 –	Representação da vibração mecânica através da curva sinusoidal e parâmetros biomecânicos.....	28
Figura 4 –	Esquema sobre a percepção da vibração mecânica no corpo humano.....	32
Figura 5 –	Cadeira ajustável do protocolo.....	37
Figura 6 –	Posição sequencial dos pés.....	37
Figura 7 –	Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa.....	42
Figura 8 –	Representação gráfica entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas na bateria funcional SPPB.....	45
Figura 9 –	Representação gráfica entre pré-teste e pós-teste dos tempos obtidos nos testes de caminhada e teste de sentar e levantar na bateria funcional SPPB.....	46
Figura10 –	Representação entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas no WOMAC.....	48
Figura 11–	Representação entre pré-teste e pós-teste dos tempos obtidos no TUG teste.....	49
Figura 12 –	Representação entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas nos domínios do SF-36.....	51

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 –	Fórmula do índice de massa corporal.....	25
Fórmula 2 –	Fórmula da aceleração de pico.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da OAJ na articulação tíbio-femoral segundo a escala de Ahlbäck.....	23
Quadro 2 – Protocolo da Terapia Vibratória Sistêmica	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de obesidade.....	25
Tabela 2 – Percentual de obesidade.....	26
Tabela 3 – Características antropométricas.....	43
Tabela 4 – Graus de Ahlbäck segundo às radiografias de joelho.....	43
Tabela 5 – Nível de atividade física obtido através do questionário IPAQ.....	43
Tabela 6 – Caracterização da amostra.....	44
Tabela 7 – Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.....	45
Tabela 8 – Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.....	46
Tabela 9 – Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.....	47
Tabela 10- Resultado comparativo entre pré-teste e pós-teste do TUG Teste...	49
Tabela 11- Resultado comparativo entre pré-teste e pós-teste da variável SF-36.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Amplitude
ABESO	Associação Brasileira para o Estudo de Obesidade e Síndrome Metabólica
ACR	<i>American College of Rheumatology</i>
ACSM	<i>American College of Sports and Medicine</i>
AIE	Anti-inflamatório Esteroidal
A _{Peak}	Aceleração de Pico
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
COVID-19	<i>Corona Virus Disease- 2019</i>
D	Deslocamento Pico-a-pico
DP	Desvio Padrão
F	Frequência
FNM	Fuso Neuromuscular
HAS	Hipertensão Arterial sistêmica
HUPE	Hospital Universitário Pedro Ernesto
IMC	Índice de Massa Corporal
IPAQ	<i>International Physical Activity Questionnaire</i>
LAVIMPI	Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas
LTDA	Limitada
MI	Membros Inferiores
OA	Osteoartrite
OAJ	Osteoartrite de Joelho
OARSI	<i>Osteoarthritis Research Society International</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
OTG	Órgão Tendinoso de Golgi
PV	Plataforma Vibratória
ReBEC	Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos
SF-36	<i>Item Short-Form Health Survey 36</i>
SPPB	<i>Short Physical Performance Battery</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TNF	<i>Tumor Necrosis Factor</i>
TT	Tempo de Trabalho
TUG	<i>Timed up and go</i>
TVS	Terapia Vibratória sistêmica
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Vigitel	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
VM	Vibração Mecânica
WHOQOL	<i>World Health Organization Quality of Life</i>
WOMAC	<i>Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz	Hertz
mm	Milímetro
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
kg	Quilograma
m ²	Metro quadrado
%	Porcentagem
α	Alfa
β	Beta
ms ⁻²	Metro por segundo elevado a menos dois
g	Aceleração gravitacional da Terra
ω	Frequência angular
π	Pi
mmHg	Milímetros de mercúrio
®	Registrado
m	Metros
cm	Centímetros
n	Número de participantes da amostra
=	Igual
<	Menor
$\pm$	Mais ou menos
*	Estatisticamente significativo – $p \leq 0,05$
**	Estatisticamente significativo – $p \leq 0,01$
***	Estatisticamente significativo – $p \leq 0,001$
p	Valor de p
>	Maior
s	Segundos

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO.....	17
1	OBJETIVOS.....	20
1.1	Objetivo geral.....	20
1.2	Objetivos específicos.....	20
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1	Osteoartrite de joelho.....	21
2.1.1	<u>Articulação do joelho.....</u>	21
2.1.2	<u>Classificação e critérios diagnósticos de OAJ.....</u>	22
2.1.3	<u>Mulheres e OAJ.....</u>	23
2.1.4	<u>Tratamento da OAJ.....</u>	24
2.2	Obesidade.....	25
2.2.1	<u>Definição e classificação de obesidade.....</u>	25
2.2.2	<u>Estatística da obesidade no Brasil e no mundo.....</u>	26
2.2.3	<u>Aspectos Inflamatórios e biomecânicos na associação de Obesidade e OAJ.....</u>	27
2.3	Terapia Vibratória sistêmica.....	27
2.3.1	<u>Definição de vibração mecânica.....</u>	27
2.3.2	<u>Parâmetros biomecânicos e posicionamento na plataforma.....</u>	29
2.3.3	<u>Tipos de plataforma vibratória.....</u>	30
2.3.4	<u>Efeitos Fisiológicos da TVS.....</u>	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Questões éticas.....	33
3.2	Critérios de inclusão.....	33
3.3	Critérios de exclusão.....	33
3.4	Desenho de estudo e cálculo amostral.....	34
3.5	Participantes do estudo.....	34
3.6	Descrição do protocolo.....	35
3.7	Avaliações.....	38
3.7.1	<u>Avaliação de dor, rigidez e função física através do WOMAC.....</u>	38
3.7.2	<u>Short Physical Performance Battery.....</u>	39

3.7.3	<u>Timed up and go test (TUG teste)</u>	39
3.7.4	<u>Avaliação de qualidade de vida pelo <i>Short-Form Health Survey</i> SF-36....</u>	40
4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
5	RESULTADOS.....	42
6	DISCUSSÃO.....	52
7	LIMITAÇÕES.....	55
	CONCLUSÃO.....	56
	REFERÊNCIAS.....	57
	ANEXO A – Aprovação do comitê de Ética.....	66
	ANEXO B – Termo de consentimento Livre e Esclarecido.....	69
	ANEXO C – Formulário de Anamnese.....	70
	ANEXO D – Questionário <i>International Physical Activity</i> (IPAQ).....	72
	ANEXO E – Questionário <i>Western Ontario and McMaster Universities</i> <i>Osteoarthritis Index</i> (WOMAC).....	74
	ANEXO F – <i>Short Physical Performance Battery</i> (SPPB).....	76
	ANEXO G – Questionário <i>Short-Form Health Survey</i> SF-36.....	77
	ANEXO H – Publicação do 1^o artigo científico.....	80
	ANEXO I – Submissão do 2^o manuscrito.....	98
	ANEXO J – Coautoria em publicação.....	99
	ANEXO K – Coautoria em publicação	112

INTRODUÇÃO

Segundo a *Osteoarthritis Research Society International (OARSI)*, a osteoartrite (OA) é um distúrbio que envolve articulações móveis, caracterizado por estresse celular e degradação da matriz extracelular iniciada por micro e macro lesões que ativam respostas de reparo mal adaptativas (1). Este processo inclui vias pró-inflamatórias da imunidade inata seguido por distúrbios anatômicos e/ou fisiológicos caracterizados por degradação da cartilagem, remodelação óssea, formação de osteófitos, inflamação e perda da função articular (2). Uma das articulações mais afetadas pela OA é a articulação do joelho, tornando a osteoartrite de joelho (OAJ) uma das maiores causas de dor crônica e incapacidade funcional no mundo (3). A OAJ pode afetar os compartimentos medial e/ou lateral da articulação tibiofemoral e a articulação patelofemoral do joelho (4). Dor, crepitação, limitação funcional e rigidez articular são alguns sintomas presentes na OAJ (5).

Bannuru *et al.*, 2019, afirmaram que a OA gera elevados custos na saúde e na sociedade como consequência da diminuição da produtividade no trabalho(1).

Fatores de risco como obesidade, sobrepeso, envelhecimento, história de lesão prévia, cirurgia articular e predisposição genética estão associados ao desenvolvimento da OAJ (6). Dentre esses fatores, a obesidade é o maior deles (7). O estudo epidemiológico de Murphy *et al.*, 2008, concluiu que dois em cada três indivíduos com obesidade apresentam risco de desenvolver OAJ (8). Um dado importante já relatado em vários estudos é que a maior incidência de OAJ é em mulheres com obesidade verificado através de exame de imagem radiográfica que mostra sinais de OAJ. As mulheres têm maior susceptibilidade a desenvolver sintomas da doença em relação aos homens (4). Fatores inflamatórios presentes na obesidade quando associados à sobrecarga na articulação do joelho podem desencadear o início do desenvolvimento da OAJ nesses indivíduos (7). Os sintomas da OAJ, se não controlados, podem levar à redução da funcionalidade do indivíduo gerando um ciclo de dor - inatividade física - sedentarismo - dor, acarretando piora da qualidade de vida (9). Um recente *guideline* da OARSI, baseado em evidências, apresentou como principal recomendação a realização de exercícios físicos e a perda de massa corporal como parte do tratamento não farmacológico visando o controle dos sintomas da OAJ (1,10). Geralmente indivíduos apresentando de forma concomitante OAJ e obesidade

não se encontram em níveis adequados de atividade física (9). O *American College of Sports and Medicine* (ACSM) relata alguns fatores que poderiam justificar a baixa aderência em programas de atividade física em indivíduos com obesidade. O sentir-se fisicamente desconfortável durante o exercício, presença de desconforto em relação à própria aparência e o não desejo de se exercitar na presença de outras pessoas, são alguns desses fatores (11). Além disso, sintomas depressivos podem ser comuns em indivíduos que possuem de forma concomitante OAJ e obesidade dificultando a obtenção de uma qualidade de vida satisfatória e aderência à um programa de exercícios físicos como recomendado (9).

Exercícios físicos podem promover benefícios à saúde mental, como bem-estar psicológico, reduzindo sintomas de fadiga, depressão e ansiedade além da melhoria da funcionalidade do indivíduo proporcionando melhora da qualidade de vida (11,12).

Embora a perda de massa corporal seja recomendada pelos *guidelines* de OA, estudos sugerem que a atividade física com ou sem controle alimentar para redução de massa corporal tem efeitos terapêuticos sobre a dor, força muscular e funcionalidade (12). Além disso, a perda de massa corporal de forma isolada não reduz a progressão da OAJ segundo o *Guideline Ottawa Panel* para manejo de OA em adultos com obesidade (12). Protocolos específicos de exercício físico voltados para indivíduos com obesidade e OAJ geralmente são publicados em associação com programas para perda de massa corporal ou como forma de comparação com métodos nutricionais (13). É necessário aumentar a possibilidade de propostas que atuem como modalidade de exercício para essa população de modo a proporcionar outras opções de tratamento não farmacológico gerando benefícios aos indivíduos afetados por ambas as doenças.

Dentre as modalidades de exercício para indivíduos com OAJ, o exercício de vibração de corpo inteiro (EVCI) tem se mostrado uma estratégia interessante para possibilitar a inclusão de indivíduos com limitações algicas e funcionais; pois o esforço requerido para sua realização é menor do que o de um treinamento convencional (14,15). O EVCI é gerado no indivíduo quando esse é submetido a terapia vibratória sistêmica (TVS). Na TVS o indivíduo é exposto à vibração mecânica (VM) gerada em uma plataforma vibratória (PV) (16). Essa VM é transmitida para todo o corpo do indivíduo que estiver em contato com a base da plataforma obtendo assim variados efeitos sistêmicos descritos na literatura (16–19). Sendo assim, a TVS tem sido descrita por estudos como uma estratégia de exercício físico para indivíduos com

obesidade, OAJ ou outras doenças (20–23). Entre os efeitos descritos estão o aumento da força muscular de membros inferiores e da preensão palmar, melhora da propriocepção e das funções cognitivas, redução de risco de queda em idosos, aumento da distância caminhada e melhora da performance de atividades diárias como as de sentar-se e levantar-se de uma cadeira ou subir e descer escadas (23–25). A TVS possui parâmetros biomecânicos que serão definidos pelo profissional ou pesquisador com base em estudos já publicados, visando a criação de um protocolo a ser utilizado conforme os objetivos (16,26). Estes parâmetros biomecânicos são: frequência (F) mensurada em *hertz* (hz), deslocamento pico a pico (D) ou amplitude (A) mensurada em milímetros (mm), tempo de trabalho (TT) mensurado em minutos, tempo de repouso (TR) mensurado em minutos ou segundos e número de séries que também podem ser denominadas *bouts* (16,17,27). O posicionamento do indivíduo na PV também é determinado pelo pesquisador (16,28). Os protocolos de TVS publicados na literatura em relação a OAJ e obesidade têm sido descritos separadamente em cada condição clínica de forma a deixar uma lacuna de conhecimento científico na descrição de protocolos específicos para mulheres acometidas por ambas as condições.

Considerando os possíveis efeitos de um protocolo de exercício físico realizado por meio da TVS, esse estudo tem como hipótese que a TVS seja uma nova opção de tratamento não farmacológico (TVS) visando a redução dos níveis de dor, da rigidez e a melhora da função física e da qualidade de vida em mulheres com OAJ e obesidade.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Analisar os efeitos da TVS sobre os níveis de dor, rigidez, função física e qualidade de vida em mulheres com OAJ e obesidade antes e após um protocolo de 5 semanas.

1.2 Objetivos específicos

Comparar e analisar antes e após o protocolo de terapia vibratória sistêmica:

- a) Os níveis de dor, rigidez e função física.
- b) A qualidade de vida.

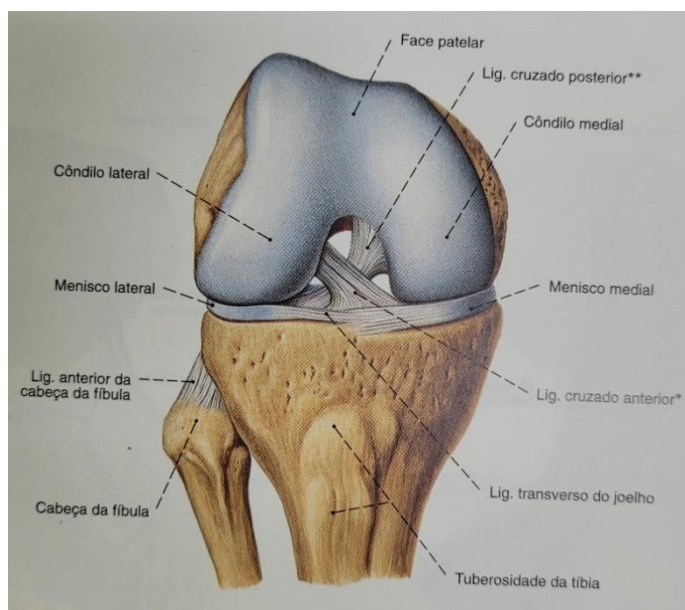
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Osteoartrite do joelho

2.1.1 Articulação do joelho

A articulação do joelho é de suma importância devido a sua função de absorção de carga da massa corporal durante a marcha e equilíbrio (29). De modo complexo, ela possibilita movimentos de flexão e extensão do joelho e possui internamente componentes vetoriais rotacionais de forma a auxiliar na absorção das forças de cisalhamento ocasionadas pela sobrecarga decorrente, conforme massa corporal de cada indivíduo (30). Composto as estruturas ósseas da articulação do joelho há os côndilos femorais distais, o platô tibial e a patela que junto ao fêmur compõe a articulação patelo-femoral (31). Outras estruturas relacionadas e que auxiliam na estabilidade da articulação são a sinóvia, menisco medial, menisco lateral, ligamentos, inserções musculares e a cartilagem articular (7). A complexidade das estruturas desse conjunto forma uma unidade de suporte de carga capaz de se adaptar às diferenças de forças vetoriais no joelho (32). A sobrecarga nas estruturas dessa articulação associada a fatores como obesidade, envelhecimento e lesões locais podem levar ao desencadeamento da cascata inflamatória que inicia o processo de degeneração da cartilagem articular na OAJ (33). A figura 1 mostra a articulação do joelho com as estruturas que a compõem.

Figura 1 – Articulação do joelho

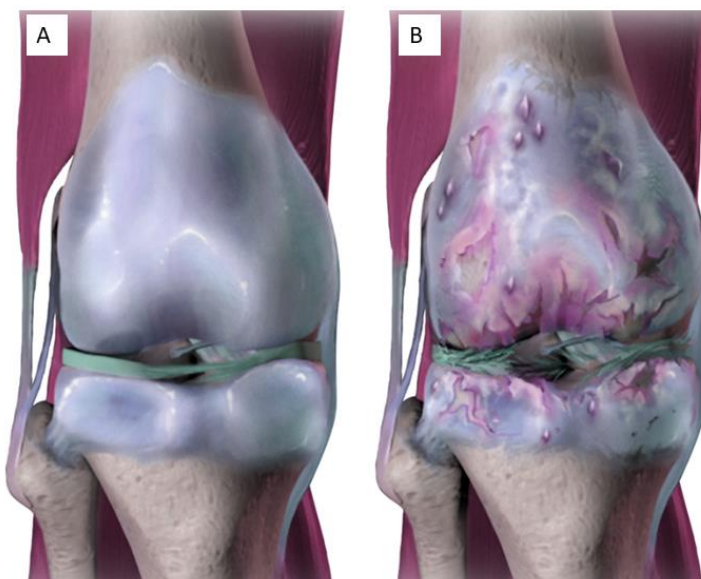


Fonte: SOBOTTA, 2000, p.288.

2.1.2 Classificação e critérios diagnósticos de OAJ

O processo degenerativo da OA pode afetar os compartimentos lateral e medial da articulação femorotibial e a articulação femoropatelar, podendo totalizar três compartimentos afetados no mesmo indivíduo (4). Também pode ser classificada como primária (idiopática) ou secundária, na presença de fatores associados como lesões anteriores, pós-fraturas proximais de tíbia ou distais do fêmur, condições genéticas e desordens como osteonecrose e doença de deposição de cálcio (4). O diagnóstico da OAJ baseada em critérios clínicos inclui a presença de sinais e sintomas que são: dor, rigidez, crepitação e presença de osteófitos (7). A figura 2 representa o processo degenerativo da cartilagem de uma articulação do joelho em processo de OAJ. Critérios obtidos em imagens radiográficas são utilizados na maioria dos estudos a fim de classificação da OAJ em estágios diferentes conforme demonstrado no quadro 1 (4). Porém Roos *et al.*, 2016, afirmam que uma proporção substancial de indivíduos com características radiográficas clássicas da articulação como presença de osteófitos e estreitamento do espaço articular podem não apresentar sintomas de dor na articulação atingida (7). O tratamento deve ser focado na OAJ sintomática em que a dor e a restrição funcional são igualmente importantes ao indivíduo portador da doença (33).

Figura 2 – Comparação entre articulações do joelho



Legenda: (A) – articulação sem processo degenerativo em estado íntegro; (B) – presença de OA em compartimentos da articulação.

Fonte: COMMONS.WIKIMEDIA.ORG, 2023.

Quadro 1 - Classificação de OAJ na articulação tibiofemoral segundo escala de Ahlbäck.

0	Nenhum achado radiográfico de osteoartrite
1	Estreitamento do espaço articular < 3 mm
2	Espaço articular obliterado ou quase obliterado
3	Atrito ósseo pequeno (< 5 mm)
4	Atrito óssea moderado (5-15 mm)
5	Atrito ósseo severo (> 15 mm)

Legenda: mm – milímetros.

Fonte: KIJOWSKI ET AL., 2006.

2.1.3 Mulheres e OAJ

A incidência de OAJ é maior em mulheres principalmente entre 40 e 50 anos e após a menopausa (34). Fatores como redução na taxa do hormônio estrogênio,

obesidade e componentes inflamatórios podem influenciar a prevalência de OAJ no sexo feminino (35). Mulheres com sinais radiográficos de OAJ possuem maior propensão à apresentarem os sintomas da doença do que os homens (4).

2.1.4 Tratamento da OAJ

As recomendações do *guideline* da OARSI incluem como forte recomendação a realização de programas de exercícios físicos (3). Diferentes modalidades podem proporcionar aumento da funcionalidade e qualidade de vida em indivíduos com osteoartrite de joelho e obesidade mesmo quando há impossibilidade de realização de um protocolo de dieta associado (36). As modalidades são baseadas em fortalecimento, treinamento neuro muscular, equilíbrio, exercícios aeróbicos, exercícios aquáticos, educação sobre a doença e exercícios chamados de corpo-mente como Taichi ou yoga (1). Em relação ao tratamento medicamentoso o recomendado foi o uso da menor dose possível de anti-inflamatórios não esteróides para tratamentos de curta duração em caso de concordância entre o médico e o paciente. Em relação a tratamentos injetáveis, a recomendação para o uso de corticoides intra-articulares foi somente em casos de alívio de dor aguda por até 6 semanas. A infiltração de ácido hialurônico intra-articular foi condicionalmente recomendada para efeitos a longo prazo após 12 semanas (1).

O *Ottawa Panel Evidence-Based Clinical Practice Guidelines for the Management of Osteoarthritis in Adults Who Are Obese or Overweight* recomenda a atuação de uma equipe multidisciplinar para a perda de massa corporal e implementação dos exercícios físicos de forma a garantir uma estabilidade articular e manutenção da massa muscular (12). O *guideline* do *American College of Rheumatology* (ACR) também recomenda a realização dos exercícios físicos e a perda de massa corporal para os indivíduos com obesidade e OAJ (6).

O *American College of Sports and Medicine*(ACSM) descreve que os exercícios físicos podem reduzir a dor e a incapacidade de indivíduos com osteoartrite (11).

2.2 Obesidade

2.2.1 Definição e classificação de obesidade

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a obesidade pode ser definida como o acúmulo anormal ou excessivo de gordura que apresente um risco à saúde (37). A OMS adotou como critério quantitativo para definição de obesidade em adultos, o índice de massa corporal (IMC) (38). A medida é baseada na observação da proporcionalidade entre a massa corporal total medida em quilogramas e a estatura do indivíduo mensurada em metros através da fórmula (1). Indivíduos com IMC igual ou acima de 30 kg/m² são classificados como indivíduos com obesidade segundo os *guidelines* para manejo de obesidade e a OMS (37).

$$\text{IMC} = \frac{\text{massa corporal (quilogramas)}}{(\text{altura})^2 \text{ (metros)}} \quad (1)$$

A obesidade pode ser subdividida em classes ou graus de acordo com o IMC do indivíduo variando de 1 a 3 conforme a tabela 1:

Tabela 1 - Classificação de obesidade

Classe	IMC (kg/m ²)
1	30 a 34,9
2	35 a 39,9
3	acima de 40

Legenda: Índice de massa corporal (IMC);
quilograma (kg); metro quadrado
(m²).

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE,
2020.

2.2.2 Estatística da obesidade no Brasil e no mundo

A OMS em 2021 descreve que o número de indivíduos com obesidade em todo o mundo triplicou em relação a 1975 (37). Em 2016, 650 milhões de adultos acima de 18 anos estavam com obesidade (37). Há uma estimativa segundo a OMS de que em 2025 serão 700 milhões de pessoas com obesidade ao redor do mundo (37).

O relatório de obesidade da OMS em relação à Europa indicou que a obesidade era maior entre as mulheres apresentando um percentual de 24% em comparação ao percentual dos homens de 22% (39).

Nos Estados Unidos da América, o exame nacional de saúde, pesquisa e nutrição, indicou que a obesidade afeta 35% dos homens e 40,4% das mulheres no país (38).

No Brasil, a Associação brasileira para o estudo de obesidade e síndrome metabólica (ABESO) relata que a obesidade aumentou 72% nos últimos 13 anos, saindo de 11,8% em 2006 para 20,3% em 2019. Em relação ao percentual de indivíduos com obesidade no Brasil, 18,7% eram homens e 20,7% eram mulheres segundo dados colhidos pela Pesquisa de vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico (Vigitel). Na cidade do Rio de Janeiro, dados da Vigitel relataram um percentual também elevado de mulheres com obesidade em relação aos homens sendo 23,1% e 20,1% respectivamente¹. Os percentuais estão demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 - Percentual de obesidade

	Obesidade %	
	Homens	Mulheres
EUA	35	40,4
Europa	22	24
Brasil	18,7	20,7
Rio de Janeiro	20,1	23,1

Legenda: percentual (%)

Fonte: ABESO, 2022

¹ O endereço eletrônico é: <https://abeso.org.br/obesidade-e-sindrome-metabolica/mapa-da-obesidade/>.

2.2.3 Aspectos inflamatórios e biomecânicos na associação de obesidade e OAJ

O mecanismo de associação entre OAJ e obesidade é multifatorial, envolvendo a sobrecarga na articulação do joelho, níveis de atividade física e a carga inflamatória sistêmica produzida pelas citocinas do tecido adiposo (7). A presença de sedentarismo nos indivíduos com obesidade propiciam o aumento do IMC gerando maior sobrecarga na articulação, exacerbando a dor e agravando o processo degenerativo da OAJ (9). Somando-se ao efeito mecânico agressivo à articulação do joelho, a obesidade apresenta efeitos metabólicos sistêmicos na OAJ causados por maiores concentrações de marcadores inflamatórios como o fator de necrose tumoral do tipo alfa (TNF- α) e leptina secretadas pelo tecido adiposo (40). O fato da leptina aumentar a síntese de fator de necrose tumoral do tipo beta (TNF- β) que atua na formação de osteófito faz com que esse baixo nível de inflamação afete a função muscular, diminuindo a tolerância à dor do indivíduo, prejudicando a homeostase dos condrócitos e levando diretamente a degradação da matriz cartilaginosa (9).

Frequentemente os indivíduos com OAJ e obesidade realizam adaptações na marcha de forma a tentar minimizar a dor, porém apresentando um déficit de equilíbrio dinâmico comprometendo a eficácia da marcha (32). Geralmente o aumento do pico interno do momento de abdução do joelho é notado refletindo a distribuição de carga no platô tibial sendo este fato um forte preditor de progressão de OA medial do joelho (41). Na análise de marcha de indivíduos com obesidade, o estudo de Graemmer *et al.*, 2012, concluiu que existe uma maior sobrecarga no plano frontal comparada à análise de marcha de indivíduos saudáveis (42).

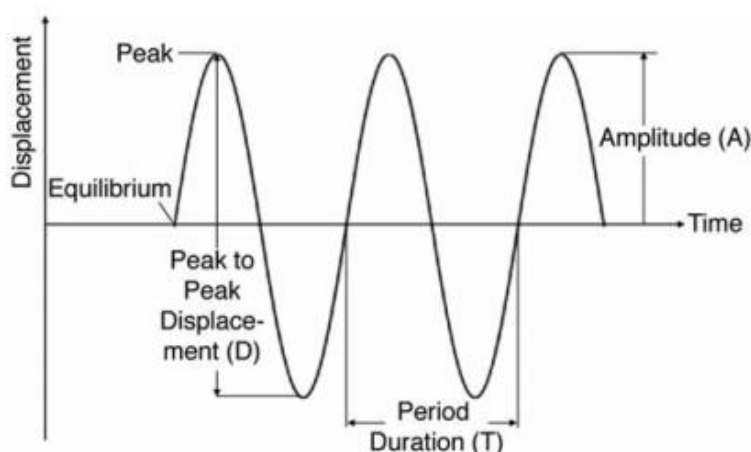
2.3 **Terapia vibratória sistêmica (TVS)**

2.3.1 Definição de vibração mecânica

Segundo Rittweger, 2010, vibração é uma oscilação mecânica, ou seja, uma alteração periódica de força, aceleração e deslocamento ao longo do tempo (28). Logo, vibrações são oscilações que ocorrem ao redor de um ponto de equilíbrio (19).

Para que uma vibração seja transmitida ao corpo humano são relatadas três formas básicas baseadas nos meios em que ela se propaga que são os meios aquático, sonoro ou através de um meio físico (26). A vibração mecânica utilizada na TVS é obtida através de uma plataforma vibratória (PV) onde a vibração produzida será transferida para todo o corpo humano através de seu contato com a base da plataforma (16). Devido aos mecanorreceptores presentes em todo o corpo humano que permitem a detecção das vibrações, é possível gerar efeitos da vibração mecânica de forma sistêmica ao indivíduo definindo-se então para essa atuação o termo TVS. As oscilações (ondas) da vibração mecânica utilizada para a realização da TVS são deterministas e têm formato sinusoidal sendo descritas pelo deslocamento pico-a-pico (D), também expresso como sendo o dobro da amplitude (A), além da frequência (F) e da aceleração de pico (a_{Peak}) (20). A figura 3 mostra a curva sinusoidal expressa durante um ciclo de vibração mecânica com os parâmetros utilizados para a elaboração de um protocolo de exercícios através da TVS.

Figura 3 - Representação da vibração mecânica através de curva sinusoidal e parâmetros biomecânicos.



Legenda: *Peak* - pico; *Equilibrium* - equilíbrio; *Peak to peak displacement (D)* - deslocamento pico-a-pico; *Period duration (T)* - duração de tempo; *Time* – tempo; *Displacement* - deslocamento.

Fonte: RAUCH ET AL., 2010.

Dessa forma, durante a TVS o corpo humano em contato com a PV sofre uma aceleração que será gerada pelo somatório vetorial resultante de forças de reação provocadas no corpo do indivíduo conforme os parâmetros selecionados no protocolo (28). Essa aceleração é expressa nominalmente como a_{peak} e é calculada de acordo com a variação do deslocamento pico-a-pico (D) e da frequência (F) selecionadas como mostrada na fórmula(16). A aceleração provocada no corpo do indivíduo de maneira sistêmica possibilita tanto sua mobilização quanto a geração de contrações musculares em resposta às forças de ação e reação ocasionadas no corpo durante o contato com a plataforma. Desse modo, devido aos efeitos fisiológicos relatados na literatura, a TVS é utilizada como modalidade de exercício.

A a_{Peak} é expressa na unidade de aceleração **ms⁻²** ou em múltiplos gravitacionais **g** quando dividida por uma unidade gravitacional equivalente à 9,81 ms⁻² (28).

$$a_{Peak} = \text{frequência angular } (\omega) \times D \quad (2)$$

$$a_{Peak} = (2 \times \pi \times F)^2 \times D \text{ (metros)}$$

2.3.2 Parâmetros biomecânicos e posicionamento na plataforma

Os parâmetros biomecânicos a serem selecionados serão:

- a) Frequência (f): representa o número de ciclos realizados em 1 segundo sendo expressa em *hertz (Hz)*;
- b) Deslocamento pico-a-pico (D): a medida entre os valores correspondentes aos pontos máximo e mínimo do ciclo e é expresso em milímetros (mm) conforme o posicionamento sobre a base da plataforma. A amplitude, também expressa em mm, é a metade do D;
- c) Tempo de trabalho: representa o tempo em que o indivíduo permanecerá em vibração sendo expressa em minutos ou segundos;
- d) Tempo de repouso: intervalo de tempo entre os tempos de trabalho expresso em minutos ou segundos.

O posicionamento na plataforma também faz parte do protocolo selecionado podendo ser realizado sentado em uma cadeira, posicionada à frente da plataforma vibratória, que é ajustável conforme a estatura do indivíduo com os pés descalços sobre a base da plataforma ou em posição ortostática sobre a base da plataforma com os joelhos semi-flexionados também denominado *squat* (43).

2.3.3 Tipos de plataforma vibratória

As plataformas são classificadas conforme a direção do movimento que ocorre em sua base da seguinte forma: (16)

- a) Sincrônica ou vertical: a base movimenta-se verticalmente subindo e descendo de modo uniforme;
- b) Alternada: A base movimenta-se como uma “gangorra” em relação ao eixo central alternando a subida e a descida entre os lados direito e esquerdo;
- c) Triplanar: a base movimenta-se nos três planos (vertical, ântero-posterior e látero-lateral).

2.3.4 Efeitos fisiológicos da TVS

Os efeitos fisiológicos da TVS mostram benefícios na postura, função cognitiva, densidade mineral óssea, composição corporal, propriocepção, redução de dores crônicas e aumento da força muscular com melhora da distância caminhada e consequentemente das atividades de vida diária de um indivíduo, repercutindo em sua qualidade de vida (44–49). Outros estudos também relatam efeitos relacionados à melhora do equilíbrio, redução de espasticidade e da força muscular em doenças neurológicas como a doença de *Parkinson*, síndrome de *Down*, paralisia cerebral e após acidente vascular cerebral (50–52). Também têm sido demonstrados efeitos no aumento da capacidade funcional de indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica, e distúrbios do sono (53,54).

Conforme relatado no estudo de Rittweger, 2010, o corpo humano que está sobre a plataforma vibratória reagirá como um sistema de molas que absorvem e refletem a energia mecânica gerada internamente de forma sistêmica como consequência da vibração que está sendo transmitida ao corpo do indivíduo. A captação da vibração mecânica ocorre graças aos mecanorreceptores existentes na pele (26). Os mecanorreceptores enviam a informação mecânica através da via da medula espinhal e o tálamo chegando ao córtex somatossensorial (19). Várias regiões corticais do cérebro estão envolvidas no processamento da informação de vibração. Dessa forma, os tecidos e células percebem e respondem ao sinal biomecânico (55). Os mecanorreceptores principais envolvidos na captação da vibração são o Corpúsculo de Paccini, ou de pressão que estão profundamente localizados na pele e o corpúsculo de Meissner localizado de maneira mais superficial (56,57). A presença de receptores sensoriais na junção miotendínea como o Órgão tendinoso de Golgi (OTG) e o fuso neuromuscular (FNM) vão possibilitar a contração muscular possibilitando uma transição cíclica entre contrações excêntricas e concêntricas (28). A vibração vai gerar uma descarga excitatória nas terminações primárias e secundárias do FNM gerando um efeito excitatório no motoneurônio alfa (α). A aferência 1b do OTG igualmente será responsiva à vibração muscular carreando a informação motora do músculo ao córtex cerebral (58). Sousa-gonçalves *et al.*, 2019, verificaram o aumento da atividade muscular através de eletromiografia de superfície em indivíduos com obesidade após 5 semanas de TVS (22).

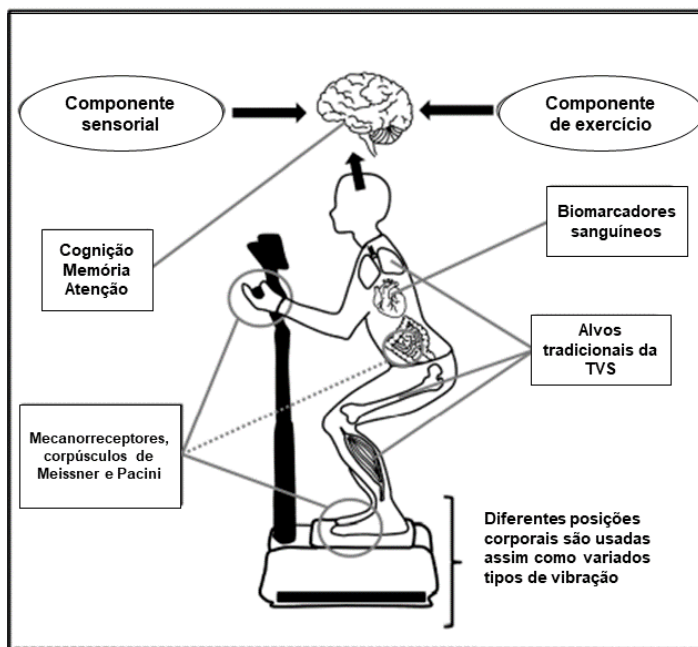
Um efeito fisiológico importante na utilização da TVS é o de redução da dor (48). O mecanismo sensorial envolvido para este fim inclui a teoria das comportas proposta por Melzack e Wall (59). Ocorre que o estímulo de vibração é detectado pelos mecanorreceptores da pele e é carregado para o tálamo através de fibras nervosas rápidas do tipo A, enquanto a via de condução nervosa para a aferência de estímulo doloroso ao tálamo é do tipo lenta C não mielinizada. Quando as fibras do tipo A - beta responsáveis por tato, pressão e vibração são estimuladas, há liberação de endorfinas e bloqueio da substância P que é o neuropeptídeo modulador da dor utilizado pelas fibras C lentas realizando assim o “fechamento das comportas” impossibilitando a chegada da informação dolorosa ao tálamo (17,59).

Esses importantes efeitos fisiológicos obtidos através da TVS podem possibilitar o aumento da atividade muscular e a redução de dor no indivíduo

permitindo dessa forma não só a melhora da sua funcionalidade quanto de sua qualidade de vida.

A figura 4 mostra de forma esquemática uma interação neurossensorial desde o sistema periférico até seus efeitos a nível central neurológico ocorridos no corpo do indivíduo em contato com a PV.

Figura 4 – Esquema sobre a percepção da vibração mecânica no corpo humano.



Fonte: Imagem adaptada de OROSZI *et al.*, 2020.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Questões éticas

O procedimento envolvido no presente estudo foi considerado não invasivo, isento de riscos evidentes para os participantes. Esse projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), (CAAE 19826413.8.0000.5259), (Anexo-A) e registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos, ReBEC (RBR-7dfwct). Todos os participantes do estudo tomaram conhecimento da pesquisa e foram orientados através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes de iniciar qualquer procedimento (Anexo-B).

3.2 Critérios de inclusão

Foram incluídos no presente estudo, indivíduos em acompanhamento no Serviço de Ortopedia do HUPE, com diagnóstico de OAJ segundo critérios de Ahlbäck com idade ≥ 45 anos, do sexo feminino e que apresentassem IMC ≥ 30 kg/m² caracterizando obesidade segundo a OMS.

3.3 Critérios de exclusão

Foram excluídos no momento da avaliação os indivíduos que estivessem utilizando viscosuplementação e/ou anti-inflamatórios não esteroidais (AINE) e esteroidais (AIE) durante um período de até 6 meses antes do início da pesquisa, a declaração de realização de outro programa de reabilitação, hipertensão arterial sistêmica sem tratamento médico (pressão arterial sistólica entre 140 e 159 milímetros de mercúrio (mmHg) e pressão arterial diastólica entre 90 e 99 mmHg), utilização de

marcapasso cardíaco, arritmias cardíacas, cirurgias recentes em membros inferiores até 1 ano antes do início da pesquisa, histórico de trombose venosa profunda, presença de prótese de quadril ou de joelho unilateral ou bilateral, artrodese de coluna, diagnóstico relatado de artrite reumatóide, incapacidade de caminhar de forma independente e uso de medicação psicotrópica.

3.4 Desenho do estudo e cálculo amostral

Como desenho de estudo foi adotado o modelo de pré-teste e pós-teste em um grupo único. O tamanho da amostra foi calculado através do *software G-Power®* (60), com base no estudo de Mahmoud *et al.*, 2017, com um valor de poder de 80% e um valor de α unicaudal de 0,05 para a variável WOMAC no domínio função física, considerando os dados de média, desvio padrão, e tamanho do efeito de 0,79. O cálculo identificou a necessidade de uma amostra total de 12 indivíduos. No entanto, considerando uma perda de cerca de 20%, planejou-se o recrutamento de 15 indivíduos. Porém, este estudo recrutou trinta mulheres sendo que apenas 17 finalizaram o estudo, conforme mostrado no fluxograma da figura 7 (61).

3.5 Participantes do estudo

As participantes deste estudo receberam o diagnóstico de OAJ de acordo com o Critério de Ahlbäck avaliado através da radiografia de ambos os joelhos realizada em incidências anteroposterior com carga, apoio bipodal, perfil e axial de patela (62). Esta avaliação inicial foi realizada no ambulatório de ortopedia do HUPE, através de um médico ortopedista. Após a confirmação do diagnóstico, as pacientes foram convidadas a participar do estudo. Aquelas que concordaram foram encaminhadas ao Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas (LAVIMPI), localizado na Policlínica Universitária Piquet Carneiro, onde foram avaliadas de acordo com os critérios de inclusão e exclusão.

3.6 Descrição do protocolo

As participantes foram submetidas à um protocolo de TVS durante 5 semanas realizando as sessões duas vezes na semana com 24 horas de intervalo entre as sessões totalizando 10 sessões conforme demonstrado no quadro 2. Foi adotado o posicionamento sentado em uma cadeira ajustável (poltrona Aquarius®, Van de Velde LTDA, INC) à altura da participante de forma que ela se sentisse confortável e conseguisse apoiar os pés descalços sobre a plataforma. Na primeira sessão da participante, o ângulo de flexão de joelho na posição sentada era mensurado através de um goniômetro de forma que sua angulação inicial fosse mantida até a última sessão. Os pés eram mantidos descalços e apoiados sobre a base da PV enquanto as mãos eram apoiadas sobre os joelhos para que houvesse a transmissibilidade da vibração mecânica para o restante do corpo. Foi orientado que as participantes mantivessem o olhar fixo em um ponto logo abaixo da barra de suporte da PV para que a posição da cabeça não fosse alterada conforme demonstrado na figura 6.

A plataforma utilizada foi a do tipo alternada (*Novaplate Fitness Evolution*®, DAF Produtos Hospitalares Ltda, São Paulo). Os parâmetros biomecânicos programados foram uma frequência inicial de 5 Hz aumentando 1 Hz a cada sessão atingindo na décima sessão 14 Hz. A a_{Peak} variou de 0,12 g a 2,95 g. Os pés das participantes foram posicionados em 3 variações de deslocamento pico-a-pico da seguinte forma: o primeiro posicionamento em 2,5 mm, o segundo posicionamento em 5 mm e o terceiro posicionamento em 7,5 mm conforme mostrado na figura 6. Em cada posicionamento o tempo de trabalho em que a vibração era realizada era de 3 minutos seguidos de um tempo de repouso de 1 minuto. Para que todos as participantes colocassem seus pés na mesma posição, a base da PV foi previamente demarcada com uma fita azul nos três posicionamentos distintos conforme demonstrado na figura 5 e 6.

Quadro 2 - Protocolo da terapia vibratória sistêmica.

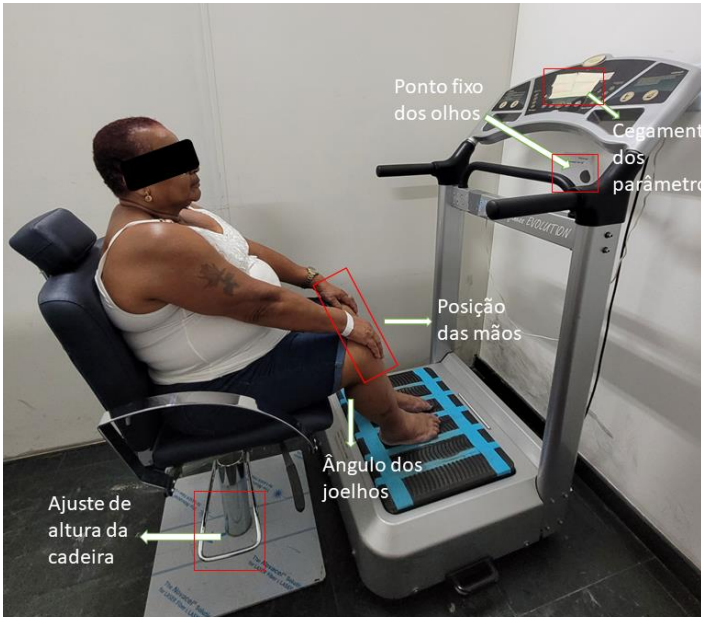
Sessões	Frequência (Hz)	3 min	1 min	3 min	1 min	3 min	1 min
		D1(mm)	D2(mm)		D3(mm)		
1 ^a	5	2,5	R E P O U S O	5	R E P O U S O	7,5	R E P O U S O
2 ^a	6	2,5		5		7,5	
3 ^a	7	2,5		5		7,5	
4 ^a	8	2,5		5		7,5	
5 ^a	9	2,5		5		7,5	
6 ^a	10	2,5		5		7,5	
7 ^a	11	2,5		5		7,5	
8 ^a	12	2,5		5		7,5	
9 ^a	13	2,5		5		7,5	
10 ^a	14	2,5		5		7,5	

Legenda: Primeiro deslocamento pico-a-pico (D1); segundo deslocamento pico-a-pico (D2); terceiro deslocamento pico-a-pico (D3); minutos (min); milímetros (mm); hertz (hz).

Nota: O quadro mostra o aumento das frequências da 1^a a 10^a sessões com os respectivos deslocamentos pico-a-pico e o tempo de trabalho e repouso em minutos.

Fonte: a autora, 2023.

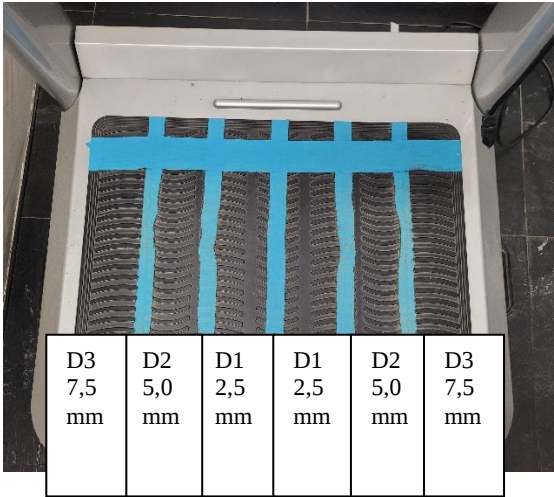
Figura 5 – Cadeira ajustável do protocolo



Nota: AS setas indicam o local de ajuste da cadeira, posicionamento das mãos, angulação dos joelhos, ponto de fixação dos olhos e cegamento do painel onde ocorre a seleção de parâmetros biomecânicos.

Fonte: A autora, 2023.

Figura 6 - posição sequencial dos pés



Legenda: D1 – primeiro posicionamento dos pés; D2 – segundo posicionamento dos pés; D3 – terceiro posicionamento dos pés; mm – milímetros.

Fonte: A autora, 2023.

3.7 Avaliações

As participantes foram submetidas à uma anamnese para coleta de histórico de saúde, presença de comorbidades, início de menopausa, uso de medicações e outros tratamentos realizados. Para a obtenção do IMC foi realizada a medida de massa corporal e estatura através da balança digital com estadiômetro da marca MIC 200 PPA, Micheletti, São Paulo, Brasil. Também foi identificado o nível de atividade física das participantes antes do protocolo através do questionário *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ). As avaliações dos níveis de dor, rigidez, função física e qualidade de vida foram coletadas antes da primeira sessão (pré-teste) e 24 horas após a última sessão (pós-teste). Foram utilizados 2 questionários autorrelatados sendo um para os níveis de dor, rigidez e função física através do *Western Ontario e McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC) e outro para avaliação da qualidade de vida através do *Medical Outcomes Study 36 – Item Short-Form Health Survey* (SF-36) (63,64). Dois testes funcionais foram realizados para avaliação da função física, sendo um composto por uma bateria de três subtestes através do *Short Physical Performance Battery* (SPPB) e outro avaliando uma única função correspondente à uma atividade de vida diária através do *Timed up and go test* (TUG teste) (24,65,66).

3.7.1 Avaliação de dor, rigidez e função física através do WOMAC

O *Western Ontario e McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC) é um questionário autorrelatado utilizado para indivíduos com OAJ validado no Brasil. É um instrumento com 24 perguntas agrupadas em três domínios divididos em três pontuações diferentes: (i) Dor (0-20); (ii) Rigidez articular (0-8); (iii) Capacidade Física (0-68). A pontuação total do WOMAC pode variar de 0 a 96. As perguntas deverão ser respondidas pelo participante sobre a sua percepção de dor, rigidez e funcionalidade nas últimas 72 horas (67). As pontuações do WOMAC são definidas por uma escala *Likert* (0 a 4) e os valores para cada domínio e uma pontuação de forma global são obtidas. Pontuações menores são indicativos de sintomas menores.

3.7.2 Short Physical Performance Battery (SPPB)

Consiste na avaliação de três itens: (i) Teste de equilíbrio: é solicitado ao participante equilibrar-se por 10 segundos em três posições distintas com dificuldade progressiva (com os pés unidos, *semi-tandem* com um dos pés parcialmente à frente do outro e *tandem* com um dos pés totalmente à frente do outro); (ii) Habilidade de caminhar: ocorre a mensuração do tempo gasto em segundos para caminhar uma distância de 3 metros (delimitados no chão). Esse percurso é cronometrado duas vezes considerando-se o menor valor entre os dois; (iii) Habilidade de sentar e levantar de uma cadeira: o participante deve levantar e sentar de uma cadeira o mais rápido possível por cinco vezes, com os braços cruzados na frente do tórax. A cadeira não poderá ter apoio lateral e o tempo será cronometrado. Cada item varia de 0 a 4 pontos somando 12 pontos (onde 0 significa pior função física e 12 o melhor nível dessa função).

3.7.3 Timed up and go test (TUG teste).

O *Timed up and go test* (TUG teste) é um teste que avalia a performance física e risco de quedas em indivíduos idosos. Com validação no Brasil ele tem sido muito utilizado em estudos relacionados à obtenção de dados quantitativos em relação à funcionalidade sendo também uma ferramenta investigativa para execução de atividades que requeiram equilíbrio e mobilidade. O teste se inicia com o indivíduo sentado em uma cadeira onde após o comando de início pelo pesquisador é cronometrado o tempo que ele leva desde o momento em que desencosta as costas da cadeira, levantando-se e caminhando em velocidade habitual até uma distância de 3 metros e retorna novamente caminhando até sentar-se novamente na cadeira e encostar as costas finalizando-se então a cronometragem (68).

3.7.4 Qualidade de vida pelo *Medical Outcomes Study 36 – Item Short-Form Health Survey* (SF-36)

Este é um questionário amplamente utilizado como um instrumento genérico de avaliação da qualidade de vida, de fácil administração e compreensão e validado para a língua portuguesa brasileira. Trata-se de um questionário formado por 36 itens, englobados em 08 domínios: (i) capacidade funcional (10 itens); (ii) aspectos físicos (4 itens); (iii) dor (2 itens); (iv) estado geral de saúde (5 itens); (v) vitalidade (4 itens); (vi) aspectos sociais (2 itens); (vii) aspectos emocionais (3 itens); (viii) saúde mental (5 itens) e uma questão de avaliação comparativa entre as questões de saúde atual e a de um ano atrás. O cálculo da pontuação é feito através do *Raw Scale* em que os valores das questões são convertidos em notas dos 8 domínios que irão variar de 0 a 100 sendo 0 = pior e 100 = melhor para cada domínio. Cada nota de domínio foi aplicada em fórmula específica para a obtenção da nota final de cada domínio.

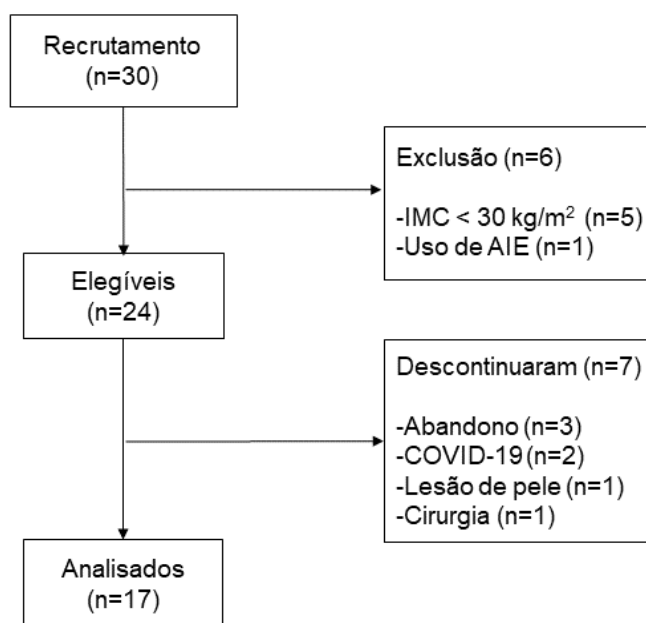
4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O presente estudo realizou análises de dados usando o programa *GraphPad Prism* 6.0 para Windows. Foram empregados percentual, média e desvio padrão. O teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* foi adotado para explorar a distribuição normal da amostra durante o pré-teste. Assim, testes baseados em métodos não paramétricos como o teste de *Wilcoxon* ou testes baseados em métodos paramétricos como o Teste-t pareado foram usados para comparar o pré-teste e o pós-teste. Os dados foram considerados estatisticamente significativos se $p \leq 0,05$.

5 RESULTADOS

Foram recrutadas 30 mulheres com OAJ sendo que após avaliação quanto aos critérios de exclusão, 6 foram excluídas pois 5 apresentaram IMC inferior a 30 kg/m² e 1 fazia uso contínuo de AIE. Iniciaram o protocolo 24 mulheres, porém 3 abandonaram o protocolo por motivos pessoais e 4 foram excluídas durante o protocolo pois 2 foram diagnosticadas com COVID-19, 1 apresentou lesão de pele localizada em calcâneo impedindo o contato com a base da plataforma e 1 necessitou de uma cirurgia de urgência. Completaram o protocolo 17 mulheres conforme demonstrado no fluxograma apresentado na figura 7.

Figura 7 – Fluxograma do desenvolvimento da pesquisa



Legenda: AIE- anti-inflamatório esteroidal, IMC- Índice de massa corporal.

As características antropométricas das participantes estão demonstradas na tabela 3 assim como os graus de Ahlbäck dos joelhos direito e esquerdo e a classificação quanto ao nível de atividade física obtido através do questionário IPAQ se encontram respectivamente nas tabelas 4 e 5. A caracterização da amostra pode ser vista na tabela 6.

Tabela 3 - Características antropométricas

Participantes (n=17)	Média ± DP
Idade (anos)	63,68 ± 8,53
Estatura (m)	1,55 ± 0,06
Massa corporal (kg)	92,75 ± 17,57
Circunferência de cintura (cm)	111 ± 13,70
IMC (kg/m ²)	38,52 ± 6,41
Grau de obesidade	2,05 ± 0,87

Legenda: DP – desvio padrão, m – metro, kg – quilograma, cm - centímetro, índice de massa corporal, kg/m² – quilograma por metro quadrado.

Tabela 4 - Grau de Ahlbäck segundo às radiografias de joelho

Grau de Ahlbäck	Joelho direito n (%)	Joelho esquerdo n (%)
1	8 (47%)	7 (41,1%)
2	3 (17,6%)	3 (17,6%)
3	0	2 (11,7%)
4	2 (11,7%)	1 (5,8%)
5	2 (11,7%)	2 (11,7%)

Fonte: A autora, 2023.

Tabela 5 - Nível de atividade física obtido através do questionário IPAQ

Nível de atividade física	n (%)
Baixo	12 (70,5%)
Moderado	1 (5,9%)
Alto	4 (23,5%)

Legenda:IPAQ – *International physical activity questionnaire*.

Fonte: A autora, 2023

Tabela 6 - Caracterização da amostra

	n (%)
Diabetes	5 (29,4%)
HAS	8 (47,1%)
Etilismo	0
Tabagismo	1 (5,9%)
Hipertireoidismo	0
Hipotireoidismo	0
Câncer	1 (5,9%)
Doença renal	2 (11,8%)
Insuficiência venosa	1 (5,9%)
Trombose prévia	0
Orientação nutricional	2 (11,8%)
Covid-19 antes do protocolo	4 (23,5%)
Menopausa	15 (88,2%)
Piora dos sintomas após menopausa	7 (41,2%)
Atividade física antes do protocolo	2 (11,8%)

Legenda: HAS – Hipertensão arterial sistêmica.

Fonte: A autora, 2023

A tabelas de 7 a 11 mostram os resultados comparativos em relação às médias, desvio padrão e *p*-valores das pontuações obtidas nas variáveis analisadas no pré-teste e no pós-teste.

A tabela 7 mostra a análise comparativa das pontuações totais obtidas na variável SPPB. Houve um aumento das médias das pontuações incluindo os subitens do SPPB (equilíbrio, caminhada de 3 m e sentar e levantar) e a pontuação total, o que seria um indicativo de melhora na realização das atividades, porém com *p*-valores não estatisticamente significativos.

Tabela 7 - Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.

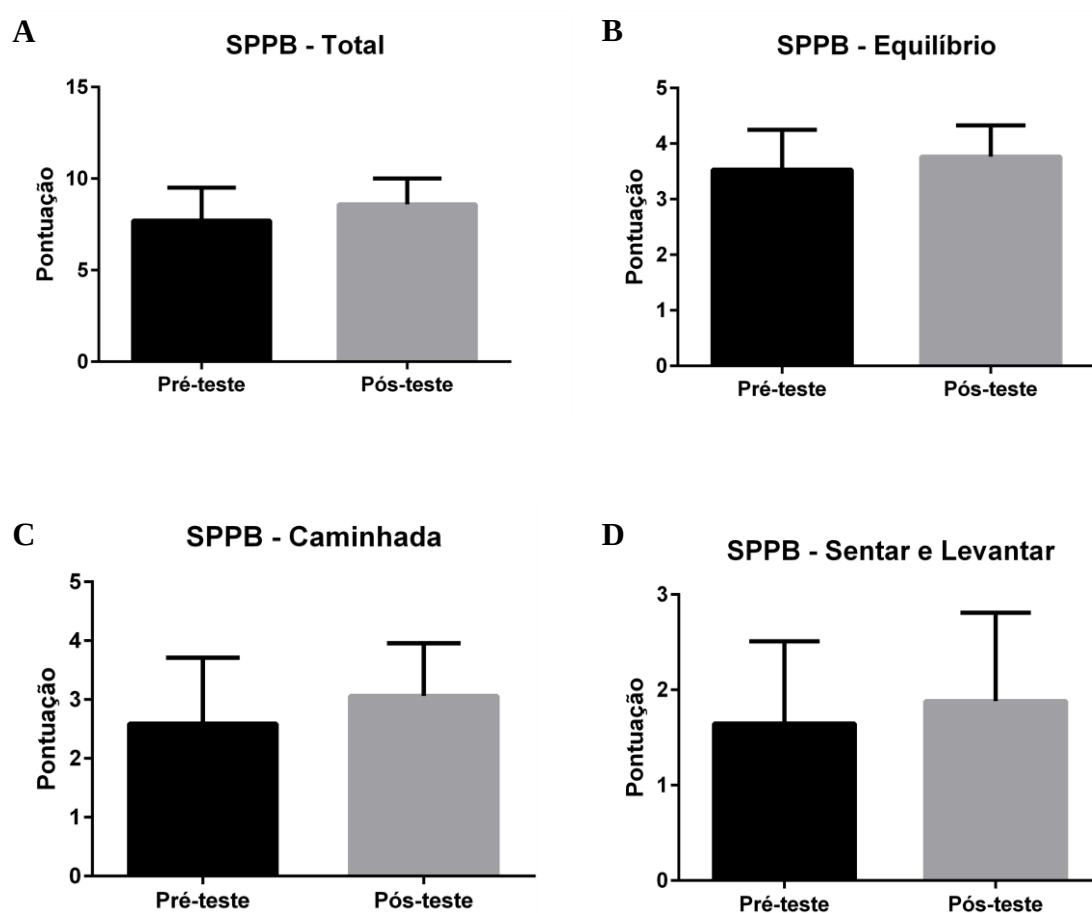
SPPB (Pontuação)	Pré-teste (Média ± DP)	Pós-teste (Média ± DP)	p-valor
SPPB (pontuação total)	7,70 ± 1,74	8,58 ± 1,37	0,1314
Equilíbrio	3,52 ± 0,69	3,76 ± 0,54	0,3438
Tempo de caminhada	2,58 ± 1,08	3,05 ± 0,87	0,1377
Sentar e levantar	1,64 ± 0,83	1,88 ± 0,89	0,6875

Legenda: DP – desvio padrão; SPPB – Short Physical Performance Battery;

Nota: A análise estatística do domínio de pontuação total foi realizada através do Teste -t pareado enquanto os domínios de equilíbrio, tempo de caminhada e sentar e levantar foram realizados através Teste Wilcoxon.

A figura 8 mostra a representação gráfica do resultado comparativo obtido na análise do SPPB.

Figura 8 - Representação gráfica entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas no SPPB



Legenda: (A) – Pontuação total da bateria incluindo os três testes de equilíbrio, caminhada de 3 metros e sentar e levantar; gráfico (B) – Pontuação obtida no teste de equilíbrio; gráfico (C) – Pontuação obtida no teste de caminhada de 3 metros; gráfico (D) – Pontuação obtida no teste de sentar e levantar.

Fonte: A autora, 2023.

A tabela 8 mostra o resultado comparativo em relação à análise dos tempos obtidos em segundos para a execução dos testes de caminhada de 3 metros e para o teste de sentar e levantar da cadeira. Houve uma redução estatisticamente significativa no teste de caminhada de 3 metros ($p = 0,0056$) indicando mais agilidade na execução dessa atividade enquanto o tempo de sentar e levantar da cadeira não obteve um resultado estatisticamente significativo apesar da redução na média de tempo para execução.

Tabela 8 - Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.

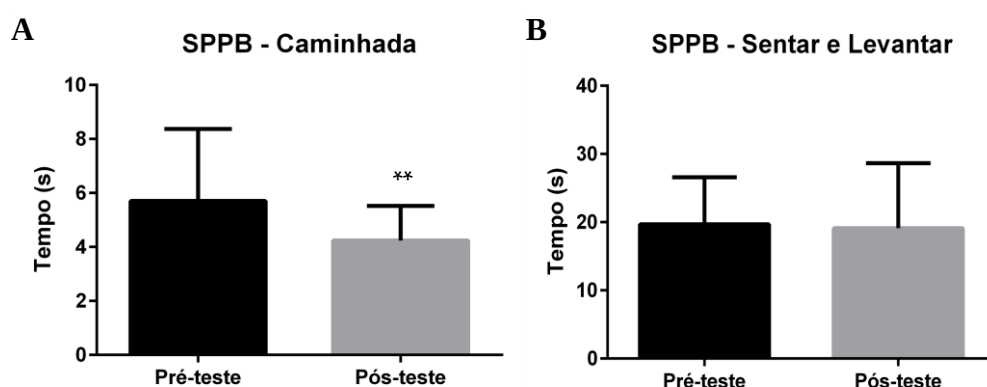
SPPB (Tempo em segundos)	Pré-teste (Média $\pm$ DP)	Pós-teste (Média $\pm$ DP)	<i>p</i> -valor
Tempo de caminhada (s)	5,70 $\pm$ 2,58	4,23 $\pm$ 1,24	0,0056**
Sentar e levantar (s)	19,68 $\pm$ 6,70	19,12 $\pm$ 9,25	0,5791

Legenda: DP – desvio padrão; SPPB –Short Physical Performance Battery; s– segundos;** $p \leq 0,01$.

Nota: A análise estatística foi realizada através do teste *Wilcoxon*.

A figura 9 mostra a representação gráfica do resultado comparativo dos tempos obtidos na realização da caminhada de 3 metros e no teste de sentar e levantar.

Figura 9 – Representação gráfica entre pré-teste e pós-teste dos tempos obtidos nos testes de caminhada de 3 metros e teste de sentar e levantar no SPPB.



Legenda: (A) – Tempo de realização no teste de caminhada de 3 metros; gráfico (B) – Tempo de realização no teste de sentar e levantar. **: $p \leq 0,01$; s: segundos.

Fonte: a autora, 2023.

A tabela 9 expõe os resultados comparativos da análise do questionário WOMAC em relação à pontuação total e a pontuação de seus domínios de dor, rigidez e função física. Houve uma redução estatisticamente significativa tanto nas médias de sua pontuação total quanto nas médias dos domínios de dor ($p < 0,0001$), rigidez ($p = 0,0308$) e função física ($p = 0,0147$) com p -valores estatisticamente significativos. A redução da pontuação nesse caso é um indicativo de redução de sintomas indicando melhora nos níveis de dor, rigidez e função física.

Tabela 9 - Resultado comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste

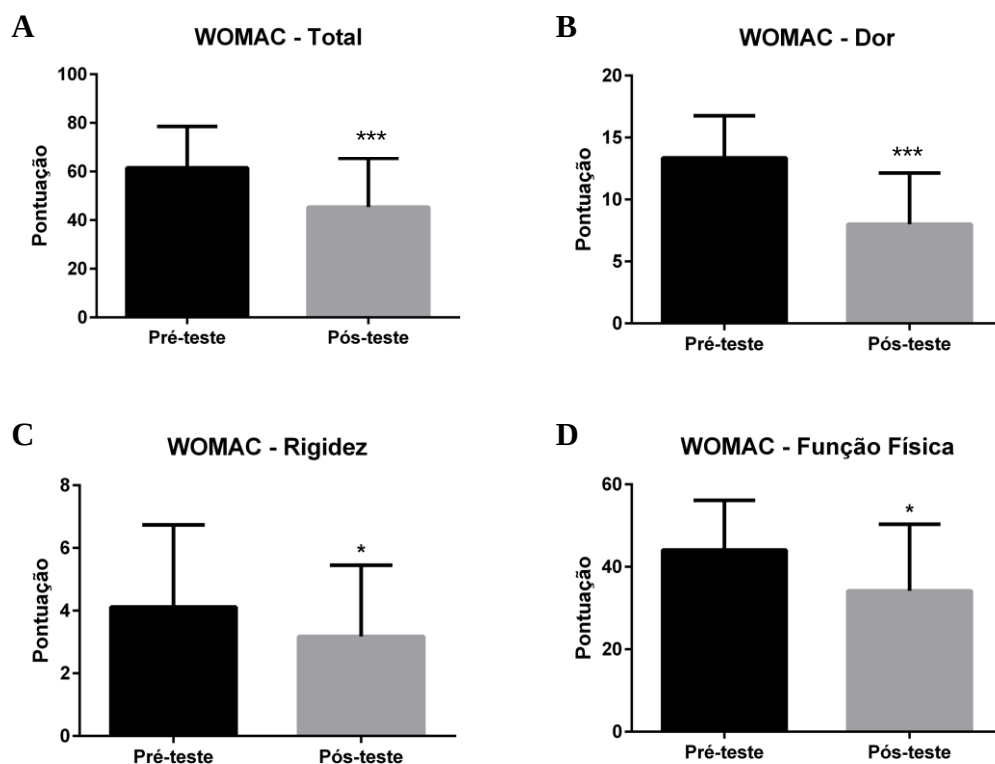
WOMAC	Pré-teste (Média ± DP)	Pós-teste (Média ± DP)	p -valor
WOMAC (pontuação total)	61,52 ± 16,49	45,35 ± 19,48	0,0010***
Dor	13,35 ± 3,30	8 ± 4,01	0,0001***
Rigidez	4,11 ± 2,54	3,17 ± 2,20	0,0308*
Função física	44,05 ± 11,70	34,17 ± 15,66	0,0147*

Legenda: DP – desvio padrão; WOMAC – Western Ontario e McMaster Universities Osteoarthritis Index; * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$.

Nota: A análise estatística foi realizada através do Teste-t pareado.

A figura 10 mostra a representação gráfica do resultado comparativo das variáveis analisadas através do questionário WOMAC.

Figura 10 - Representação entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas no WOMAC.



Legenda: Gráfico (A) - Pontuação total; gráfico (B) – Pontuação obtida no domínio de dor; gráfico (C) – Pontuação obtida no domínio de rigidez; gráfico (D) – Pontuação obtida no domínio de função física. * $p \leq 0,05$; *** $p \leq 0,001$.

Fonte: A autora, 2023.

A tabela 10 mostra o resultado comparativo dos valores do TUG teste entre o pré-teste e o pós-teste. Houve uma redução estatisticamente significativa ($p=0,050$) no seu tempo de realização indicando melhora da função física para a realização do mesmo.

Tabela 10: Resultados comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.

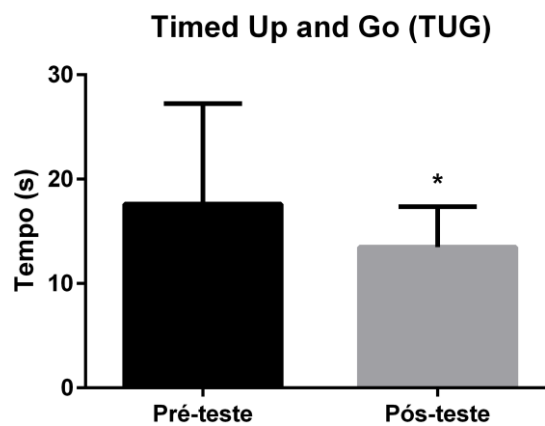
TUG Teste	Pré-teste (Média ± DP)	Pós-teste (Média ± DP)	<i>p</i> -valor
Tempo em segundos	17,61 ± 9,34	13,48 ± 3,75	0,050*

Legenda: DP – desvio padrão; TUG – Timed up and go; * $p \leq 0.05$.

Nota: A análise estatística foi realizada através do teste *Wilcoxon*.

A figura 11 mostra a representação gráfica do resultado comparativo do tempo obtido no TUG Teste.

Figura 11 – Representação entre pré-teste e pós-teste dos tempos obtidos no TUG teste.



Legenda: * $p \leq 0,05$; s: segundos.
Fonte: A autora, 2023.

A tabela 11 mostra os resultados comparativos dos domínios da variável de qualidade de vida representada através do SF-36. Houve um aumento das médias na pontuação total e nos domínios de capacidade funcional, aspectos físicos, estado geral de saúde, aspectos sociais e saúde mental porém não estatisticamente significativos. Diferente dos domínios de dor e vitalidade onde o aumento das médias das pontuações atingiu valores estatisticamente significativos com $p=0,0071$ e $p=0,0078$ respectivamente representando a melhora dos mesmos. Um único domínio da variável SF-36 relacionado a limitação por aspectos emocionais não obteve aumento das médias comparativas entre o pré-teste e o pós-teste.

Tabela 11: Resultados comparativo das variáveis coletadas no pré-teste e pós-teste.

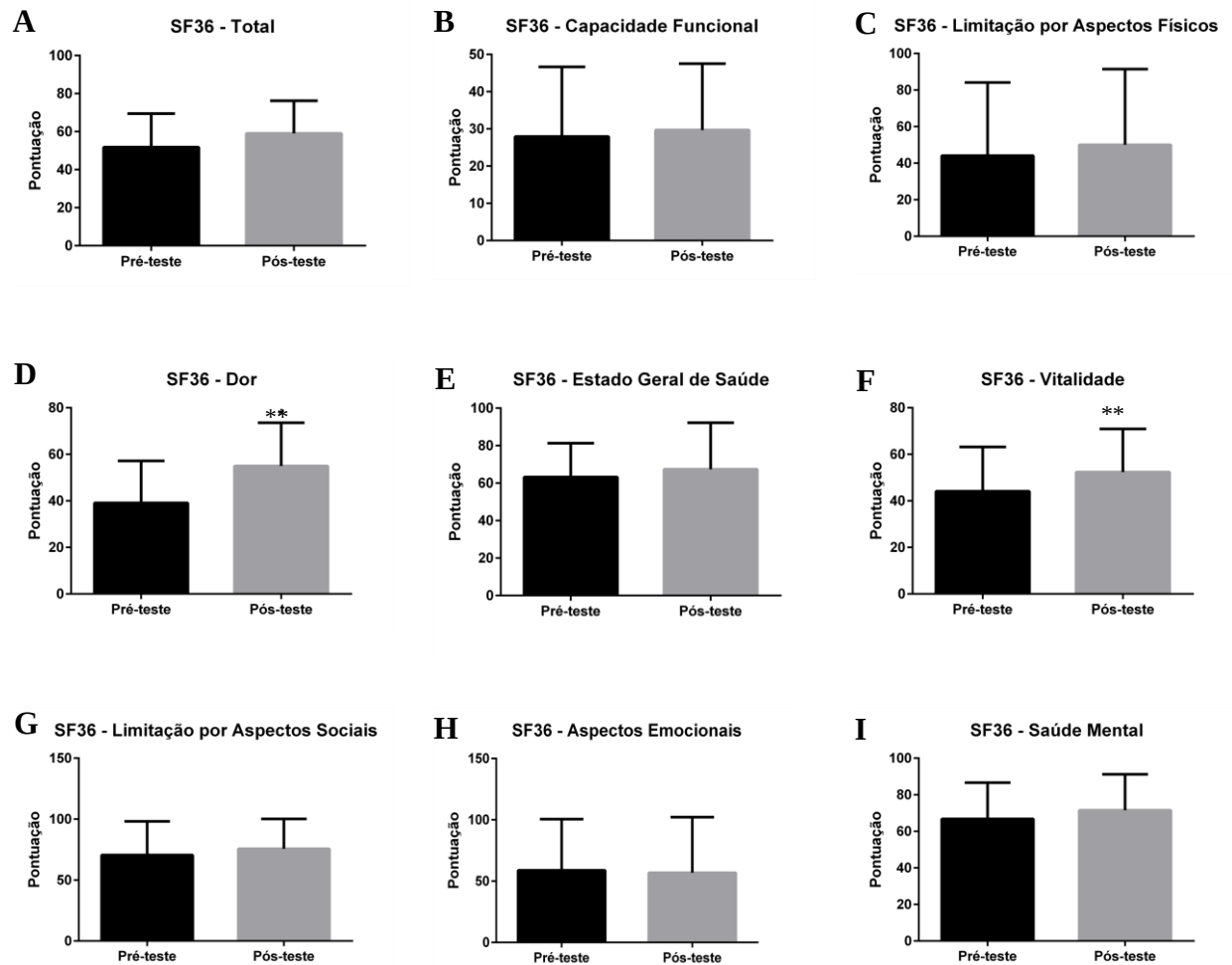
SF-36 (Pontuação)	Pré-teste (Média ± DP)	Pós-teste (Média ± DP)	p-valor
SF-36 (pontuação total)	51,83 ± 17,08	59,02 ± 16,55	0,0569
Capacidade funcional	27,94 ± 18,15	29,70 ± 17,27	0,6452
Aspectos físicos	44,11 ± 38,85	50,00 ± 40,21	0,5391
Dor	39,11 ± 17,50	54,94 ± 18,08	0,0071**
Estado Geral de Saúde	63,17 ± 17,56	67,41 ± 24,04	0,4234
Vitalidade	44,11 ± 18,48	52,35 ± 17,99	0,0078**
Aspectos Sociais	70,58 ± 26,75	75,73 ± 23,66	0,4063
Aspectos emocionais	58,80 ± 40,47	56,85 ± 43,93	0,9999
Saúde Mental	66,82 ± 19,19	71,52 ± 19,05	0,1453

Legenda: DP – desvio padrão; SF-36 – Short form – 36; ** $p \leq 0,01$.

Nota: na análise estatística, foi utilizado o Teste-t pareado para os domínios de capacidade funcional, dor e vitalidade. Nos domínios de pontuação total, aspectos físicos, estado geral de saúde, aspectos sociais, aspectos emocionais e saúde mental foi utilizado o teste *Wilcoxon*.

A figura 12 mostra a representação gráfica do resultado comparativo da variável SF – 36.

Figura 12 - Representação entre pré-teste e pós-teste das pontuações obtidas nos domínios do SF-36



Legenda: Gráfico (A) - Pontuação total; gráfico (B) – Domínio de capacidade funcional; gráfico (C) – Domínio de limitação por aspectos físicos; gráfico (D) – domínio de dor; gráfico (E) – Domínio de estado geral de saúde; gráfico (F) – Domínio de vitalidade; gráfico (G) – Domínio de limitação por aspectos sociais; gráfico (H) – Domínio de limitação por aspectos emocionais; gráfico (I) – Domínio de saúde mental; ** $p \leq 0,01$.

Fonte: A autora, 2023.

6 DISCUSSÃO

A apresentação de uma modalidade de exercício como a TVS que possibilite efeitos na qualidade de vida e função física além da redução de sintomas como dor e rigidez aos indivíduos portadores de OAJ principalmente em mulheres é fundamental no mundo científico. Quando em mulheres também acometidas pela obesidade, é vantajosa a aquisição desses efeitos através de um tratamento não farmacológico. Isso está relacionado com o fato da obesidade poder estar associada a outras comorbidades que demandem abordagem medicamentosa (69). A TVS sendo uma proposta de exercício segura e confortável pode aumentar a aderência ao exercício em indivíduos com obesidade e OAJ (45,70). O posicionamento sentado adotado neste estudo é pioneiro dentre os protocolos de TVS quando analisa de forma específica seus efeitos em mulheres portadoras de ambas as condições clínicas. O estudo realizado por Marchon *et al.*, 2020, concluiu que a postura sentada tem equivalência na transmissibilidade da vibração para joelhos quando comparada a postura de semi-agachamento (*squat*), sendo mais protetiva para a extremidade superior do corpo (71). Além disso, esse posicionamento visa reduzir a carga e o impacto sobre a articulação do joelho proporcionando conforto durante a intervenção.

Um estudo de Gaducci *et al.*, 2017, verificou associação entre massa de gordura de membros inferiores (MI) em indivíduos com obesidade e um reduzido torque de contração voluntária máxima para flexão e extensão de MI podendo indicar fadiga prévia da musculatura durante a atividade física e limitações funcionais nas atividades de vida diária (72). Sousa-Gonçalves *et al.*, 2019, relataram através de eletromiografia, a ativação do músculo vasto lateral do quadríceps em um protocolo de 5 semanas de vibração mecânica realizado em indivíduos com obesidade (73). Esse achado confirma a hipótese de que a TVS adotada aqui como protocolo pode ser um meio de ativação muscular e ganho de funcionalidade nestes indivíduos. Rafiq *et al.*, 2021, realizaram um estudo de 4 semanas utilizando um protocolo de fortalecimento muscular através de exercícios físicos de MI em indivíduos com obesidade e OAJ (74). Como resultado deste trabalho foi relatado uma redução estatisticamente significativa nos níveis de dor e rigidez através da escala WOMAC além de maior aderência e satisfação pessoal aos exercícios pelos indivíduos. O protocolo de TVS abordado aqui também utilizou o questionário WOMAC para

avaliação de dor, rigidez e função física com tempo de tratamento semelhante sendo obtido como resultado um desfecho equivalente na redução dos níveis de dor e rigidez além da melhora da função física demonstrados nos testes funcionais SPPB e TUG teste. Paineiras-domingos *et al.*, também analisaram a velocidade da marcha, equilíbrio e a função de sentar e levantar da cadeira após 10 sessões de TVS em indivíduos com síndrome metabólica, o que inclui indivíduos com obesidade, relatando melhora dos escores das variáveis analisadas (24).

Stania *et al.*, 2017, compararam 6 combinações de protocolo de TVS com diferentes variações de frequência e deslocamentos pico-a-pico durante 4 semanas de treinamento em homens saudáveis relatando um aumento da razão entre flexão e extensão dos músculos do joelho elucidando uma melhor performance muscular (44). O *guideline Ottawa Panel* de manejo clínico baseado em evidências de indivíduos com OAJ e obesidade ressalta os benefícios clínicos importantes como melhora do padrão funcional e redução de dor com resultados estatisticamente significativos representados no questionário WOMAC, utilizado em nosso estudo, com a introdução de exercícios físicos em indivíduos com essas condições clínicas (12).

O resultado apresentado em nosso estudo relacionado à redução do tempo de caminhada e do tempo de execução da tarefa de levantar-se de uma cadeira, caminhar e sentar-se novamente demonstrado através do SPPB e TUG teste respectivamente reflete a progressão em uma atividade de vida diária e indica melhora da marcha. Vários estudos têm enfatizado a consequência do elevado índice de massa corporal sobre a biomecânica da marcha, tanto pela redução de massa muscular e redução do torque de contração voluntária máxima quanto pela redução do momento de adução (9,42,72). Casilda-López *et al.*, 2017, analisaram o efeito de 8 semanas de exercícios aquáticos baseados em dança com 17 mulheres em período pós-menopausa apresentando obesidade e OAJ, constatando melhora do escore de função física no questionário WOMAC, se assemelhando dessa forma, ao nosso protocolo em relação ao número de mulheres do grupo intervenção e à ferramenta de avaliação utilizada (75).

Além de dor, função física e rigidez, um aspecto a ser analisado é o impacto sobre a qualidade de vida ocasionado pela OAJ juntamente com a obesidade. Fransen *et al.*, 2015 citam a redução da qualidade de vida em indivíduos com OAJ (76). A concomitância de OAJ e obesidade gera um ciclo de dor e inatividade física que acentua o comportamento sedentário e exacerba sintomas depressivos que são

frequentes nessas condições clínicas comprometendo a qualidade de vida (9). Tavares *et al.*, 2020, publicaram em seu estudo, como um dos preditores para a dor crônica em indivíduos com OAJ, um componente afetivo-emocional e cognitivo através da avaliação do questionário SF-12 (77). Bennel *et al.*, 2020, relataram a melhora da qualidade de vida em indivíduos com obesidade e OAJ após a realização de 12 semanas de exercícios, associando a essa melhora o fato da função física ter sido aprimorada, sendo dessa forma, um fator preponderante para o bem-estar (78).

Moura-Fernandes *et al.*, 2020, não encontraram diferenças nos domínios de qualidade de vida entre os participantes portadores de OAJ em um protocolo utilizando vibração mecânica e auriculoterapia por 5 semanas (79). Em contrapartida, Carvalho-Lima *et al.*, 2017, utilizando a mesma frequência como protocolo de TVS em indivíduos com síndrome metabólica encontrou melhora em alguns domínios do questionário de qualidade de vida WHOQOL-brief também após 5 semanas de estudo (80). Lim *et al.*, 2010, através de um programa de 8 semanas usando exercícios aquáticos avaliou os efeitos deste programa na qualidade de vida de homens e mulheres com IMC ≥ 25 kg/m² e não encontrou diferenças significativas nos componentes físico e mental através do SF-36 também utilizado neste protocolo (81). A análise da qualidade de vida em relação aos indivíduos com OAJ principalmente em mulheres têm sido pouco descrita nos estudos em TVS. Além disso as ferramentas para sua avaliação variam quanto aos questionários utilizados dificultando a comparação entre os estudos. Este protocolo utilizou o SF-36 obtendo valores significativos para dois dos domínios analisados sendo uma contrapartida para a continuidade da investigação da qualidade de vida como variável nesta população.

7 LIMITAÇÕES

O desenho de estudo no formato pré-teste e pós-teste em um grupo único exclui a comparação com um grupo controle tornando necessária futuramente a realização de um ensaio controlado para confirmação dos resultados. Entretanto, a coleta de dados foi realizada em um período de pandemia do novo coronavírus tornando um desafio tanto a aderência ao protocolo, quanto a manutenção do grupo amostral devido às comorbidades das participantes.

8 CONCLUSÃO

A TVS pode ser uma modalidade de tratamento não farmacológico para mulheres que apresentam OAJ e obesidade. A melhora da funcionalidade representada neste estudo através do tempo de caminhada e atividade de sentar-se e levantar-se de uma cadeira expressam a importância de almejar uma eficiência na realização de atividades de vida diária das mulheres acometidas por essas doenças limitantes. De semelhante forma, a redução obtida nos níveis de dor e rigidez dentro do quadro clínico da OAJ tornam a TVS um protocolo seguro, eficaz e com reduzido tempo de tratamento. Dessa forma, a TVS pode ser considerada uma modalidade de exercício, possibilitando maior aderência à uma atividade física e reduzindo o ciclo de dor-inatividade-dor, além de propiciar elementos para melhora da qualidade de vida em mulheres com OAJ e obesidade.

REFERÊNCIAS

1. Bannuru RR, Osani MC, Vaysbrot EE, Arden NK, Bennell K, Bierma-Zeinstra SMA, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil.* 2019;27(11):1578–89. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2019.06.011>
2. OARSI web. Osteoarthritis Research Society International (OARSI) . Accessed on November 2020 . <https://oarsi.org/>
3. McAlindon TE, Bannuru RR, Sullivan MC, Arden NK, Berenbaum F, Bierma-Zeinstra SM, et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil.* 2014;
4. Lespasio M. Knee Osteoarthritis: A Primer. *Perm J* [Internet]. 2017;21:1–7. Available from: <http://www.thepermanentejournal.org/issues/2017/6496-knee-osteoarthritis.html>
5. Aggarwal A, Paranjape PR, Palekar TJ, Singh G, Rao TS. Effect of whole body vibration on lower body strenght and Balance in Osteoarthritis Knee. *Int J Physiother.* 2020 Apr 1;7(2):86–92. <https://www.ijphy.org/index.php/journal/article/view/658>
6. Kolasinski SL, Neogi T, Hochberg MC, Oatis C, Guyatt G, Block J, et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Rheumatol* [Internet]. 2020 Feb 6;72(2):220–33. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/art.41142>
7. Roos EM, Arden NK. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol* [Internet]. 2016 Feb 6;12(2):92–101. <http://www.nature.com/articles/nrrheum.2015.135>
8. Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG, Renner JB, Tudor G, Koch G, et al. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* 2008 Sep 15;59(9):1207–13.
9. Yázigi F, Espanha M, Marques A, Teles J, Teixeira P. Predictors of walking capacity in obese adults with knee osteoarthritis. *Acta Reumatol Port .* 2018;43(4):256–63. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641533>
10. Regnaud JP, Lefevre-Colau MM, Trinquart L, Nguyen C, Boutron I, Brosseau L, et al. High-intensity versus low-intensity physical activity or exercise in people

- with hip or knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(10).
11. Riebe, Debora; Ehrman, Jonathan; Liguori GMM. American College of Sports Medicine's Guidelines for exercise testing and prescription. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2018.
 12. Brosseau L, Wells GA, Tugwell P, Egan M, Dubouloz CJ, Casimiro L, et al. Ottawa Panel evidence-based clinical practice guidelines for the management of osteoarthritis in adults who are obese or overweight. *Phys Ther*. 2011;91(6):843–61.
 13. Alrushud AS, Rushton AB, Bhogal G, Pressdee F, Greig CA. Effect of a combined programme of dietary restriction and physical activity on the physical function and body composition of obese middle-aged and older adults with knee OA (DRPA): Protocol for a feasibility study. *BMJ Open*. 2018;8(12).
 14. Bergmann G, Kutzner I, Bender A, Dymke J, Trepczynski A, Duda GN, et al. Loading of the hip and knee joints during whole body vibration training. Di Giminiani R, editor. *PLoS One*. 2018 Dec 12;13(12):e0207014. <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0207014>
 15. Carvalho-lima RP, Sá-caputo DC, Moreira-marconi E, Paineiras-domingos LL, Sousa-gonçalves CR, Soares D, et al. BODY VIBRATION EXERCISES Corresponding Author Email : rafaellepacheco@bol.com.br. 2017;14:59–65.
 16. Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, Felsenberg D, et al. Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact* . 2010 Sep;10(3):193–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20811143>
 17. Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol* . 2010 Mar 12;108(5):877–904. <http://link.springer.com/10.1007/s00421-009-1303-3>
 18. Cochrane DJ, North P, Zealand N. Vibration Exercise : The Potential Benefits. 2011;75–99.
 19. Oroszi T, van Heuvelen MJG, Nyakas C, van der Zee EA. Vibration detection: its function and recent advances in medical applications. *F1000Research*. 2020 Jun 17;9:619.<https://f1000research.com/articles/9-619/v1>
 20. Beck BR. Vibration Therapy to Prevent Bone Loss and Falls: Mechanisms and Efficacy. *Curr Osteoporos Rep*. 2015;13(6):381–9.

21. Milanese C, Cavedon V, Sandri M, Tam E, Piscitelli F, Boschi F, et al. Metabolic effect of bodyweight whole-body vibration in a 20-min exercise session: A crossover study using verified vibration stimulus. *PLoS One* . 2018;13(1):1–17. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0192046>
22. Sousa-Gonçalves CR, Paineiras-Domingos LL, Teixeira-Silva Y, Amadeu T, da Silva Lírio AP, Francisca-Santos A, et al. Evaluation of whole-body vibration exercise on neuromuscular activation through electromyographic pattern of vastus lateralis muscle and on range of motion of knees in metabolic syndrome: A quasi-randomized cross-over controlled trial. *Appl Sci*. 2019;9(23).
23. Moreira-Marconi E, Teixeira-Silva Y, de Meirelles AG, Moura-Fernandes MC, Lopes-Souza P, Reis-Silva A, et al. Effect of whole-body vibration on the functional responses of the patients with knee osteoarthritis by the electromyographic profile of the vastus lateralis muscles during the five-repetition chair stand test: A randomized crossover trial. *Appl Sci*. 2020 Jun 1;10(12).
24. Paineiras-Domingos LL, da Cunha Sá-Caputo D, Reis AS, Francisca Santos A, Sousa-Gonçalves CR, dos Anjos EM, et al. Assessment Through the Short Physical Performance Battery of the Functionality in Individuals With Metabolic Syndrome Exposed to Whole-Body Vibration Exercises. *Dose-Response* . 2018 Jul 4;16(3):155932581879453. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1559325818794530>
25. Sá-Caputo D, Paineiras-Domingos LL, Francisca-Santos A, Dos Anjos EM, Reis AS, Neves MFT, et al. Whole-body vibration improves the functional parameters of individuals with metabolic syndrome: An exploratory study. *BMC Endocr Disord*. 2019;19(1):1–10.
26. Bonanni R, Cariatì I, Romagnoli C, D’Arcangelo G, Annino G, Tancredi V. Whole Body Vibration: A Valid Alternative Strategy to Exercise? *J Funct Morphol Kinesiol*. 2022;7(4):99.
27. Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: Are vibrations good for you? *Br J Sports Med*. 2005;39(9):585–9.
28. Rittweger J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):877–904.
29. Gustafson, Jonathan A; Gorman, Shannon; Fitzgerald, G Kelley; Farrokhi S. Alterations in walking knee joint stiffness in individuals with knee osteoarthritis

- and self-reported knee instability. *Gait Posture*. 2016;43(1):210–5.
30. Amis AA. Anterolateral knee biomechanics. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;25(4):1015–23.
 31. Abid M, Mezghani N, Mitiche A. Knee joint biomechanical gait data classification for knee pathology assessment: A literature review. *Appl Bionics Biomech*. 2019;2019.
 32. Zhang L, Liu G, Han B, Wang Z, Yan Y, Ma J, et al. Knee Joint Biomechanics in Physiological Conditions and How Pathologies Can Affect It: A Systematic Review. *Appl Bionics Biomech*. 2020;2020.
 33. Zeng CY, Zhang ZR, Tang ZM, Hua FZ. Benefits and Mechanisms of Exercise Training for Knee Osteoarthritis. *Front Physiol*. 2021;12(December).
 34. Chacur EP, Fidale TM, Limongi JE, Diniz FL, Filho DMP, Mello L da S, et al. Association between obesity and knee osteoarthritis in users of Brazilian unified national health system. *Biosci J*. 2020;36(3):1066–75.
 35. Zhang X, Pan X, Deng L, Fu W. Relationship between knee muscle strength and fat/muscle mass in elderly women with knee osteoarthritis based on dual-energy x-ray absorptiometry. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(2).
 36. Caiado VS, Santos ACG, Moreira-Marconi E, Moura-Fernandes MC, Seixas A, Taia R, et al. Effects of Physical Exercises Alone on the Functional Capacity of Individuals with Obesity and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Biology (Basel)*. 2022;11(10):1–18.
 37. OMS. OMS. Accessed on November, 2020 . https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1
 38. Bray GA, Heisel WE, Afshin A, Jensen MD, Dietz WH, Long M, et al. The Science of Obesity Management: An Endocrine Society Scientific Statement. 2018 . Accessed on October, 2022; <https://academic.oup.com/edrv>
 39. WHO. WHO European Regional Obesity Report 2022. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 2022.
 40. Zhao Y, Li Y, Qu R, Chen X, Wang W, Qiu C, et al. Cortistatin binds to TNF- α receptors and protects against osteoarthritis. *EBioMedicine*. 2019;41:556–70. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.02.035>
 41. Aaboe J, Bliddal H, Messier SP, Alkjær T, Henriksen M. Effects of an intensive weight loss program on knee joint loading in obese adults with knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil* [Internet]. 2011;19(7):822–8.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2011.03.006>
42. Harding GT, Hubley-Kozey CL, Dunbar MJ, Stanish WD, Astephen Wilson JL. Body mass index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee osteoarthritis. *Osteoarthr Cartil* [Internet]. 2012;20(11):1234–42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2012.08.004>
 43. Lai Z, Lee S, Hu X, Wang L. Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2019;19(3):333–41.
 44. Stania M, Król P, Sobota G, Polak A, Bacik B, Juras G. The effect of the training with the different combinations of frequency and peak-to-peak vibration displacement of whole-body vibration on the strength of knee flexors and extensors. *Biol Sport*. 2017;34(2):127–36.
 45. Zago M, Capodaglio P, Ferrario C, Tarabini M, Galli M. Whole-body vibration training in obese subjects: A systematic review. Rogan S, editor. *PLoS One* . 2018 Sep 5;13(9):e0202866. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0202866>
 46. Chanou K, Gerodimos V, Karatrantou K, Jamurtas A. Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: A review of the literature. *J Sport Sci Med*. 2012;11(2):187–200.
 47. Regterschot GRH, Van Heuvelen MJG, Zeinstra EB, Fuermaier ABM, Tucha L, Koerts J, et al. Whole body vibration improves cognition in healthy young adults. *PLoS One*. 2014;9(6).
 48. Jamal A, Ahmad I, Ahamed N, Azharuddin M, Alam F, Hussain ME. Whole body vibration showed beneficial effect on pain, balance measures and quality of life in painful diabetic peripheral neuropathy: a randomized controlled trial. *J Diabetes Metab Disord*. 2020;19(1):61–9.
 49. Camacho-Cardenosa M, Camacho-Cardenosa A, Burtcher M, Brazo-Sayavera J, Tomas-Carus P, Olcina G, et al. Effects of whole-body vibration training combined with cyclic hypoxia on bone mineral density in elderly people. *Front Physiol*. 2019;10(AUG):1–11.
 50. Arauz YLA, , Ahuja, Gargi, Kamsma YPT, , KortholtArjan, Van der Zee EA, and van Heuvelen MJG. Potential of Whole-Body Vibration in Parkinson ' s Disease : and Animal Studies. 2022;11:1–34.
 51. Kerr N, Sanchez J, Moreno WJ, Furones-Alonso OE, Dietrich WD, Bramlett HM, et al. Post-stroke low-frequency whole-body vibration improves cognition in

- middle-aged rats of both sexes. *Front Aging Neurosci.* 2022;14(August):1–13.
52. Saquetto MB, Pereira FF, Queiroz RS, da Silva CM, Conceição CS, Gomes Neto M. Effects of whole-body vibration on muscle strength, bone mineral content and density, and balance and body composition of children and adolescents with Down syndrome: a systematic review. *Osteoporos Int.* 2018;29(3):527–33.
 53. Gloeckl R, Schneeberger T, Leidl D, Reinold T, Nell C, Jarosch I, et al. Whole-body vibration training versus conventional balance training in patients with severe COPD—a randomized, controlled trial. *Respir Res*; 2021;22(1):1–10. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01688-x>
 54. Azeredo CF, de Paiva P de C, Azeredo L, da Silva AR, Francisca-Santos A, Paineiras-Domingos LL, et al. Effects of whole-body vibration exercises on parameters related to the sleep quality in metabolic syndrome individuals: A clinical trial study. *Appl Sci.* 2019;9(23).
 55. Van Heuvelen MJG, Rittweger J, Judex S, Sañudo B, Seixas A, Fuermaier ABM, et al. Reporting guidelines for whole-body vibration studies in humans, animals and cell cultures: A consensus statement from an international group of experts. *Biology (Basel).* 2021;10(10).
 56. Mahns DA, Perkins NM, Sahai V, Robinson L, Rowe MJ. Vibrotactile frequency discrimination in human hairy skin. *J Neurophysiol.* 2006;95(3):1442–50.
 57. Piccinin MA, Miao JH SJ. Histology, Meissner Corpuscle. In: StatPearls [Internet] Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan– PMID: 30085522. 2022.
 58. Taneda M, Pompeu JE. Fisiologia e importância do órgão tendinoso de Golgi no controle motor normal. *Rev Neurociências.* 2019;14(1):37–42.
 59. Melzack R WP. Pain mechanisms: a new theory. *Science (80-).* 1965;150:971–9.
 60. Erdfelder E, Faul F, Buchner A. GPOWER: A general power analysis program. *Behav Res Methods, Instruments, Comput.* 1996;28(1):1–11.
 61. Mahmoud WS, Elnaggar RK, Ahmed AS. Influence of Isometric Exercise Training on Quadriceps Muscle Architecture and Strength in Obese Subjects with Knee Osteoarthritis. *www.ijmrhs.com Int J Med Res Heal Sci*; 2017;6(3):1–9. www.ijmrhs.com
 62. Kijowski R, Blankenbaker D, Stanton P, Fine J, De Smet A. Arthroscopic Validation of Radiographic Grading Scales of Osteoarthritis of the Tibiofemoral Joint. *Am J Roentgenol.* 2006 Sep;187(3):794–9.

- <http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.05.1123>
63. Fernandes MI. Translation and validation of the specific quality of life questionnaire for osteoarthritis WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) for portuguese language. 2002;101. Av <http://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/19401/Tese-7891.pdf;jsessionid=F71B188BDB5F24C7257B254678F9CB66?sequence=1>
 64. Laguardia J, Campos MR, Travassos C, Najar AL, Anjos LA dos, Vasconcellos MM. Brazilian normative data for the Short Form 36 questionnaire, version 2. *Rev Bras Epidemiol.* 2013;16(4):889–97.
 65. Fukui K, Maeda N, Komiya M, Sasadai J, Tashiro T, Yoshimi M, et al. The relationship between modified short physical performance battery and falls: A cross-sectional study of older outpatients. *Geriatr.* 2021;6(4).
 66. Cabral ALL. Tradução e validação do teste Timed Up & Go e sua correlação com diferentes alturas da cadeira. 2011;100.
 67. Lorenzoni G, Azzolina D, Soriani N, Gregori D. Evaluating therapeutic effect on WOMAC subscales in osteoarthritis RCTs: When model choice matters. *J Eval Clin Pract.* 2018 Feb 20;24(1):89–96. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jep.12729>
 68. Larsson BAM, Johansson L, Johansson H, Axelsson KF, Harvey N, Vandenput L, et al. The timed up and go test predicts fracture risk in older women independently of clinical risk factors and bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2021;32(1):75–84.
 69. Borgeraas H, Barstad LH, Størdal Lund R, Fredheim JM, Hertel JK, Hjelmæsæth J. Association of time of obesity onset with comorbidities in treatment-seeking men and women with severe obesity. *Obes Sci Pract.* 2018;4(5):427–36.
 70. Rigamonti AE, Haenelt M, Bidlingmaier M, De Col A, Tamini S, Tringali G, et al. Obese adolescents exhibit a constant ratio of GH isoforms after whole body vibration and maximal voluntary contractions. *BMC Endocr Disord.* 2018;18(1):1–7.
 71. Marchon RM. Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais. Universidade do Estado do rio de Janeiro; 2020.
 72. Gadducci AV, De Cleve R, De Faria Santarém GC, Santos Silva PR, D'Andréa Greve JM, Santo MA. Muscle strength and body composition in severe obesity.

- Clinics. 2017;72(5):272–5.
73. Sousa-Gonçalves CR, Tringali G, Tamini S, De Micheli R, Soranna D, Taiar R, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration Alone or in Combination With Maximal Voluntary Contractions on Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Obese Male Adolescents. Dose-Response [Internet]. 2019 Oct 1;17(4):155932581989049. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1559325819890492>
 74. Rafiq MT, Hamid MSA, Hafiz E. Short-Term Effects of Strengthening Exercises of the Lower Limb Rehabilitation Protocol on Pain, Stiffness, Physical Function, and Body Mass Index among Knee Osteoarthritis Participants Who Were Overweight or Obese: A Clinical Trial. *Sci World J*. 2021;2021.
 75. Casilda-López J, Valenza MC, Cabrera-Martos I, Díaz-Pelegrina A, Moreno-Ramírez MP, Valenza-Demet G. Effects of a dance-based aquatic exercise program in obese postmenopausal women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Menopause*. 2017;24(7):768–73.
 76. Fransen M, Mcconnell S, Harmer AR, Van der Esch M, Simic M, Bennell KL. Exercise for osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;2015(1).
 77. Tavares DRB, Moça Trevisani VF, Frazao Okazaki JE, Valéria de Andrade Santana M, Pereira Nunes Pinto AC, Tutiya KK, et al. Risk factors of pain, physical function, and health-related quality of life in elderly people with knee osteoarthritis: A cross-sectional study. *Heliyon*. 2020 Dec 1;6(12):e05723.
 78. Bennell KL, Nelligan RK, Kimp AJ, Schwartz S, Kasza J, Wrigley T V., et al. What type of exercise is most effective for people with knee osteoarthritis and co-morbid obesity?: The TARGET randomized controlled trial. *Osteoarthr Cartil* . 2020;28(6):755–65. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.02.838>
 79. Moura-Fernandes MC, Moreira-Marconi E, de Meirelles AG, de Oliveira APF, Silva AR, de Souza LFF, et al. Effect of the combined intervention with passive whole-body vibration and auriculotherapy on the quality of life of individuals with knee osteoarthritis assessed by the whoqol-bref: A multi-arm clinical trial. *Appl Sci*. 2020;10(6).
 80. Carvalho-Lima RP, Sá-Caputo DC, Moreira-Marcon E, Dionello C, Paineiras-Domingos LL, Sousa-Gonçalves CR, et al. QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME IS IMPROVED AFTER WHOLE BODY

VIBRATION EXERCISES. *African J Tradit Complement Altern Med*. 2017 Aug 7;14(4S):59–65.

<http://journals.sfu.ca/africanem/index.php/ajtcam/article/view/4825/3010>

81. Lim JY, Tchai E, Jang SN. Effectiveness of Aquatic Exercise for Obese Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *PM R*. 2010;2(8):723–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.04.004>

ANEXO A - Aprovação do Comitê de Ética.




World Health Organization

International Clinical Trials Registry Platform

Search Portal

Home Advanced Search List By ▶ Search Tips UTN ▶ ICTRP website ▶ REGTRAC Contact us

Main

Note: This record shows only 22 elements of the WHO Trial Registration Data Set. To view changes that have been made to the source record, or for additional information about this trial, click on the URL below to go to the source record in the primary register.

Register: REBEC
Last refreshed on: 21 April 2020
Main ID: RBR-7dfwct
Date of registration: 02/08/2018
Prospective Registration: No
Primary sponsor: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Public title: The effect of auriculotherapy and mechanical vibrations generated on oscillating vibratory platform in individuals Knee arthrosis
Scientific title: Research on the effect of a procedure involving the association one of the Integrative and Complementary Practices (auriculotherapy) in the "Sistema Único de Saúde" and the mechanical vibrations generated in oscillating/vibratory platform in the management of individuals with a chronic non-communicable disease (Gonarthrosis)
Date of first enrolment: 05/10/2013
Target sample size: 200
Recruitment status: Recruiting
URL: <http://www.ensaioclinicos.gov.br/rg/RBR-7dfwct/>
Study type: Intervention
Study design: Randomized clinical trial, parallel, triple blind, 4-arm
Phase: N/A
Countries of recruitment
 Brazil
Contacts

Name: Mario Bernardo-Filho	Name: Eloá Moreira-Marconi
Address: Boulevard 28 de setembro, 87, fundos, 4º andar, Vila Isabel 20551-031 Rio de Janeiro Brazil	Address: Boulevard 28 de setembro, 87, fundos, 4º andar, Vila Isabel 20551-031 Rio de Janeiro Brazil
Telephone: 55-21-28688332	Telephone: 55-21-28688332
Email: bernardofilho@gmail.com	Email: eloamarconi@gmail.com
Affiliation: Universidade do Estado do Rio de Janeiro	Affiliation: Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Key inclusion & exclusion criteria

Inclusion criteria: Individuals over 18 years of age with Knee osteoarthritis or healthy (no chronic diseases or lesions in lower limbs).

Exclusion criteria: individuals who are taking viscosupplementation and / or corticoids less than 12 months old; individuals currently in another rehabilitation program; individuals with clinical manifestations that did not allow the accomplishment of exercises; individuals with presence of cardiac pacemaker; individuals with recent surgeries in the lower limbs (1 year), individuals with hip or bilateral knee arthroplasty, individuals with rheumatoid arthritis and / or spinal arthrodesis; individuals who refused to sign the Informed Consent Term (TCLE).

Age minimum: 18

Age maximum: 90

Gender: -

Health Condition(s) or Problem(s) studied

Gonarthrosis [arthrosis of knee]

Gonarthrosis, knee Joint Diseases,
Joint Diseases

Gonarthrosis [arthrosis of knee]

Joint Diseases

M00-M99

Intervention(s)

Auriculotherapy

Effects of vibration

Exercise Therapy

Other

Physical and Rehabilitation Medicine

Vibration

Whole body vibration exercise (WBVE), Auriculotherapy, auriculotherapy association with WBVE, placebo control.

Whole body vibration exercise protocol:

There will be 10 sessions, 02 times per week, totaling 05 weeks of protocol. The oscillating/vibrating platform (OVP) used is of the alternating type.

In order to obtain adequate chair height and knee flexion in the sitting posture, an initial study will be performed using a digital accelerometer. Individuals will be guided by the evaluators, to sit in a chair, with their feet propped at the base of the OVP, arms outstretched and hands on their knees. The base of the OVP will be previously marked in 3 positions for placing the feet of the participants. These positions correspond to 3 different peak-to-peak displacements (D) (Position 1 - D = 2.5 mm, position 2 - D = 5 mm and position 3 - D = 7.5 mm). The frequency will vary from 5 to 14 Hz. The total intervention time will be 11 min divided into 3 sets of 3 minutes with 1 minute rest between them. An opaque board shall be attached to the OVP display so that the participant does not identify the time and frequency used. The Evaluator will follow all procedures and will guide the participant to report any discomfort that occurs during the WBVE. In the event of any discomfort or discomfort on the part of the participant, the procedure will be automatically terminated.

Protocol of auriculoterapia:

A tape with two seeds will be placed on the points to be stimulated in both ears (Knee, Kidney and Shenmen point).

The tapes will be changed once a week. All participants will be asked to stimulate points at least 3 times a day.

a) Control Group placebo (GC)(n=50):

Seedless tapes will be affixed on the same points as the treatment protocol. The participant will

Primary Outcome(s)

Decreased pain level; verified through visual analogue scale (VAS); At least a 20% reduction in pain level is expected.

Improvement of postural control, mobility and balance; verified through the

Time Up and Go Test (TUG);

a reduction in test run time of at least 5% between pre- and post-intervention is expected, and maintenance of follow-up improvement (7 and 14 days after the last session) is expected.

Secondary Outcome(s)

Analysis of the response of the organism to the interventions; verified through changes in blood parameters; it is hoped to analyze the changes to understand the physiological effect of whole-body vibration exercises between pre and post intervention.

Change in the temperature of the skin of the lower limbs; measured by a thermomagnetic camera; it is expected to analyze changes in skin temperature during whole body vibration exercises to understand the effect of mechanical vibrations on the body.

Decreased "fear of falling"; verified through the Falls Efficacy Scale (FES-I) questionnaire; an improvement of at least 5% between pre- and post-intervention is expected, and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Improved flexibility; through anterior trunk flexion; it is expected to decrease the distance between the middle finger and the floor by at least 5% between pre and post intervention and maintenance of improvement at follow up (7 and 14

days after the last session).

Improvement in sleep quality; verified by the Pittsburgh Sleep Quality Index and Epworth Sleepiness Scale; an improvement of at least 5% between pre- and post-intervention is expected, and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Improvement of body composition; verified through bioimpedance; an improvement of at least 5% between pre- and post-intervention is expected, and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Improvement of the knee range of motion, measured bilaterally with a digital Goniometer; angulation of active knee flexion is expected to increase by at least 5% between pre and post intervention and maintenance of improvement at follow up (7 and 14 days after the last session).

Improvement of the quality of life; verified by means of the Western Ontario and McMaster Universities questionnaires Osteoarthritis Index of Osteoarthritis (WOMAC), Medical Outcomes Study 36 - Item Short-Form Health Survey (SF-36) and Knee Injury Osteoarthritis Outcome Score - KOOS; an improvement of at least 15% between pre- and post-intervention and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Improvement of the recruitment of muscle fibers of the lower limbs; verified by electromyographic tracing of the medial, anterior tibial, and vastus lateralis (bilateral, medial gastrocnemius muscles; an improvement of at least 5% between pre- and post-intervention is expected and maintenance of improvement at follow up (7 and 14 days after the last session).

Increased functional capacity of lower limbs; verified through the Lequesne Index, Lysholm knee Scoring Scale and Short Physical Performance Battery (SPPB); an improvement of at least 5% between pre- and post-intervention is expected, and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Increased handgrip strength (HS); verified through the Manual Strength Dynamometer; a HS increase of at least 10% between pre- and post-intervention and maintenance of improvement at follow-up (7 and 14 days after the last session) is expected.

Secondary ID(s)

número do CAAE: 19826413.8.0000.5259

Número do Parecer do CEP: 2.528.890

Source(s) of Monetary Support

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brazil

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ - RJ, Brazil

Secondary Sponsor(s)

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Ethics review

Status:

Approval date:

Contact:

Results

Results available:

Date Posted:

Date Completed:

URL:

Disclaimer: Trials posted on this search portal are not endorsed by WHO, but are provided as a service to our users. In no event shall the World Health Organization be liable for any damages arising from the use of the information linked to in this section. None of the information obtained through use of the search portal should in any way be used in clinical care without consulting a physician or licensed health professional. WHO is not responsible for the accuracy, completeness and/or use made of the content displayed for any trial record.

ANEXO B – Termo de consentimento livre e esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

() SMet/Obesidade () OAJ () DPOC () _____

PROJETO DE PESQUISA: Avaliação dos efeitos da vibração mecânica (em exercícios de vibração de corpo inteiro ou em atividades laborais), de outras modalidades de exercício e/ou das práticas integrativas e complementares em indivíduos com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis

Projeto de Pesquisa da Policlínica Piquet Carneiro. LAVIMPI – Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas

Investigador principal: Prof. Dr. Mario Bernardo-Filho.

Instituição: Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Policlínica Piquet Carneiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

O(a) senhor(a) está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa. Antes de decidir participar, é importante que entenda o objetivo da pesquisa, quais os passos do estudo, os benefícios, riscos e desconfortos que podem lhe causar. Leia com calma as informações abaixo e esclareça suas dúvidas.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO E OBJETIVOS: Os exercícios de vibração de corpo inteiro são produzidos em um indivíduo que está em contato direto com as vibrações geradas em plataforma vibratória. As vibrações mecânicas também podem estar presentes na atividade laboral (como motoristas de ônibus). As práticas integrativas e complementares são intervenções não-farmacológicas que buscam o equilíbrio das funções do organismo para a prevenção ou o tratamento de diversas condições clínicas. O objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos das vibrações mecânicas geradas em plataforma vibratória e das práticas integrativas e complementares (de forma associada ou não) através da análise de parâmetros clínicos, metabólicos, funcionais e de qualidade de vida em pessoas com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis; assim como avaliar a transmissibilidade da vibração mecânica em indivíduos durante suas atividades laborais e seu efeito no corpo humano.

CUSTOS, NÃO REMUNERAÇÃO E COMPENSAÇÃO: Sua participação não terá nenhum custo monetário adicional. Somente serão coletados dados a partir de seus registros clínicos relacionados com os procedimentos dessa pesquisa. Sua participação neste estudo não será remunerada.

RISCOS E BENEFÍCIOS: Os procedimentos nesse estudo não são invasivos, exceto a coleta de sangue que poderá causar eventual hematoma. Poderá haver constrangimento ao responder algum item do questionário. Será beneficiado com informações sobre sua saúde.

CONFIDENCIALIDADE: As informações desse estudo são confidenciais e permanecerão sob sigilo.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA: Sua participação é voluntária. Caso decida participar, receberá este termo de consentimento para assinar em duas vias, uma ficará com o(a) senhor(a) e outra com o pesquisador. Terá liberdade de deixar o estudo a qualquer momento. Caso recuse participar, não será penalizado de nenhuma forma e sua decisão não prejudicará qualquer cuidado médico ao qual tem direito.

OUTRAS INFORMAÇÕES IMPORTANTES: O Investigador principal deste estudo poderá ser encontrado na Policlínica Piquet Carneiro, Av. Marechal Rondon 381 (LAVIMPI – Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas) e pelo telefone (21) 23342367. Se houver dúvidas em relação aos direitos como participante da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto, na Av. 28 de Setembro, 77 – Térreo e no telefone (21)2868-8253.

Eu li, ou leram para mim, o termo de consentimento livre e esclarecido para esse estudo. Recebi todas as explicações sobre a natureza, objetivo e duração deste estudo. As minhas perguntas foram respondidas satisfatoriamente.

1) Concordo em participar desse estudo no grupo de pesquisa envolvendo

() Vibração mecânica, gerada em plataforma vibratória (exercício de vibração de corpo inteiro)

() Práticas integrativas e complementares. Qual(is): _____

() Transmissibilidade da vibração mecânica durante atividade laboral

2) Entendo que minha participação no estudo é voluntária e que posso me recusar a participar ou posso sair do estudo a qualquer momento. Caso eu recuse participar desse estudo, não serei penalizado de nenhuma forma e minha decisão não prejudicará qualquer cuidado médico ao qual tenho direito.

Nome do participante: _____ Data: ____/____/____

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Nome da testemunha: _____ Data: ____/____/____

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Nome da pessoa que apresentou o TCLE: _____ Data: ____/____/____

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

ANEXO C – Formulário de anamnese



Nome: _____ Grupo: _____ Idade: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____ CPF: _____ CI: _____ Órgão: _____
 Endereço: _____ Cep: _____
 Tel Fixo: () _____ Tel Celular: () _____ E-mail: _____

Crítérios de exclusão:

- ☐ Participantes em outro programa de reabilitação.
☐ Cirurgia ortopédica em membros inferiores (último 1 ano).
☐ Artroplastia de quadril ou bilateral de joelho, artrite reumatóide e/ou artrodese de coluna.
☐ A critério do avaliador. Motivo: _____

Comorbidades existentes:

Comorbidades	Não	Sim	Observações
Hipertensão Arterial			
Diabetes Mellitus tipo 1			
Diabetes Mellitus tipo 2			
Doença Renal			
Hipertireoidismo			
Hipotireoidismo			
Trombose Venosa Profunda			
Insuficiência Venosa			
Cancer			
COVID19			
Menopausa Os sintomas de dor pioraram após o início da menopausa?			Ano: _____
Pratica atividade física regular?			Descreva: _____
Faz acompanhamento			

nutricional?			
--------------	--	--	--

Tabagismo			Descreva:
<u>Etilismo</u>			Descreva:

Cirurgias realizadas:
Medicamentos em uso contínuo:
Existência de alergias: () Não () Sim Descreva:

Responsável pela avaliação (Nome legível): Data: ____/____/____. Nome: _____
--

ANEXO D – Questionário de Atividade física – *International Physical Activity Questionnaire* (IPAQ)



Avaliação dos efeitos da vibração mecânica (em exercícios de vibração de corpo inteiro ou em atividades laborais), de outras modalidades de exercício e/ou das práticas integrativas e complementares em indivíduos com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis.

() SMet/Obesidade () OAJ () DPOC () _____

Nome: _____ Data: ____/____/____

Questionário Internacional de Atividade Física – Versão Curta

(International Physical Activity Questionnaire - IPAQ)

As perguntas a seguir estão relacionadas ao tempo que você gastou fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são muito importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

Para responder as questões lembre-se que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

1a- Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício? dias ____/semana ou () Nenhum

1b- Nos dias em que você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia? Horas: _____ Minutos: _____

2a- Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração? (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**) ____ dias /semana ou () Nenhum

2b- Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia? Horas: _____ Minutos: _____



Piquet Carneiro
POLICLÍNICA

ibrag



3a- Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração?
____ dias /semana ou () Nenhum

3b- Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?
Horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a- Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?
Horas: _____ Minutos: _____

4b- Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?
Horas: _____ Minutos: _____

ANEXO E – Questionário *Western Ontario E McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC)



Piquet Carneiro
POLICLÍNICA

ibrag



Avaliação dos efeitos da vibração mecânica (em exercícios de vibração de corpo inteiro ou em atividades laborais), de outras modalidades de exercício e/ou das práticas integrativas e complementares em indivíduos com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis.

Nome: _____ Grupo: _____ Data: ____/____/____

Questionário WOMAC

As perguntas a seguir se referem à intensidade da dor que você está atualmente sentindo devido à artrite de seu joelho. Para cada situação, por favor, coloque a intensidade da dor que sentiu nas últimas 72 horas (Por favor, marque suas respostas com um "X").

Pergunta: Qual a intensidade da sua dor?

	Nenhuma	Pouca	Moderada	Intensa	Muito Intensa
1 - Caminhando em um lugar plano	()	()	()	()	()
2- Subindo ou descendo escadas.	()	()	()	()	()
3- À noite deitado na cama.	()	()	()	()	()
4-Sentando-se ou deitando-se.	()	()	()	()	()
5. Ficando em pé	()	()	()	()	()

As perguntas a seguir se referem à intensidade de rigidez nas juntas (não dor), que você está atualmente sentindo devido à artrite em seu joelho nas últimas 72 horas. Rigidez é uma sensação de restrição ou dificuldade para movimentar suas juntas (Por favor, marque suas respostas com um "X").

	Nenhuma	Pouca	Moderada	Intensa	Muito Intensa
1. Qual é a intensidade de sua rigidez logo após acordar de manhã?	()	()	()	()	()
2. Qual é a intensidade de sua rigidez após se sentar, se deitar ou repousar no decorrer do dia?	()	()	()	()	()



As perguntas a seguir se referem a sua atividade física. Nós chamamos atividade física, sua capacidade de se movimentar e cuidar de você mesmo (a). Para cada uma das atividades a seguir, por favor, indique o grau de dificuldade que você está tendo devido à artrite em seu joelho durante as últimas 72 horas (Por favor, marque suas respostas com um "X").

Pergunta: Qual o grau de dificuldade que você tem ao:

	Nenhuma	Pouca	Moderada	Intensa	Muito Intensa
1 - Descer escadas.	()	()	()	()	()
2- Subir escadas.	()	()	()	()	()
3- Levantar-se estando sentada	()	()	()	()	()
4- Ficar em pé.	()	()	()	()	()
5- Abaixar-se para pegar algo.	()	()	()	()	()
6- Andar no plano.	()	()	()	()	()
7- Entrar e sair do carro.	()	()	()	()	()
8- Ir fazer compras.	()	()	()	()	()
9- Colocar meias.	()	()	()	()	()
10- Levantar-se da cama.	()	()	()	()	()
11- Tirar as meias.	()	()	()	()	()
12- Ficar deitado na cama.	()	()	()	()	()
13- Entrar e sair do banho.	()	()	()	()	()
14 -Se sentar.	()	()	()	()	()
15- Sentar e levantar do vaso sanitário.	()	()	()	()	()
16- Fazer tarefas domésticas pesadas.	()	()	()	()	()
17- Fazer tarefas domésticas leves.	()	()	()	()	()

Score: Dor: _____ Rigidez: _____ Função _____ Total: _____

ANEXO F – Short Physical Performance Battery (SPPB)



Piquet Carneiro
POLICLÍNICA

ibrag



Avaliação dos efeitos da vibração mecânica (em exercícios de vibração de corpo inteiro ou em atividades laborais), de outras modalidades de exercício e/ou das práticas integrativas e complementares em indivíduos com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis.

() SMet/Obesidade () OAJ () DPOC () _____

Nome: _____ Data: ____/____/____

Short Physical Performance Battery (SPPB)

Testes de equilíbrio	Manteve por 10 s	não tentou	<10 s
Posição com os pés juntos	sim (1) / não (0)	(0)	____:____s
Posição em pé com um pé parcialmente à frente	sim (1) / não (0)	(0)	____:____s
Posição em pé com um pé à frente	sim (2) / de 3 a 9,99 s (1) / menos de 3 s (0)	(0)	____:____s

Escore parcial: _____

Testes de Velocidade de Marcha (3 metros)	Tempo	Apoios para a caminhada	não tentou ou não conseguiu
Primeira tentativa	____:____s	() Nenhum () bengala () outro _____	tentou, mas não conseguiu (0) não tentou (0) recusou participação (0)
Segunda tentativa	____:____s	() Nenhum () bengala () outro _____	(1) > 6,52 segundos (2) de 4,66 à 6,52 segundos (3) de 3,62 à 4,65 segundos (4) < 3,62 segundos

Escore parcial: _____

Teste de levantar-se da cadeira (O PACIENTE DEVERÁ EXECUTAR O TESTE O MAIS RÁPIDO POSSÍVEL)		
Pré-teste (1 vez)	Levantou-se sem ajuda e com segurança: sim () não ()	tentou, mas não conseguiu (0) não tentou (0) recusou participação (0)
Teste (5 vezes)	Tempo: ____:____s	(0) não completou ou completou com t > 60 segundos (1) maior ou igual a 16,70 segundos (2) de 13,60 a 16,69 segundos (3) de 11,20 a 13,69 segundos (4) menor ou igual a 11,19 segundos

Escore parcial: _____

SPPB – escore total: _____

ANEXO G – Questionário *Medical Outcomes Study 36- Item short form (SF-36)*



Avaliação dos efeitos da vibração mecânica (em exercícios de vibração de corpo inteiro ou em atividades laborais), de outras modalidades de exercício e/ou das práticas integrativas e complementares em indivíduos com diversas condições clínicas e em indivíduos saudáveis.

Nome: _____ Grupo: _____ Data: ____/____/____

Versão Brasileira do Questionário de Qualidade de Vida -SF-36 (SF-12*)

1) Em geral você diria que sua saúde é: (*)

Excelente (1)	Muito Boa (2)	Boa (3)	Ruim (4)	Muito Ruim (5)
---------------	---------------	---------	----------	----------------

2- Comparada há um ano atrás, como você se classificaria sua idade em geral, agora?

Muito melhor (1)	Um pouco melhor (2)	Quase a mesma (3)	Um pouco pior (4)	Muito pior (5)
------------------	---------------------	-------------------	-------------------	----------------

3- Os seguintes itens são sobre atividades que você poderia fazer atualmente durante um dia comum. Devido à sua saúde, você teria dificuldade para fazer estas atividades? Neste caso, quando?

Atividades	Sim, dificulta muito (1)	Sim, dificulta um pouco (2)	Não, não dificulta de modo algum (3)
a) Atividades vigorosas, que exigem muito esforço, tais como correr, levantar objetos pesados, participar em esportes árduos.	()	()	()
b) Atividades moderadas, tais como mover uma mesa, passar aspirador de pó, jogar bola, varrer a casa. (*)	()	()	()
c) Levantar ou carregar mantimentos	()	()	()
d) Subir vários lances de escada (*)	()	()	()
e) Subir um lance de escada	()	()	()
f) Curvar-se, ajoelhar-se ou dobrar-se	()	()	()
g) Andar mais de 1 quilômetro	()	()	()
h) Andar vários quarteirões	()	()	()
i) Andar um quarteirão	()	()	()
j) Tomar banho ou vestir-se	()	()	()

4- Durante as últimas 4 semanas, você teve algum dos seguintes problemas com seu trabalho ou com alguma atividade regular, como consequência de sua saúde física?

	Sim (1)	Não (2)
a) Você diminui a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	()	()
b) Realizou menos tarefas do que você gostaria? (*)	()	()
c) Esteve limitado no seu tipo de trabalho ou a outras atividades (*)	()	()
d) Teve dificuldade de fazer seu trabalho ou outras atividades (p. ex. necessitou de um esforço extra).	()	()
5- Durante as últimas 4 semanas, você teve algum dos seguintes problemas com seu trabalho ou outra atividade regular diária, como consequência de algum problema emocional (como se sentir deprimido ou ansioso)?		
a) Você diminui a quantidade de tempo que se dedicava ao seu trabalho ou a outras atividades?	()	()
b) Realizou menos tarefas do que você gostaria? (*)	()	()



c) Não realizou ou fez qualquer das atividades com tanto cuidado como geralmente faz (*)	()	()
--	-----	-----

6- Durante as últimas 4 semanas, de que maneira sua saúde física ou problemas emocionais interferiram nas suas atividades sociais normais, em relação à família, amigos ou em grupo?

De forma nenhuma (1)	Ligeiramente (2)	Moderadamente (3)	Bastante (4)	Extremamente (5)
----------------------	------------------	-------------------	--------------	------------------

7- Quanta dor no corpo você teve durante as últimas 4 semanas?

Nenhuma (1)	Muito leve (2)	Leve (3)	Moderada (4)	Grave (5)	Muito grave (6)
-------------	----------------	----------	--------------	-----------	-----------------

8- Durante as últimas 4 semanas, quanto a dor interferiu com seu trabalho normal (incluindo o trabalho dentro de casa)?(*)

De maneira alguma (1)	Um pouco (2)	Moderadamente (3)	Bastante (4)	Extremamente (5)
-----------------------	--------------	-------------------	--------------	------------------

9- Estas questões são sobre como você se sente e como tudo tem acontecido com você durante as últimas 4 semanas. Para cada questão, por favor, dê uma resposta que mais se aproxime de maneira como você se sente, em relação às últimas 4 semanas.

	Todo tempo (1)	A maior parte do tempo (2)	Uma boa parte do tempo (3)	Alguma parte do tempo (4)	Uma pequena parte do tempo (5)	Nunca (6)
a) Quanto tempo você tem se sentindo cheio de vigor, de vontade, de força?	()	()	()	()	()	()
b) Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa muito nervosa?	()	()	()	()	()	()
c) Quanto tempo você tem se sentido tão deprimido que nada pode animá-lo?	()	()	()	()	()	()
d) Quanto tempo você tem se sentido calmo ou tranquilo? (*)	()	()	()	()	()	()
e) Quanto tempo você tem se sentido com muita energia? (*)	()	()	()	()	()	()
f) Quanto tempo você tem se sentido desanimado ou abatido? (*)	()	()	()	()	()	()
g) Quanto tempo você tem se sentido esgotado?	()	()	()	()	()	()
h) Quanto tempo você tem se sentido uma pessoa feliz?	()	()	()	()	()	()
i) Quanto tempo você tem se sentido cansado?	()	()	()	()	()	()

10- Durante as últimas 4 semanas, quanto de seu tempo a sua saúde física ou problemas emocionais interferiram com as suas atividades sociais (como visitar amigos, parentes, etc)? (*)

Todo tempo (1)	A maior parte do tempo (2)	Alguma parte do tempo (3)	Uma pequena parte do tempo (4)	Nenhuma parte do tempo (5)
----------------	----------------------------	---------------------------	--------------------------------	----------------------------

11- O quanto verdadeiro ou falso é cada uma das afirmações para você?

	Definitivamente verdadeiro (1)	A maioria das vezes verdadeiro (2)	Não sei (3)	A maioria das vezes falso (4)	Definitivamente falso (5)
--	--------------------------------	------------------------------------	-------------	-------------------------------	---------------------------



Piquet Carneiro
POLICLÍNICA

ibrag



a) Eu costumo adoecer um pouco mais facilmente que as outras pessoas	()	()	()	()	()
b) Eu sou tão saudável quanto qualquer pessoa que eu conheço	()	()	()	()	()
c) Eu acho que a minha saúde vai piorar	()	()	()	()	()
d) Minha saúde é excelente	()	()	()	()	()

SF-36 – escore total: _____

SF-12 – escore total: _____

ANEXO H – Publicação do 1^o artigo científico (Revisão Sistemática) na revista Biology (Fator de impacto- 5,2).



Systematic Review

Effects of Physical Exercises Alone on the Functional Capacity of Individuals with Obesity and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review

Vanessa Silva Caiado ^{1,2}, Aline Cristina Gomes Santos ^{1,2}, Eloá Moreira-Marconi ^{1,2}, Marcia Cristina Moura-Fernandes ^{1,3}, Adérito Seixas ⁴, Redha Taiar ^{5,*}, Ana Cristina Rodrigues Lacerda ⁶, Anelise Sonza ⁷, Vanessa Amaral Mendonça ⁸, Danúbia Cunha Sá-Caputo ^{2,3,8} and Mario Bernardo-Filho ²

- ¹ Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20551-030, Brazil
- ² Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas-LAVIMPI, Departamento de Biofísica e Biometria, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Policlínica Piquet Carneiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20950-003, Brazil
- ³ Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20551-030, Brazil
- ⁴ Escola Superior de Saúde, Universidade Fernando Pessoa, 4249-004 Porto, Portugal
- ⁵ MATériaux et Ingénierie Mécanique (MATIM), Université de Reims Champagne-Ardenne, 51100 Reims, France
- ⁶ Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina 39100-000, Brazil
- ⁷ Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Residência Multiprofissional em Saúde da Família e Comunidade, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis 88035-901, Brazil
- ⁸ Departamento de Fisioterapia, Faculdade Bezerra de Araújo, Rio de Janeiro 23052-180, Brazil
- * Correspondence: redha.taiar@univ-reims.fr

Citation: Caiado, V.S.; Santos, A.C.G.; Moreira-Marconi, E.; Moura-Fernandes, M.C.; Seixas, A.; Taiar, R.; Lacerda, A.C.R.; Sonza, A.; Mendonça, V.A.; Sá-Caputo, D.C.; et al. Effects of Physical Exercises Alone on the Functional Capacity of Individuals with Obesity and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Biology* **2022**, *11*, 1391. <https://doi.org/10.3390/biology11101391>

Academic Editor: Tetsuya Shiuchi

Received: 2 September 2022

Accepted: 20 September 2022

Published: 23 September 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Simple Summary: Osteoarthritis is a degenerative joint disease that affects millions of people around the world. Knee osteoarthritis is one of the causes of more significant functional disability among people with it. Currently, obesity is identified as one of the main risk factors for the onset of the disease due to excess load on the joints of the lower limbs, especially the knees. The association of measures, such as weight reduction through diets and exercise, can alleviate symptoms and increase the physical condition of people affected by these clinical conditions. However, many individuals with obesity have difficulty adhering to diet programs and need to improve in order to perform their functional activities. The aim of this systematic review was to evaluate the results of several physical exercise programs conducted without the association of diet, demonstrating the improvement of the functional capacity of individuals with these concomitant clinical conditions, presenting another proposal to reduce the symptoms of the disease in this population.

Abstract: The association between obesity and knee osteoarthritis (KOA) is reported in the literature. The inflammatory factors described in obesity associated with mechanical overload on the knee joint lead to KOA development and reduced functional capacity in these individuals. Most physical exercise (PE) protocols associate a diet program to improve the functional capacity of individuals with concomitant KOA and obesity. There is a lack of published protocols performing PE alone, which would be without an associated diet program in individuals with both clinical conditions. In this systematic review, the authors summarize the effects of the application of PE alone, describing each protocol and reporting the improvement in the function of people with these clinical conditions. This investigation was conducted according to the PRISMA guidelines and registered in PROSPERO. Five databases (MEDLINE/PubMed, PEDro, Scopus, CINAHL and Web of Science) were used up to July 2022 and ten studies, including 534 participants, met the inclusion criteria. The PEDro scale, Cochrane collaborations and ROBINS-I tools were used to evaluate the methodological quality and risk of bias. It was concluded that PE performed alone seems to provide an

improvement in the functional capacity of these individuals even without an associated diet plan in the condition of obesity.

Keywords: physical function; knee osteoarthritis; obesity; physical exercise alone; rehabilitation

1. Introduction

According to the Osteoarthritis Research Society International (OARSI), osteoarthritis (OA) is a disorder involving mobile joints [1]. It is characterized by cellular stress and the degradation of the extracellular matrix initiated by micro- and macro-lesions that activate maladaptive repair responses [1]. The mechanism involved in OA includes pro-inflammatory pathways of innate immunity followed by anatomical and/or physiological disorders characterized by cartilage degradation, bone remodeling, formation of osteophytes, joint inflammation and loss of normal joint function [1]. Knee OA (KOA) is considered a major health care burden throughout the world responsible for generating significant pain and disability [2].

Some comorbidities associated with KOA, such as obesity, have been appointed as a modifiable risk factor of the development or worsening of symptoms in KOA [3]. Two in three people with obesity are at a risk of developing symptomatic KOA in at least one knee [4]. The World Health Organization defines obesity as a condition in which a person has a body mass index (BMI) of 30 kg/m² or more and includes overweight people if their BMI is equal to or more than 25 kg/m² [5]. The increased mechanical overload in the knee joint, in addition to muscle weakness of the lower limbs due to obesity, causes an exacerbation of pain, aggravating the disease and generating a decrease in functional capacity, followed by consequent inactivity [6]. Ventura et al. [7] pointed out that functional capacity can be defined as the abilities that are essential for an individual to function independently in a variety of community settings, including work and social situations. Commonly, some questionnaires and functional tests can assess lower limb muscle strength or the performance of activities of daily living such as walking distance, sitting and rising from a chair and climbing stairs [8]. Gomes-Neto describes that people with overweight, obesity and KOA, due to pain and poor adherence to physical activity, can present with difficulty in performing daily living activities, a slow gait speed and poor lower limb muscle strength, showing a reduced functional capacity [9].

Protocols of physical exercise (PE) are considered an option for the non-pharmacological treatment of OA [10]. Moreover, the American College of Rheumatology (ACR) strongly recommends PE and weight loss to patients with OA who present with obesity or overweight [11]. But there is a lack of studies that report on the effects of PE alone (not including or associated with diet) on the functional capacity in this population.

Lee et al. 2013 [12] stated that obesity or overweight is significantly associated with physical inactivity in adults with KOA, leading to increased health care costs. PE has been recommended to interrupt the cycle of obesity–KOA–pain–inactivity [6]. It can improve functional capacity due to the increase the muscle strength, the alleviation of pain and the modification of joint biomechanics [3]. These factors result in a decrease in joint overloading, playing an important role in the prevention or delay of disability in this population [13]. Therefore, the aim of this systematic review was to summarize the effects of various modalities of PE alone on the functional capacity of individuals with overweight and/or obesity in association with KOA.

2. Material and Methods

2.1. Protocol and Registration

This systematic review follows the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) and it was registered on the international prospective registry of systematic reviews (PROSPERO) number CRD42020196936 [14].

2.2. Research Question

This systematic review proposes to answer the following question: What are the effects of physical exercise alone on the functional capacity of individuals with obesity and overweight and knee osteoarthritis? The PICO strategy was used to define the components of the research question: Participants (P) = individuals with overweight, obesity and KOA; Interventions (I) = physical exercise; Comparators (C) = control group with no exercise practice or different types of physical exercise alone; Outcome (O) = functional capacity.

2.3. Inclusion and Exclusion Criteria

The inclusion criteria were articles reporting original data on the functional capacity of individuals with obesity, overweight and KOA. The studies include: (i) investigations about the effects of PE alone (not included diet protocols) on functional capacity considering gait speed, specific questionnaires about daily living performance, specific functional tests or quantitative measures of the muscle strength of the lower limbs of individuals with obesity, overweight and KOA; (ii) interventionist studies with inter- or intra-group comparisons; (iii) studies published in the English language; and (iv) patients that performed static or dynamic exercises. As exclusion criteria, (i) review articles; (ii) case reports; (iii) studies with animals; (iv) studies involving surgery or pharmacology; (v) studies related to other diseases or samples of people without obesity and (vi) exercises associated with other therapies, such as diet or other interventions, were eliminated.

2.4. Search Strategies

Five electronics databases: MEDLINE/Pubmed; Physiotherapy Evidence Database (PEDro); Scopus; Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) and Web of Science were searched by three reviewers independently until July 2022. The string for the search strategy is shown in the Supplementary Materials section.

A.C.G.S. and E.M.-M. independently screened the titles and abstracts according to the inclusion criteria. In the case that the eligibility was uncertain based on the title and abstract, the full text of the study was obtained.

2.5. Study Selection

All publications found on the databases were exported to an Excel spreadsheet, and the duplicates were manually removed by two authors (A.C.G.S. and E.M.-M.). Two reviewers (A.C.G.S. and E.M.-M.) independently applied the eligibility criteria and selected the studies for inclusion in the systematic review (researchers were blinded to each other's decisions). Disagreements were solved by the analysis of a third author (V.S.C.).

The data were extracted from each article and imported to an Excel spreadsheet containing: (i) data regarding study information (author and year), (ii) aim, (iii) participants/groups (sample size, age, sex), (iv) body mass index, (v) physical exercise programs, (vi) functional capacity assessment, (vii) methodological quality (PEDro scale) and (viii) functional capacity outcomes. Two researchers (A.C.G.S. and E.M.-M.) independently performed the data extraction. Disagreements were resolved by a third author (V.S.C.).

2.6. Methodological Quality, Risk of Bias and Levels of Evidence (LE) of the Selected Papers

The studies were independently appraised by two reviewers (V.S.C. and A.C.G.S.) and if there were any disagreement, a third reviewer (E.M.-M.) was consulted. The issue was discussed until a consensus was reached. The methodological quality was evaluated according to the PEDro scale, which consists of a checklist with ten items established based on an “expert consensus”, and this scale is specific to clinical trials of physical therapy interventions [15]. The publications were classified as ‘high’ methodological quality (score of seven or greater), ‘fair’ methodological quality (score of five to six) and ‘poor’ methodological quality (score of four or below) [15].

The risk of bias in the included studies were evaluated by two reviewers (V.S.C. and A.C.G.S.) and if there were any disagreement, a third reviewer (E.M.-M.) was consulted. The risk of bias in the randomized controlled trials (RCT) was determined using the Cochrane Collaboration’s tool [16]. Each domain was qualified as having a low risk, unclear risk, or high risk of bias. Each judgment was represented by the colors green, yellow and red, respectively. The risk of bias of the other studies was determined using the Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions tool (ROBINS-I) [17] and each domain was qualified as low risk, moderate risk, serious risk, critical risk of bias or no information to judge this domain. Each judgment was represented by the colors green, yellow, red, dark red and blue, respectively.

2.7. Data Synthesis

Due to the different protocols and outcome measures found in the included studies, statistical pooling of the data was not appropriate.

3. Results

A total of 674 papers were initially screened (PubMed = 107, PEDro = 51, Scopus = 204, CINAHL = 89, Web of Science = 223). After removing duplicates, a total of 367 records remained and 10 articles fulfilled the inclusion criteria. The selection process is schematized in the PRISMA flowchart [14] (Figure 1).

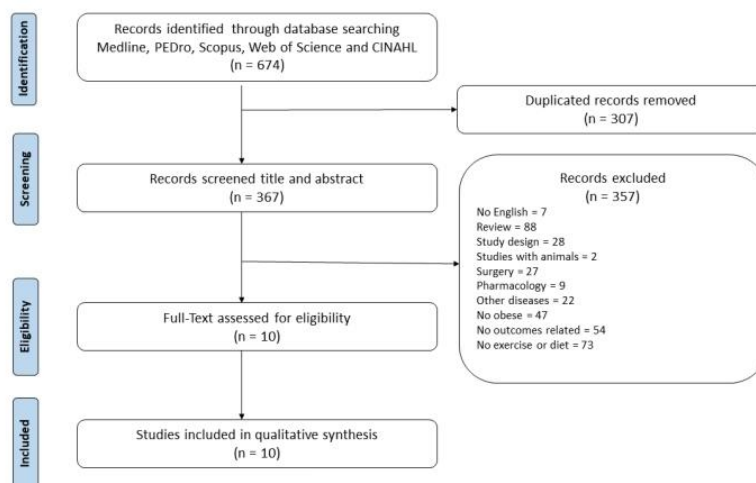


Figure 1. PRISMA flow diagram of the literature selection process.

Table 1 summarizes the publications selected in this systematic review, presenting the aims, characteristics of the participants, programs of PE alone, methodological quality

with score on the PEDro scale and the outcomes related to the effects of the physical exercises alone on functional capacity in individuals with overweight, obesity and KOA.

Table 1. Publications selected in this systematic review.

Author/Year	Aim	Participants/ Groups/ Mean Age	BMI (kg/m ² —Mean ± SD)	Physical Exercise Program	Functional Capacity Assessment	PEDro Scale	Results (PF)
Bennel et al., 2020	To directly compare the effects of two exercise programs on primary outcomes of pain and PF	N: 128	NWB exercise (37.3 ± 6.8))	12 weeks	WOMAC	8/10 (high)	Clinically relevant benefits on the primary outcomes of pain (NWB 4.1; WB 3.4) and PF (NWB 21.2; WB 18.8) in both groups over 12 weeks, however, WB exercise may be preferred over NWB exercise
		Female	WB exercise (37.8 ± 6.0)	Total of 5 individual sessions 30–40 min for each session	KOOS 30-s CSS		
		Age: ≥ 50 years NWB exercise (62.4 ± 6.7) WB exercise (60.9 ± 6.8) Groups: NWB exercise and WB exercise		Home program: 12 weeks/4 times per week NWB exercises group—Five exercises performed in sitting or supine positions aimed at Q5. Three sets of 10 repetitions for each exercise. Resistance applied with an ankle cuff weight or resistance band. WB exercises group—5 exercises performed in a WB position, aimed to strengthen hip abductors, hip extensors, quadriceps and hamstrings	40-m FPWT 6-step SCDT		
Mahmoud et al., 2017	To evaluate the effects of ITE on quadricep muscle architecture and strength	N: 44	IET (35 ± 4.1)	12 weeks and 3 times per week	WOMAC	8/10 (high)	↓ WOMAC scores IET Pre: 35.8 ± 4.59 Post: 19.2 ± 7.28 <i>p</i> < 0.05
		Male	CG (34.8 ± 4.2)	Exercise: IET (3–5 sets of 5–10 repetitions of 5 s unilateral isometric knee extensions, with 30 s rest between repetitions and 1 min between sets)			
		Age: 40–65 years IET (54.6 ± 8.6) Control (53.2 ± 9.6) Groups: IET and CG		Both Groups: CPTP (hot packs and therapeutic ultrasonic)			

Casilda-López, et al., 2017	To evaluate the effects of a dance-based AEP on functionality, cardiorespiratory capacity, post-exercise heart rate and fatigue in obese postmenopausal women	N: 34 Female Age ≥ 50 years Dance-based AEP (65.62 ± 7.15) Control (66 ± 6.35) Groups: dance-based AEP and CG	Dance-based AEP (31.69 ± 2.44) CG (33.65 ± 3.04)	8 weeks and 3 times per week Exercise: Heated chest-high swimming pool; dance protocol with a 12 min warm-up, followed by 5 min of slow rhythm music, 3 min of fast rhythm music, 5 min slow, 3 min fast and 5 min slow (total 21 min). A 12 min cool-down after the last rhythm CG performed conventional aquatic exercises	WOMAC	8/10 (high)	↓ WOMAC Aggregate score Post-treatment: Dance: 37.30 ± 16.61 CG: 41.83 ± 13.69 $p = 0.048$ Follow-up: Dance: 38.60 ± 13.61 CG: 42.60 ± 9.05 $p = 0.038$
Schlenk, et al., 2011	To examine the effects of a 6-month self-efficacy-based, individually delivered, lower-extremity exercise and fitness walking intervention with a 6-month follow-up on PF	N: 26 Male and Female Age (mean ± SD): 63.2 ± 9.8 years Groups: Staying Active with Arthritis (STAR) group and CG	33.3 ± 6.0	24 weeks 6 weekly sessions + 9 biweekly telephone counseling sessions + HPE lower-extremity flexibility and strengthening; walking toward a goal of 150 min per week + HP CG received usual care and after 6 months received no self-efficacy-based adherence counseling	6-min aerobic endurance walk test SPPB 4-m walk test Standing balance test WOMAC	5/10 (fair)	From baseline to the end of the 6 month follow up: ANOVA HPE: time effect $p = 0.028$ 6-min aerobic: ↑ distance $p = 0.006$ SPPB: ↑ scores $p = 0.002$

Kuptinratsaik et al., 2019	To investigate the efficacy of a four-week UTE regimen compared to a home exercise regimen relative to pain relief and functional improvement in obese patients with KOA	N: 80 Male and Female Age 50–80 years HPE (61.7 ± 6.9) UTE (62.1 ± 6.4) Groups: Daily quadricep exercise at home HPE N: 40 (CG) or UTE N: 40	HPE (28.4 ± 3.0) UTE (28.9 ± 3.2)	4 weeks Study Group UTE with moderate intensity (NRS 5–6/10) for 30 min, including warm up and cool down, three times per week (12 total sessions) HPE: brochures advising them how to use their knee joints in daily practice + regular quadricep exercise (10–20 repetitions set with a 1–2-min rest) and then to repeat this exercise–rest cycle. Seven days per week/thirty min daily	6MWD QS	8/10 (high)	Improvements in both groups Mean differences (95% CI) 6MWD: 10.81 (−11.90, 3.53) $p = 0.345$ QS: 0.67 (−0.10, 1.44) $p = 0.088$
Krasilshchikov et al., 2011	To determine the effect of PCRAE on early primary KOA in overweight and obese	N: 16 Female Age 50–64 PCRAE N: 8 (58.38 ± 4.9) CG N: 8 (58.25 ± 5.1)	PCRAE (28.6 ± 5.6) Non-exercising CG (26.5 ± 4.1)	8 weeks PCRAE training grouped in a single one-hour training session 3 times per week, two sets of isometric quadricep and hamstring contraction, isotonic quadricep contractions, chair squats and dynamic stepping. Resistance: walking for 15 min progressively	WOMAC PF score KECPT right and left 120°/s and 180°/s 6MWD	7/10 (high)	Pretest × Post test PCRAE ↓ WOMAC PF score 21.13 ± 7.9 × 9.50 ± 4.3; $p < 0.05$ KECPT right and left $p < 0.05$ 6MWD: 337.65 ± 55.1 × 385.81 ± 32.8 $p < 0.05$
Lim et al., 2010	To design an AEP and LBEP to enhance knee function and reduce body fat in	N: 75 Male + Female AEP N: 26; Age: 65.7 ± 8.9 LBEP N: 25; Age: 67.7 ± 7.8	AEP (27.9 ± 1.5) LBEP (27.6 ± 1.7) CG: (27.7 ± 2.0)	3 times per week 8 weeks AEP: 40-min duration per session LBEP: 40 min per session, intensity of LBEP began from 40% or 60% of the one repetition	WOMAC PTKE PTKF	7/10 (high)	Before × after ↓ WOMAC PF score AEP: 35.1 ± 11.3 × 20.9 ± 9.9 $p < 0.05$ LBEP: 33.6 ± 12.6 × 23.6 ± 12.8 $p < 0.05$

Rafiq et al., 2021	To determine the short-term effects of the home protocol of strengthening exercises in NWB positions on the functional capacity of overweight and obese people with KOA	CG: N: 24; Age: 63.3 ± 5.3	maximum for the beginner or advanced classes, respectively	CG: 30.4 ± 19.1 × 27.6 ± 18.3 PTKE and PTKF both with improvement but without statistical significance
	N: 50 Male + Female LLRP: N: 25 Age (53.40 ± 5.18) CG: N: 25 Age (52.84 ± 5.74)	LLRP: (32.18 ± 4.49) CG: (32.01 ± 3.89)	3 times per week 4 weeks LLRP: 45–60 min of lower limb resistance training following the IDC in sitting and lying positions CG: whole body ROM exercises following the IDC	WOMAC 8/10 (high) LLRP and CG: WOMAC PF score $p > 0.05$ ($p = 0.104$)

Peeler et al., 2017	Evaluate the effect of a 12-week LBPP-supported low-load treadmill walking program on knee pain, joint function and performance of daily activities in patients with KOA	N: 35 Age: 50–75 Female: 22 63.1 ± 5.9 (53–72) Male: 9 67.1 ± 6.4 (59–75) Single Group	32.8 ± 6.5	12 week-LBPP-supported low-load treadmill walking program. Two times per week for 30 min on a treadmill at a set speed of 3.1 mph at a 0° incline LBPP increased by 5% per min LBPP support was restricted to a maximum of 40% body weight	KOOS COPM Isokinetic muscle strength	Pedro Scale N/A	KOOS (daily living) Female ↑ scores ($p = 0.0016$) 58 ± 15 × 67 ± 15 Male: no statistical difference COPM (performance) Female ($p = 0.0003$) 4.3 ± 1.5 × 5.3 ± 1.6 Male ($p = 0.0415$) 5.0 ± 1.6 × 6.2 ± 2.5 Improvement of Isokinetic muscle strength Female ($p = 0.0002$) 2.9 ± 2.2 × 1.0 ± 1.3 Male ($p = 0.0490$) 4.0 ± 2.0 × 2.8 ± 2.1

Oyeyemi et al., 2013	To investigate the effects of BMI on pain and PF during a four-week exercise program in patients with KOA	N:46 31 Male 15 Female Age: 34–69 years ± 55 years Groups: normal weight (N: 15) age (56.93 ± 9.56); overweight (N: 13) age (55.31 ± 8.07) obese (N: 18) age (55.2 ± 9.04)	Not mentioned	10 bouts of 10 repetitions of isometric exercise of the quadriceps (10 s of work and 5 s of rest) and 2 min of rest between bouts (total of 100 contractions). Riding the SBE with an initial resistance set at 25W for 6 min. The resistance was increased to 35, 45 and 55 W in the second, third and fourth week, respectively 2 times per week	WOMAC	Pedro Scale N/A	↓ PF WOMAC scores (week 1 × week 4) Overweight: 40.66 ± 15.6 × 19.81 ± 5.02 Obese: 52.87 ± 12.76 × 19.58 ± 4.56
----------------------	---	--	---------------	--	-------	-----------------	---

Abbreviations: AEP: aquatic exercise program; CG: control group; COPM: Canadian occupational performance measure; CPTP: conventional physical therapy program; CSS: chair sit-to-stand; FPWT: fast-paced walk test; HPE: home program exercise; IDC: instructions of daily care; IG: intervention group; ITE: isometric training exercise; KECPT: knee extensor concentric peak torque; KOA: knee osteoarthritis; KOOS: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score; LBEP: land-based exercise program; LBPP: lower body positive pressure; LLRP: lower limb rehabilitation protocol; N/A: not applicable; NWB: non-weight bearing; PCRAE: progressive and combined resistance and aerobic exercise; PEDro score – (a) ‘high’ methodological quality ≥7, (b) ‘fair’ methodological quality = 5 or 6, (c) ‘poor’ methodological quality ≤4; PF: physical function; PTKE: peak torque knee extensor; PTKF: peak torque knee flexor; QS: quadriceps strengthening; ROM: range of motion; SBE: stationary bicycle ergometer; SCDT: stair-climb; SD: standard deviation; UTE: underwater treadmill exercise; WB: weight bearing; WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index; 6MWD: 6-min walking distance; ↑: increase; ↓: decrease.

3.1. Study Population

The selected studies included a total of 534 individuals, including people with obesity and/or overweight who had a diagnosis of unilateral or bilateral KOA. Regarding the inclusion criteria of the BMI, two studies [18,19] analyzed only women with obesity (BMI ≥ 30 kg/m²) [5]. One study [13] investigated only men with obesity.

Interventions

The duration of treatment ranged from 4 to 24 weeks with the number of sessions ranging from 8 to 144 sessions. The selected studies carried out different interventions based on isometric exercises, aerobic training or a combination of multiple forms of exercise: (a) two [19,20] investigated the effects of aquatic exercises, (b) three [21–23] combined isometric exercises with aerobic training, (c) one [24] applied only a treadmill walking program, (d) one [25] compared an underwater treadmill exercise with home exercises, (e) one [13] analyzed just isometric exercises, (f) one [18] compared a program of weight bearing (WB) with non-weight bearing (NWB) exercises for muscle strengthening and (g) one reported the short-term effects of a home protocol of NWB exercises [26].

3.2. Functional Capacity Assessments

The quantitative results found on functional capacity are shown in the table with the statistical values mentioned in the studies.

Nine varied tools were used to compare the measures obtained before and after the protocols utilized in the studies. The functional capacity was evaluated through the improvement in muscle strength and in some daily activities, and it was assessed through specific questionnaires associated with these daily activities [9]. In addition, the assessment of functional activities can confirm improvements after the protocols used in the studies [27]. The functional tests used to evaluate these activities were: the Short Physical Performance Battery (SPPB) [27], the 6-min walk test [25], 40-m fast-paced walk test expressed as speed in meters/second, 30-s chair sit-to-stand test [18], 6-step stair-climb and descent test [18], walking speed and standing balance [23].

Some specific questionnaires related to the assessment of pain and the function of the knee joint, specifically related to KOA, are widely used all over the world [13]. The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) is recommended by the ACR to assess KOA patients [13,18–23]. It is a self-administered questionnaire with three domains which evaluate pain, joint stiffness and functional capacity [13]. The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) questionnaire is a standardized and self-administered questionnaire commonly used by researchers to evaluate pain, knee joint function and other associated problems [18,24]. The KOOS assessment uses five categories, which are: (i) Pain; (ii) Symptoms; (iii) Activities of daily living; (iv) Function, Sports and Recreational Activities; and (v) Quality of life. The Canadian Occupational Performance Measure (COPM) is designated to verify changes in occupational performance over time in activities that the individual has self-identified as difficult to perform [24].

3.3. Methodological Quality

Considering the methodological quality of randomized clinical trials in physiotherapy, assessed by the PEDro scale, seven studies [13,18–20,22,25,26] were considered to be ‘high’ methodological quality (≥ 7) and one [23] was ‘fair’ methodological quality (5 or 6). Two studies [21,24] could not be evaluated by the PEDro scale as they were not RCTs.

3.4. Risk of Bias

A detailed assessment of the risk of bias of the RCT, carried out according to the Cochrane Collaboration’s tool, is presented in Figure 2A. Five publications [18,19,22,25,26] were classified as having a low risk of bias, one publication [13] was classified as having

an uncertain risk of bias and two publications [20,23] were classified as having a serious risk of bias. The assessment for the non-RCT, carried out using the ROBINS-I tool [17], is presented in Figure 2B. One publication [24] was classified as having a low risk of bias, despite being a non-RCT and one publication [21] was classified as having a serious risk of bias.

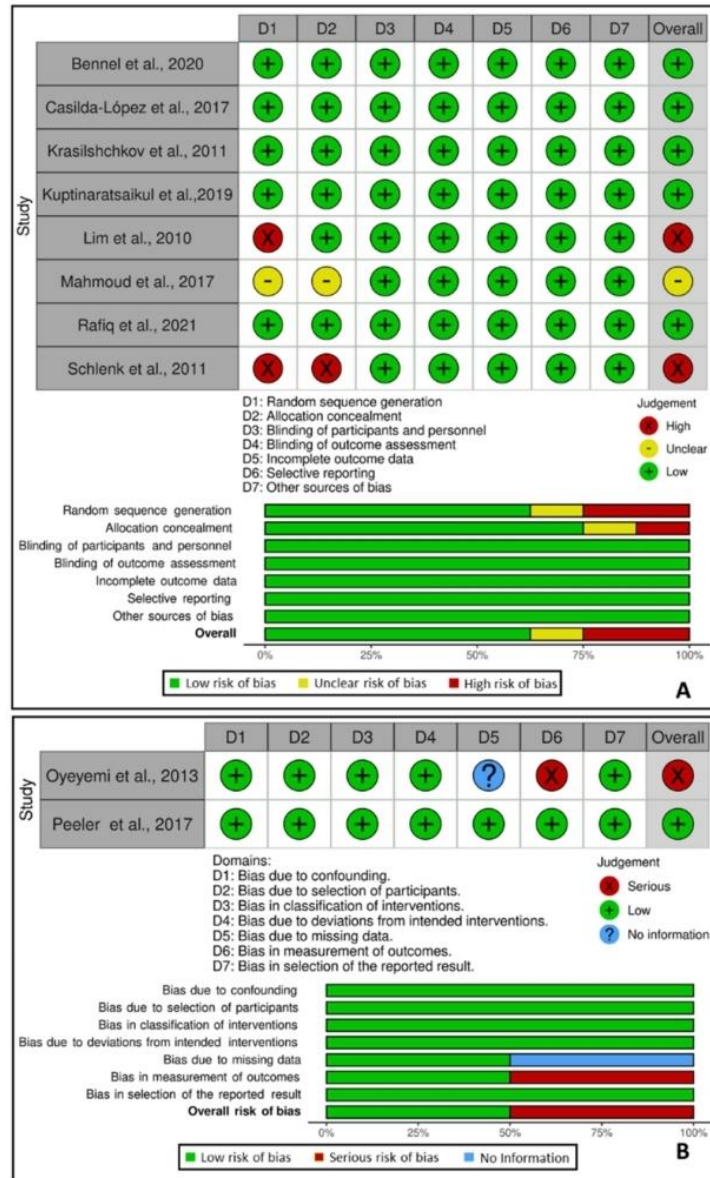


Figure 2. (A)—Risk of bias of the randomized controlled trials; (B)—Risk of bias of the non-randomized trials.

4. Discussion

Physical exercise performed alone, regardless of the modality, improved the functional capacity of individuals with obesity, overweight and KOA. Most studies reported statistically significant values ($p \leq 0.05$) regarding the improvement in functional capacity.

People with overweight or obesity can have their functional capacity affected by the physical inactivity, muscle weakness and pain associated with KOA [3]. The American College of Sports and Medicine (ACSM) Guidelines [28] report that resistance training can reduce pain and disability in individuals with osteoarthritis. Impaired muscle function is associated with knee pain and physical inactivity, and they are commonly seen in individuals with obesity, mainly if they are included in the KOA population [3].

A relevant issue in the management of KOA individuals with obesity is the recommendation of the Ottawa Panel Evidence-based Clinical Practice (OPECP) Guideline [29] about reducing weight prior to the implementation of WB exercises to avoid dysfunction and maintain the joint integrity. Despite that, Inam et al. 2020 [30] stated that a low number of patients receive weight loss concealing by their physicians. The association between diet and exercise may be related to the best overall improvements in self-reported measures of functional capacity, pain and mobility in this population when properly oriented [31]. PE is recommended to interrupt the cycle of obesity–KOA–pain–inactivity [6]. The best type of PE and the effects when performed alone in this specific population affected by KOA and obesity is not yet clear in the literature [18]. There is some evidence suggesting that low-impact PE may be more effective than high-impact exercise for this population [18]. Despite this, some studies have shown beneficial effects on the functional capacity of individuals with obesity, overweight and KOA after performing low- or high-impact exercises alone or supplemented by aerobic training [13,18,32].

OARSI Guidelines [33] for the non-surgical management of KOA recommend land-based exercises as appropriate. The land-based exercises can be described as one or more exercises including a combination of strength training, active range of motion exercises and aerobic activity [18]. In this program modality, both WB exercises and NWB exercises are included. Bennel et al. 2020 [18] compared home-based NWB quadriceps strengthening exercises with WB exercises for 12 weeks in women with KOA and obesity. Both groups reported improvements in pain and function, although the WB exercises obtained better results for function. Regarding NWB exercises, Rafiq et al. 2021 [26] reported short-term effects on the functional capacity of populations with obesity, overweight and KOA after 4 weeks of NWB exercises at home, concluding that there was no improvement in the physical function scores of WOMAC [26]. Messier et al. 2010 [31], compared six months of WB exercise alone with an exercise–diet blended program in older adults with KOA and obesity, reporting improvements in walking velocity through kinematic analysis and muscular strength by isokinetic dynamometer in both groups. This shows that weight bearing exercises, which are considered high impact, could also provide benefits for people with obesity and KOA.

Aquatic exercises are also recommended as an intervention for individuals with osteoarthritis, including KOA [10,11]. Aquatic exercises would reduce the overcharge on the knee joint, allowing for improvements on tolerance levels to support the exercises. Casilda-López et al. 2017 [19] assessed the functional capacity of women with obesity and KOA after 8 weeks of aquatic dance-based exercises 3 times per week versus a control group which performed conventional aquatic exercises. Both groups showed improvements in the physical function domain of the WOMAC questionnaire, but displayed different p values between the groups, with there being a more significant difference in the experimental group. Taglietti et al. 2018 [34] compared aquatic exercises alone with patient education in individuals with KOA during an eight-week intervention. They stated the improvement in functional capacity through reduced values on the WOMAC scale in the aquatic exercise intervention group. Wang et al. 2010 [35] compared aquatic with land-based exercise versus a control group over 12 weeks. They concluded that both aquatic and land-based exercise achieved positive results on the Knee Injury and Osteoarthritis

Outcome Score and six-minute walk test. Lim et al. 2010 [20] investigated 3 groups according to different modalities of PE alone: an aquatic group performed a protocol including strength training and aerobic training using underwater bicycling; the land-based group performed joint mobilization, stretching and strengthening exercises; while the control group maintained home-based exercises. Both exercise groups showed a significant improvement in lower limb function when measured by the WOMAC, compared with the control group. Kuptinaratsaikul et al. 2019 [25] investigated the effects of an underwater treadmill (UTM) exercise regimen compared to home exercise regarding the functional capacity of individuals with KOA and obesity. The study group underwent treadmill exercise for 30 min/day, three times/week for four weeks and the control group performed daily quadricep exercises at home for 30 min at the same frequency. They reported significant improvement in the two groups in the 6-min walking distance and quadricep strength at the end of the study. UTM and home-based quadricep exercise were equally effective.

Another type of PE that would reduce the overload on the knee joint is a technology called lower body positive pressure (LBPP), which consists of a treadmill using a waist-high air chamber filled with positive air pressure, used to accurately and reliably diminish body weight during PE, allowing for a longer exercise time walking on the treadmill for people with overweight and obesity and KOA [36]. Mainly for patients at a risk of the exacerbation of knee joint symptoms following PE, LBPP can be a safe way to perform WB exercises [36]. Liang et al. 2019 [37] relayed the improvement in WOMAC scores after using a LBPP protocol six times per week for 30 min/day for two weeks as an intervention for patients with KOA. Peeler et al. 2018 [24] examined the effect of a 12-week LBPP on joint function, thigh strength and the ability to perform normal activities of daily living in a single group with obesity, overweight and KOA. Significant increases in strength were observed between baseline and follow-up testing at all three isokinetic testing speeds. Takacs et al. 2013 [38] investigated the functional status of overweight individuals with KOA between two 20-min treadmill walking sessions. There were no changes in KOOS but a feeling of safety was relayed by the participants of the study.

Another way to obtain gains in functional capacity in individuals with KOA is quadricep strengthening alone through isometric or concentric training. Jenkinson et al. 2009 [39] compared after six months four groups of individuals with KOA and obesity randomized into three protocols of diet alone, diet plus exercise and quadricep strengthening alone versus a control group. They reported a significant reduction in the WOMAC physical function score in groups that performed quadriceps strengthening alone. Mahmoud et al. 2017 [13] evaluated the effects of isometric exercise training on quadricep strength versus a control group in males with KOA and obesity three times a week for 12 weeks. The maximal voluntary isometric knee extension torque was measured using an isokinetic dynamometer and the functional capacity was evaluated using the WOMAC. All the domains in the WOMAC, including the functional capacity, were significantly improved in both groups but in the isometric group, it was significantly better. Huang et al. 2017 [40] showed a relief in joint pain and an improvement in the functional capacity of individuals with KOA after performing a quadricep isometric contraction exercise protocol.

OPECP Guidelines for the management of osteoarthritis in adults with obesity or overweight [29] stated in its publication a Grade A (strongly recommended) recommendation for PE including strength training and aerobic training. People with KOA and the comorbidity of obesity have an increase in the amount of fat surrounding the quadricep muscles, which may increase disability due to a decrease in lower extremity performance [29]. Semanik et al. 2012 [41] reported that aerobic training and strengthening can improve function and health status among patients with KOA. Schlenk et al. 2011 [23] investigated the effects of a 6-month strength training and a fitness walking program 150 min/week supplemented with lower extremity exercise monitored over the phone. The functional capacity of individuals with KOA and obesity was evaluated by SPPB, the 6-min walking test and the WOMAC questionnaire at the end of study. There were increases in the SPPB

scores, no significant differences in the WOMAC scores, but a greater improvement in the mean distance of the 6-min walk. Mihalko et al. 2019 [42] found an improvement in gait efficacy and balance efficacy in people with KOA and obesity after 6 months of combined walking with strengthening. Oyeyemi et al. 2013 [21] evaluated people with KOA and obesity after a program of isometric quadricep exercise and bicycle ergometry with a graduated increase in intensity. Overall, the program had significant post treatment benefits on function, assessed by the WOMAC questionnaire. Krasilshchikov et al. 2011 [22] reported significant outcomes in physical function scores, knee extensor concentric peak torque at 120° and 180°/seconds and six-minute walking distance after a protocol combined resistance and aerobic training. A program of PE performed alone can generate different types of strengthening [43]. Kabiri et al. 2018 [32] reported that in KOA patients treated with several modalities of aerobic training combined with the strengthening of lower limbs, reduction in pain and improvements in functional capacity were observed.

5. Limitations

A lack of published studies meeting the inclusion criteria of this review could have limited a consensus on the effects of PE performed alone for the improvement of functional capacity in individuals with obesity and KOA. Moreover, only papers published in English into well-known databases were considered and, therefore, important publications in other databases may not have been accessed. Furthermore, the included studies may have had some limitations such as small sample sizes and heterogeneous samples.

6. Conclusions

Despite the limited number of studies meeting the inclusion criteria of this review, PE performed alone without associated diet programs seems improve the functional capacity of individuals with obesity and KOA. The studies in this review showed benefits with programs containing different types of PE. The PEs performed alone were aerobic and isometric training, aquatic exercises, quadricep strengthening and WB and NWB exercises. Although some guidelines recommend non-weight bearing exercises for people with obesity to avoid the impact on the joints, weight bearing and other types of muscle strengthening contributed to lower limb strengthening.

Considering the comorbidity of obesity in the population with KOA and the low adherence to associated diet programs for weight loss, knowing that the performance of exercises alone brings benefits for functionality can offer another path of guidance as a tool to approach these individuals.

Supplementary Materials: The following supporting information can be downloaded at: www.mdpi.com/article/10.3390/biology11101391/s1, Search strategies and Complete reporting guideline checklist. (PRISMA).

Author Contributions: V.S.C., M.B.-F., D.C.S.-C. contributed to the conception and design of this study. V.S.C., A.C.G.S. and E.M.-M. contributed to the analyses of the data and study selection. R.T., A.S. (Adérito Seixas) and V.A.M. described the results. A.S. (Anelise Sonza), M.C.M.-F., A.C.R.L. contributed to the interpretation of the data, discussion and construction of the table. The article draft was written by V.S.C. and critically revised by all authors. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) under grant 001, the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: All data were extracted from studies found in the five databases, which were MEDLINE/Pubmed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Scopus, Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL) and Web of Science.

Conflicts of Interest: The authors report no conflicts of interest.

References

1. Standardization of Osteoarthritis Definitions|Osteoarthritis Research Society International (OARSI). Available online: <https://www.oarsi.org/research/standardization-osteoarthritis-definitions> (accessed on 8 July 2020).
2. Staines, K.; Hardy, R.; Samvelyan, H.; Ward, K.; Cooper, R. Life course longitudinal growth and risk of knee osteoarthritis at age 53 years: Evidence from the 1946 British birth cohort study. *Osteoarthritis Cartilage* **2020**, *29*, 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.12.012>.
3. Roos, E.; Arden, N.K. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* **2015**, *12*, 92–101. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2015.135>.
4. Murphy, L.; Schwartz, T.A.; Helmick, C.G.; Renner, J.B.; Tudor, G.; Koch, G.; Dragomir, A.; Kalsbeek, W.D.; Luta, G.; Jordan, J.M. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* **2008**, *59*, 1207–1213. <https://doi.org/10.1002/art.24021>.
5. Obesity. Available online: https://www.who.int/health-topics/obesity#tab=tab_1 (accessed on 8 July 2020).
6. Yázig, F.; Espanha, M.; Marques, A.; Teles, J.; Teixeira, P. Predictors of walking capacity in obese adults with knee osteoarthritis. *Acta Reum. Port.* **2019**, *43*, 256–263. Available online: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641533> (accessed on 20 July 2021).
7. Ventura, J.; Welikson, T.; Ered, A.; Subotnik, K.L.; Keefe, R.S.E.; Hellemann, G.S.; Nuechterlein, K.H. Virtual reality assessment of functional capacity in the early course of schizophrenia: Associations with cognitive performance and daily functioning. *Early Interv. Psychiatry* **2019**, *14*, 106–114. <https://doi.org/10.1111/eip.12831>.
8. Stokes, J.W.; Wanderer, J.P.; McEvoy, M.D. Significant discrepancies exist between clinician assessment and patient self-assessment of functional capacity by validated scoring tools during preoperative evaluation. *Periop. Med.* **2016**, *5*, 18. <https://doi.org/10.1186/s13741-016-0041-4>.
9. Gomes-Neto, M.; Araujo, A.D.; Junqueira, I.D.A.; Oliveira, D.; Brasileiro, A.; Arcanjo, F.L. Comparative study of functional capacity and quality of life among obese and non-obese elderly people with knee osteoarthritis. *Rev. Bras. de Reum.* **2016**, *56*, 126–130. <https://doi.org/10.1016/j.rbre.2015.08.014>.
10. Abramoff, B.; Caldera, F.E. Osteoarthritis: Pathology, Diagnosis, and Treatment Options. *Med. Clin. N. Am.* **2020**, *104*, 293–311.
11. Kolasinski, S.L.; Neogi, T.; Hochberg, M.C.; Oatis, C.; Guyatt, G.; Block, J.; Callahan, L.; Copenhaber, C.; Dodge, C.; Felson, D.; et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Rheumatol.* **2020**, *72*, 220–233. <https://doi.org/10.1002/art.41142>.
12. Lee, J.; Song, J.; Hootman, J.M.; Semanik, P.A.; Chang, R.W.; Sharma, L.; Van Horn, L.; Bathon, J.M.; Eaton, C.; Hochberg, M.C.; et al. Obesity and other modifiable factors for physical inactivity measured by accelerometer in adults with knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res.* **2012**, *65*, 53–61. <https://doi.org/10.1002/acr.21754>.
13. Mahmoud, W.S.; Elnaggar, R.K.; Ahmed, A.S. Influence of Isometric Exercise Training on Quadriceps Muscle Architecture and Strength in Obese Subjects with Knee Osteoarthritis. *Int. J. Med. Res. Health Sci.* **2017**, *6*, 1–9. Available online: www.ijmrhs.com (accessed on 20 November 2021).
14. Liberati, A.; Altman, D.G.; Tetzlaff, J.; Mulrow, C.; Gøtzsche, P.C.; Ioannidis, J.P.A.; Clarke, M.; Devereaux, P.J.; Kleijnen, J.; Moher, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *J. Clin. Epidemiol.* **2009**, *62*, e1–e34.
15. Fitzpatrick, R.B. PEDro: A Physiotherapy Evidence Database. *Med. Ref. Serv. Q.* **2008**, *27*, 188–197. <https://doi.org/10.1080/02763860802114397>.
16. Higgins, J.P.T.; Altman, D.G.; Gøtzsche, P.C.; Jüni, P.; Moher, D.; Oxman, A.D.; Savović, J.; Schulz, K.F.; Weeks, L.; Sterne, J.A.C.; et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* **2011**, *343*, d5928. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>.
17. Sterne, J.A.C.; Hernán, M.A.; Reeves, B.C.; Savović, J.; Berkman, N.D.; Viswanathan, M.; Henry, D.; Altman, D.G.; Ansari, M.T.; Boutron, I.; et al. ROBINS-I: A tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* **2016**, *355*, i4919. <https://doi.org/10.1136/bmj.i4919>.
18. Bennell, K.; Nelligan, R.; Kimp, A.; Schwartz, S.; Kasza, J.; Wrigley, T.; Metcalf, B.; Hodges, P.; Hinman, R. What type of exercise is most effective for people with knee osteoarthritis and co-morbid obesity?: The TARGET randomized controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage* **2020**, *28*, 755–765. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.02.838>.
19. Casilda-López, J.; Valenza, M.C.; Cabrera-Martos, I.; Díaz-Pelegrina, A.; Moreno-Ramírez, M.P.; Valenza-Demet, G. Effects of a dance-based aquatic exercise program in obese postmenopausal women with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Menopause* **2017**, *24*, 768–773. <https://doi.org/10.1097/gme.0000000000000841>.
20. Lim, J.-Y.; Tchai, E.; Jang, S.-N. Effectiveness of Aquatic Exercise for Obese Patients with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *PMR* **2010**, *2*, 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.04.004>.
21. Oyeyemi, A.L. Body mass index, pain and function in individuals with knee osteoarthritis. *Niger. Med. J.* **2013**, *54*, 230–235. <https://doi.org/10.4103/0300-1652.119610>.
22. Krasilshchikov, O.; Sungkit, N.; Shihabudin, T.; Shaw, I.; Shaw, B. Effects of an eight-week training programme on pain relief and physical condition of overweight and obese women with early stage primary knee osteoarthritis. *Afr. J. Phys. Health Educ. Recreat. Danc.* **2011**, *17*, 328–339. <https://doi.org/10.4314/ajpherd.v17i2.67669>.

23. Schlenk, E.A.; Lias, J.L.; Sereika, S.M.; Dunbar-Jacob, J.; Kwok, K.C. Improving Physical Activity and Function in Overweight and Obese Older Adults with Osteoarthritis of the Knee: A Feasibility Study. *Rehabil. Nurs.* **2011**, *36*, 32–42. <https://doi.org/10.1002/j.2048-7940.2011.tb00063.x>.
24. Peeler, J.; Ripat, J. The effect of low-load exercise on joint pain, function, and activities of daily living in patients with knee osteoarthritis. *Knee* **2018**, *25*, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2017.12.003>.
25. Kuptniratsaikul, V.; Kittichaikarn, C.; Suntornpiyapan, P.; Kovintaset, K.; Inthibal, S. Is four-week underwater treadmill exercise regimen compared to home exercise efficacious for pain relief and functional improvement in obese patients with knee osteoarthritis? A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* **2018**, *33*, 85–93. <https://doi.org/10.1177/0269215518792041>.
26. Rafiq, M.T.; Hamid, M.S.A.; Hafiz, E. Short-Term Effects of Strengthening Exercises of the Lower Limb Rehabilitation Protocol on Pain, Stiffness, Physical Function, and Body Mass Index among Knee Osteoarthritis Participants Who Were Overweight or Obese: A Clinical Trial. *Sci. World J.* **2021**, *2021*, 6672274. <https://doi.org/10.1155/2021/6672274>.
27. Paineiras-Domingos, L.L.; Sá-Caputo, D.D.C.; Reis, A.; Santos, A.F.; Sousa-Gonçalves, C.R.; dos Anjos, E.M.; Pereira, M.J.D.S.; Sartorio, A.; Bernardo-Filho, M. Assessment Through the Short Physical Performance Battery of the Functionality in Individuals With Metabolic Syndrome Exposed to Whole-Body Vibration Exercises. *Dose-Response* **2018**, *16*, 155932581879453. <https://doi.org/10.1177/1559325818794530>.
28. Riebe, D.; Ehrman, J.; Liguori, G.M.M. *American College of Sports Medicine's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*, 10th ed.; Wolters Kluwer: Philadelphia, PA, USA, 2018.
29. Brosseau, L.; Wells, G.A.; Tugwell, P.; Egan, M.; Dubouloz, C.J.; Casimiro, L.; Bugnariu, N.; Welch, V.A.; De Angelis, G.; Francoeur, L.; et al. Ottawa Panel evidence-based clinical practice guidelines for the management of osteoarthritis in adults who are obese or overweight. *Phys. Ther.* **2011**, *91*, 843–861.
30. Inam, S.H.A.; Riaz, B.; Jamil, H.; Rafique, D.; Siddiqi, U.A.; Iqbal, M.; Sherwani, N.Z.F.; Khan, W. Do Patients With Osteoarthritis get Weight Loss Counseling? *Cureus* **2020**, *12*, e11502.
31. Messier, S.P.; Loeser, R.F.; Miller, G.D.; Morgan, T.M.; Rejeski, W.J.; Sevcik, M.A.; Ettinger, W.H.; Pahor, M.; Williamson, J.D. Exercise and dietary weight loss in overweight and obese older adults with knee osteoarthritis: The arthritis, diet, and activity promotion trial. *Arthritis Care Res.* **2004**, *50*, 1501–1510. <https://doi.org/10.1002/art.20256>.
32. Kabiri, S.; Halabchi, F.; Angoorani, H.; Yekaninejad, S. Comparison of three modes of aerobic exercise combined with resistance training on the pain and function of patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Phys. Ther. Sport* **2018**, *32*, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.04.001>.
33. McAlindon, T.E.; Bannuru, R.; Sullivan, M.C.; Arden, N.K.; Berenbaum, F.; Bierma-Zeinstra, S.M.; Hawker, G.A.; Henrotin, Y.; Hunter, D.J.; Kawaguchi, H.; et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis. Cartil.* **2014**, *22*, 363–388.
34. Taglietti, M.; Facci, L.M.; Trelha, C.S.; De Melo, F.C.; Da Silva, D.W.; Sawczuk, G.; Ruivo, T.M.; De Souza, T.B.; Sforza, C.; Cardoso, J.R. Effectiveness of aquatic exercises compared to patient-education on health status in individuals with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Clin. Rehabil.* **2018**, *32*, 766–776. <https://doi.org/10.1177/0269215517754240>.
35. Wang, T.-J.; Lee, S.-C.; Liang, S.-Y.; Tung, H.-H.; Wu, S.-F.V.; Lin, Y.-P. Comparing the efficacy of aquatic exercises and land-based exercises for patients with knee osteoarthritis. *J. Clin. Nurs.* **2011**, *20*, 2609–2622. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2010.03675.x>.
36. Matt Denning, W.; Winward, J.G.; Pardo, M.B.; Hopkins, J.T.; Seeley, M.K. Body weight independently affects articular cartilage catabolism. *J. Sport Sci. Med.* **2015**, *14*, 290–296.
37. Liang, J.; Guo, Y.; Zheng, Y.; Lang, S.; Chen, H.; You, Y.; O'Young, B.; Ou, H.; Lin, Q. The Lower Body Positive Pressure Treadmill for Knee Osteoarthritis Rehabilitation. *J. Vis. Exp.* **2019**, *149*, e59829. <https://doi.org/10.3791/59829>.
38. Takacs, J.; Anderson, J.E.; Leiter, J.R.S.; MacDonald, P.B.; Peeler, J.D. Lower body positive pressure: An emerging technology in the battle against knee osteoarthritis? *Clin. Interv. Aging* **2013**, *8*, 983–991.
39. Jenkinson, C.M.; Doherty, M.; Avery, A.; Read, A.; Taylor, M.; Sach, T.; Silcocks, P.; Muir, K.R. Effects of dietary intervention and quadriceps strengthening exercises on pain and function in overweight people with knee pain: Randomised controlled trial. *BMJ* **2009**, *339*, b3170. <https://doi.org/10.1136/bmj.b3170>.
40. Huang, L.; Guo, B.; Xu, F.; Zhao, J. Effects of quadriceps functional exercise with isometric contraction in the treatment of knee osteoarthritis. *Int. J. Rheum. Dis.* **2017**, *21*, 952–959. <https://doi.org/10.1111/1756-185x.13082>.
41. Semanik, P.; Chang, R.; Dunlop, D. Aerobic Activity in Prevention & Symptom Control of Osteoarthritis. *Natl. Inst. Health* **2012**, *29*, 997–1003.
42. Mihalko, S.L.; Cox, P.; Beavers, D.P.; Miller, G.D.; Nicklas, B.J.; Lyles, M.; Hunter, D.J.; Eckstein, F.; Guermazi, A.; Loeser, R.F.; et al. Effect of intensive diet and exercise on self-efficacy in overweight and obese adults with knee osteoarthritis: The IDEA randomized clinical trial. *Transl. Behav. Med.* **2018**, *9*, 227–235. <https://doi.org/10.1093/tbm/iby037>.
43. Haleva, Y.; Dunskey, A.; Meckel, Y.; Kleinöder, H.; Bar-eli, M.; Mester, J. Original article The effect of long-term whole-body vibration on muscular performance. *Braz. J. Health Biomed. Sci.* **2020**, *19*, 100–107.

ANEXO I – Submissão do 2º manuscrito na revista Annals of Physical and Medicine rehabilitation. Fator de impacto: 5,3.

Annals of Physical and Rehabilitation Medicine

Effects of systemic vibratory therapy on pain level, stiffness, physical function, and quality of life in women with knee osteoarthritis and obesity.

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Article Type:	Original Article
Keywords:	Keywords: women; obesity; physical function; exercises; knee osteoarthritis; mechanical vibration.
Corresponding Author:	Vanessa da Silva Caiado BRAZIL
First Author:	Vanessa Silva Caiado
Order of Authors:	Vanessa Silva Caiado Aline Cristina Gomes Santos Márcia Cristina Moura-Fernandes Waleska Souza-rocha Liszt Palmeira Oliveira Allan Mozella Luiza Carla Trindade-Gusmão Redha Taïar Mario Bernardo-Filho Danubia da Cunha Sá-Caputo
Abstract:	The association between obesity and knee osteoarthritis is well described. Mainly women are affected by both clinical conditions. Therefore, reduced physical function and increased pain can lead to reduced quality of life. The current study aimed to evaluate effects of systemic vibratory therapy (SVT) in the sitting position on physical function, level of pain, and quality of life in women. Methods: A single group pretest-posttest of woman with knee osteoarthritis and obesity performed five weeks of intervention of SVT twice a week. The variables of level of pain, stiffness and physical function were assessed using the Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), the Short Performance Physical Battery (SPPB), and the Timed Up and Go test (Tug test). The quality of life was evaluated through the self-reported questionnaire Short Form -36 (SF-36). All the variables were collected before and at the end of the protocol. Side-alternating vibrating platform was used, and the individuals were in a sitting position during the intervention. Frequencies (from 5 to 14Hz), peak-to-peak displacements (from 2.5 to 7.5mm) and peak accelerations (from 0.12 g to 2.95 g) were used during the intervention. Results: Seventeen women (45-76 years; 39±6.6), diagnosed with knee osteoarthritis and obesity were evaluated. After five weeks, there was a statistically significant reduction on pain level ($p<0.00$), stiffness ($p=0.03$), and improvement in physical function ($p=0.01$) shown in the WOMAC questionnaire. The time of the TUG test ($p=0.05$) and walking time ($p=0.01$) were reduced, and two domains of the SF-36, which were pain ($p=0.01$) and vitality ($p=0.01$), also improved. Conclusion: A five-week of SVT intervention reduces de level of pain, stiffness and improves physical function in women with obesity and knee osteoarthritis. These results indicate that a SVT may be a safe option as a modality exercise for women affected by both clinical conditions.
Suggested Reviewers:	Borja Sañudo, Phd bsancor@us.es This researcher has appropriate knowledge of the topic. Aderito Seixas Phd

Powered by Editorial Manager® and ProduXion Manager® from Aries Systems Corporation

	aderito@ufp.edu.pt This researcher has appropriate knowledge of the topic.
	Ana Lacerda, Phd lacerda.acr@ufvjm.edu.br This researcher has appropriate knowledge of the topic.

ANEXO J – Coautoria na publicação do artigo científico abaixo na revista *Sustainability*, 2020. Fator de impacto 3,88.



sustainability



Article

Whole-Body Vibration as Antihypertensive Non-Pharmacological Treatment in Hypertensive Individuals with Knee Osteoarthritis: Randomized Cross-Over Trial

Eloá Moreira-Marconi ^{1,2}, Vanessa da Silva Caiado ^{2,*}, Ygor Teixeira-Silva ^{2,3}, Alexandre Gonçalves de Meirelles ^{2,4}, Marcia Cristina Moura-Fernandes ^{1,2}, Patrícia Lopes-Souza ^{2,3}, Aline Reis-Silva ^{2,4}, Danúbia C. Sá-Caputo ^{2,3,5}, Laís L. Paineiras-Domingos ^{2,3,5}, Ana Cristina Rodrigues Lacerda ⁶, Vanessa Amaral Mendonça ⁶, Ricardo Gonçalves Cordeiro ^{7,8}, Redha Taiar ⁹, Alessandro Sartorio ¹⁰, Alexei Wong ¹¹, Borja Sañudo ¹² and Mario Bernardo-Filho ²

- ¹ Graduate Program in Clinical and Experimental Pathophysiology, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ 20.551-030, Brazil; marconi.eloa@posgraduacao.uerj.br (E.M.-M.); fernandes.marcia@posgraduacao.uerj.br (M.C.M.-F.)
 - ² Mechanical Vibration Laboratory and Integrative Practices—LAVIMPI, Biophysics and Biometrics Department, Institute of Biology Roberto Alcântara Gomes and Piquet Carneiro Polyclinic, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ 20950-003, Brazil; ygor.silva@souunisuam.com.br (Y.T.-S.); alexandre.meirelles@estacio.br (A.G.d.M.); patricia.souza@inca.gov.br (P.L.-S.); silva.aline@posgraduacao.uerj.br (A.R.-S.); caputo.danubia@posgraduacao.uerj.br (D.C.S.-C.); domingos.laís@posgraduacao.uerj.br (L.L.P.-D.); bernardo@uerj.br (M.B.-F.)
 - ³ Graduate Program in Medical Sciences, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ 20.551-030, Brazil
 - ⁴ Professional Master in Health, Laboratory Medicine and Forensic Technology, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ 20950-003, Brazil
 - ⁵ Bezerra de Aratú Faculty, Rio de Janeiro, RJ 23052-180, Brazil
 - ⁶ Faculty of Biological and Health Sciences, Federal University of the Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG 39100-000, Brazil; lacerda.acr@ufvjm.edu.br (A.C.R.L.); vanessa.mendonca@ufvjm.edu.br (V.A.M.)
 - ⁷ Health Sciences Degree Program. Estacio de Sá University, Rio de Janeiro, RJ 20071-001, Brazil; ricardo.cordeiro@estacio.br
 - ⁸ Graduate Program in Exercise Sciences and Sport, Rio de Janeiro State University, Rio de Janeiro, RJ 20550-000, Brazil
 - ⁹ Groupe de Recherche en Sciences pour l'Ingénieur (GRESPI)/ University of Reims Champagne Ardenne, 51100 Reims, France; redha.taiar@univ-reims.fr
 - ¹⁰ Istituto Auxologico Italiano, Division of Metabolic Diseases and Auxology & Experimental Laboratory for Auxo-endocrinological Research, 28824 Verbania, Italy; sartorio@auxologico.it
 - ¹¹ Department of Health and Human Performance, Marymount University, Arlington, VA 22207, USA; awong@marymount.edu
 - ¹² Departamento de Educación Física y Deporte, University of Sevilla, 41013 Sevilla, Spain; bsancor@us.es
- * Correspondence: vanessa.caiado@uerj.br; Tel.: +55-21-23342367

Received: 29 August 2020; Accepted: 17 October 2020; Published: 28 October 2020



Abstract: (1) Background: Hypertension is a serious medical condition characterized by a persistent increase in blood pressure (BP), which is prevalent in individuals with knee osteoarthritis (KOA). Pharmacological interventions are normally used to treat both hypertension and KOA; however, a more sustainable form of treatment is desirable for these clinical conditions. Whole-body vibration (WBV) exercise has been proposed as a non-pharmacological therapy for reducing both BP and KOA symptomatology. This study aimed to evaluate the antihypertensive effect of WBV in hypertensive individuals with KOA. (2) Methods: Nineteen hypertensive individuals with KOA were randomly

allocated to either a control (CG) ($n = 9$) or a WBV group (WBVG) ($n = 10$). Subjects in the WBVG were positioned sitting in a chair in front of a vibrating platform (VP) with the feet on the base (peak-to-peak displacement 2.5, 5.0 and 7.5 mm; frequencies 5 to 14 Hz). In the CG, subjects assumed the same position with the VP turned off. The protocols in the CG and WBVG were performed 2 days/week for a total of 5 weeks. (3) Results: No baseline differences (age, anthropometrics, BP parameters and medications) between the groups were found ($p > 0.05$). WBV exercise reduced systolic BP (SBP: 126.1 ± 2.7 versus 119.1 ± 3.2 mmHg; $p = 0.001$; post hoc: $p = 0.02$; $F = 23.97$) and mean BP (MBP: 82.6 ± 1.8 versus 78.7 ± 1.8 , $p = 0.001$, post hoc: $p = 0.02$; $F = 23.97$), while no significant changes were found in diastolic BP (DBP: 68.5 ± 2.2 versus 64.4 ± 2.3 ; $p = 0.11$; $F = 2.68$). (4) Conclusions: WBV might be considered a sustainable therapy for exerting an antihypertensive effect in medicated hypertensive individuals with KOA. This decline in BP might translate to a reduction in pharmacological need, although further studies are necessary to understand the mechanisms underlying the described effect.

Keywords: hypertension; whole-body vibration; knee osteoarthritis; physical and Rehabilitation medicine; non-pharmacological treatment; sustainability

1. Introduction

Currently, 1.13 billion people worldwide have hypertension [1]. This medical condition is characterized by a persistent increase in blood pressure (BP) [1] that can be associated with several chronic diseases (e.g., knee osteoarthritis - KOA [2], metabolic syndrome - MSyn [3,4], obesity [5] and diabetes [3]).

KOA, considered a systemic disease, is connected with biomechanical factors and an important inflammatory component affecting articular and periarticular structures [6,7]. In addition, KOA is also linked with some cardiovascular risk factors, as MSyn [8], obesity [9], elevated prevalence of diabetes and a rise in BP [10]. Liu et al. showed the association of mortality risk in individuals with symptomatic KOA, including hypertension, as one of these factors [11]. The new classification for phenotyping KOA involves components of MSyn, such as increased BP associated with cardiovascular risk factors (i.e., “pre-hypertension or hypertension”) [12]. Although many studies reported the association between KOA and hypertension [13–15]; to our knowledge, only a longitudinal investigation reported the incidence of hypertension in individuals with KOA. The authors of this investigation concluded that individuals with KOA are 13% more likely to develop hypertension than those without KOA [2].

Different mechanisms seem to influence the elevated risk of cardiovascular disease (CVD) among KOA individuals, including: (i) the presence of low-chronic grade inflammation (inflamm-aging) [16,17]; (ii) relevant changes in extracellular matrix (ECM) [18,19] and (iii) pain and disability that may result in physical inactivity (sedentary lifestyle) [20].

Since individuals with KOA are more likely to develop hypertension, monitoring and treating BP in these individuals is desirable. Therefore, in order to obtain long-term health benefits and prevent CVD, the close surveillance and better management of BP in this population is recommended [2].

The use of medications is indicated for the treatment of hypertension and for the reduction of symptoms related to KOA [21,22]. The presence of these two diseases leads to an increase in the consumption of medicines, increasing the cost for the individual. In addition, the administration of a greater number of medications can have greater adverse/side effects for the individual and for the environment. Green Chemistry and Green Engineering have worked on the development of safer materials and chemicals, assessing the toxicological risk for both the environment and consumers (Green Toxicology) [23]. However, in order to achieve a sustainable and safe production of new chemical products, this process requires important measures. In the case of pharmaceutical compounds, there may be limitations on obtaining ecological medicines that are safe and effective

without increasing the final cost for the consumer [23]. In this context, a good strategy would be to investigate non-pharmacological and low-cost treatments in the health area. Ikeda et al. [24] reported that in some low- and middle-income countries, the use of medications for hypertension is reduced. This suggests that a comprehensive approach to the prevention and control of high BP has been investigated since medication is an expensive alternative and most people are hypertensive. Following these considerations, physical exercise has been prescribed to reduce both BP and symptoms related to KOA [22,25].

Among the various modalities of exercise proposed for KOA individuals, whole-body vibration (WBV) exercise has been suggested due to relevant responses related to the reduction of BP [26]. Moreover, WBV exercise promotes improvements in the quality of life, knee joint function (neuromuscular function, flexibility, muscle power and strength), bone mineral density, and decreases pain levels and number of falls [27–30]. WBV exercise has also been shown to have an important clinical application for subjects with cardiovascular risk [26,31–33], particularly for individuals unable to perform regular physical exercise, such as KOA individuals. Moreover, the WBV intervention is a non-pharmacological treatment option that is economic and safe for individuals who cannot use or refuse medication. Thus, the current study aimed to evaluate the antihypertensive effects of WBV exercise in hypertensive individuals with KOA. The hypothesis is that a WBV exercise program (5 weeks) would improve BP in hypertensive individuals with KOA.

2. Materials and Methods

2.1. Subjects

Nineteen outpatients from the Orthopedics Department of the *Hospital Universitário Pedro Ernesto, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (HUPE-UERJ)* with KOA diagnostic according to the criteria of the Ahlbäck [34] participated in the current study. Subjects were recruited between March 2014 and July 2017. This investigation with hypertensive KOA individuals is included in a general project about the clinical intervention of WBV exercise in a KOA population, which was approved by the Ethics Committee in Research of the *HUPE-UERJ*. All the interventions are in accordance with the Declaration of Helsinki and have a clinical trial registration (CAAE- 19826413.8.0000.5259 and RBR-7dfwct, respectively).

2.1.1. Inclusion Criteria

Participants had a clinical diagnosis of KOA with Ahlbäck degree 2 and 3, were over 50 years of age, and had low functional capacity (International Knee Documentation Committee (IKDC) score between 20 and 50) [35]. All participants self-declared the continuous use of antihypertensive drugs prescribed by their doctors and were unaware of their hypertension level.

2.1.2. Exclusion Criteria

Participants with joint prosthesis or total knee replacement, other musculoskeletal disorders, neurological diseases or hypertension without treatment, and those that refused to sign the informed consent were excluded.

2.2. Study Design

The study was a two step crossover trial [36] with a washout period for the total elimination of the mechanical vibration effect, which is in accordance with a previous investigation [37] (Figure 1). Following an initial screening that included medical history, anthropometric (age, stature, body mass and body mass index (BMI)) and BP measurements, eligible participants were randomly assigned by arrival order to either a WBV group (WBVG) or a control group (CG). In WBVG, the individuals were exposed to mechanical vibration and in the CG, the individuals participated in the same protocol as

the WBVG, but with the vibrating platform (VP) turned off. Following the initial intervention and an 8-week washout period, the groups were switched to the second intervention step.

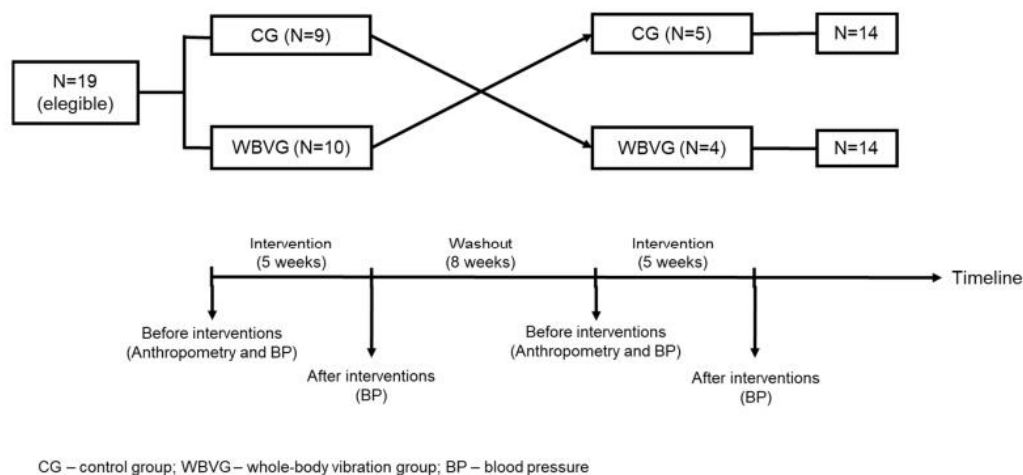


Figure 1. Randomized crossover clinical trial design.

Data were collected at baseline (before starting the protocol) and at the end of the protocol (after 5 weeks) always at the same time (± 1 h), in the morning.

Participants were instructed to maintain the antihypertensive drugs prescribed by their doctors and not to modify their lifestyle habits (diet, exercise) during the study.

2.3. Anthropometry and BP

BP and anthropometric parameters were measured in a silent temperature-controlled room (22–25 °C). A digital scale (WelmyTM, São Paulo, SP, Brazil) was used to measure the body mass (kg) and a wall mounted stadiometer (American Medical do Brazil, São Paulo, SP, Brazil) was utilized to measure height (cm).

Before the start of the protocol (first session) the systolic BP (SBP) and the diastolic BP (DBP) were measured in a left arm, in the seated position, using an automatic device (Omron 705IT device; OmronTM Healthcare Co., Kyoto, Japan) after 10 min of rest. The SBP and DBP were also measured immediately after the last session. Three measurements at 1-min intervals were collected and the mean of the three values was used for comparison. The mean of BP (MBP) was calculated using the equation $MBP = (DBP \cdot 2 + SBP) / 3$ [38]. A difference after and before the intervention ($\Delta = \text{post} - \text{pre}$) was calculated in each BP parameter (SBP, DBP and MBP).

2.4. Whole-Body Vibration Intervention

The WBV protocol was performed for 5 weeks, two days per week (10 sessions) with an interval of at least 2 days between sessions. The position of the subjects during the WBV session was in accordance with previous studies [39–42]: (i) participant sitting in an ancillary chair in front of the VP, (ii) feet on VP base (barefoot), (iii) knee with a comfortable flexion between 100–120° (measured by manual goniometer), (iv) the hands on the knees to facilitate the transmission of the mechanical vibration for the whole body of the individual. The VP used was a side alternated movement of the base (Novaplate Fitness Evolution, DAF Produtos Hospitalares LTDA, São Paulo, Brazil). The participants were instructed to maintain this position with feet in each peak-to-peak displacement (2.5, 5.0 and 7.5 mm) indicated on the base of the VP for 3 min, resting 1 min after each bout. The frequency was increased in each session from 5 Hz (first session) up to 14 Hz (last session), corresponding to peak acceleration (a_{Peak}) from

0.12 to 2.95 g [39–42]. The CG followed the same protocol as the WBVG, but with the VP turned off (no vibration).

2.5. Statistical Analysis

The Kolmogorov-Smirnov test was used to test data normality. Mauchly's and Levene's tests were used to verify the sphericity and homogeneity of data and when necessary, the Greenhouse-Geisser correction was applied.

Student-t test was performed for calculation of possible baseline differences between the two groups. A 2-way ANOVA (group (G and WBVG) X time (pre and post treatments)) was performed to establish the intervention effects over time. In case of significant F ratio, the Bonferroni post-hoc test was applied. Data are expressed as mean $\pm$ standard error (SEM). The software SPSS 20.0 (SPSS IncTM, Chicago, IL, USA) was used for the statistical calculations and $p \leq 0.05$ was considered as probability level for statistical significance.

Based on previous study [31], the software G*Power 3.1.5 (Universitat Dusseldorf, Dusseldorf, Germany) performed a sample size taking into consideration a α error probability = 0.05; β error probability = 0.80; effect size $f = 0.25$; correlation among repeated measures = 0.5; nonsphericity correction $\epsilon = 1$. A statistical power of 0.82 was estimated and after calculations, it was determined to be a total of $n = 24$ (12 participants per group).

3. Results

Nineteen individuals with KOA were randomly allocated in CG ($n = 9$) and WBVG ($n = 10$). Five individuals from the WBVG returned to perform the second step of the treatment (CG) and four individuals from the CG returned to the WBVG totaling fourteen people in each group (2 males and 12 females) (Figure 1). Therefore, 14 individuals in CG and 14 individuals in WBVG concluded all the protocols proposed which were similar to previous studies [31,43,44].

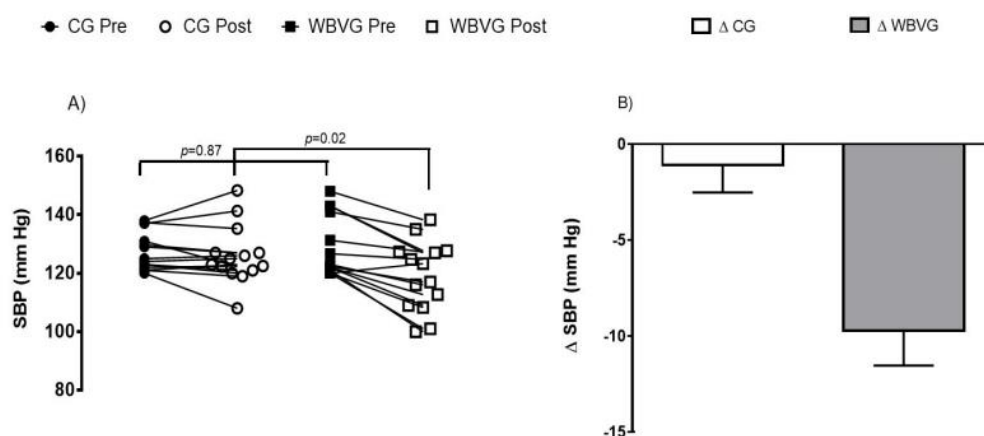
Table 1 shows that anthropometric and BP parameters collected before the interventions and the medications used by participants were not significantly different in the two groups ($p > 0.05$). Although all individuals were taking antihypertensive drugs, the SBP levels of both groups were compatible with prehypertension ($n = 11$) and hypertension ($n = 3$) [45].

Figures 2–4 show changes in BP data following the interventions of the two groups (WBVG and CG). A significant Group versus Time interaction showed differences between WBVG and CG decreasing the SBP ($F = 23.97$, $p = 0.001$) and MBP ($F = 23.97$, $p = 0.007$), as reported in the Figure 2A A, respectively. No significant changes were found in DBP ($F = 2.68$, $p = 0.11$) (Figure 4A). In addition, significant differences were found between post-conditions (WBVG versus CG) for SBP (119.1 ± 3.2 versus 126.1 ± 2.7 mmHg; $\Delta -9.6$ mmHg; post hoc: $p = 0.02$), as shown in Figure 2B, and MBP (78.7 ± 1.8 versus 82.6 ± 1.8 ; $\Delta -5.0$ mmHg; $p = 0.04$), as reported in Figure 3B, but not for DBP (64.4 ± 2.3 versus 68.5 ± 2.2 ; $\Delta -4.1$ mmHg, $p = 0.2$) (Figure 4B).

Table 1. Anthropometric and blood pressure (BP) parameters and medications used by participants in both study groups: control group (CG) and whole-body vibration group (WBVG).

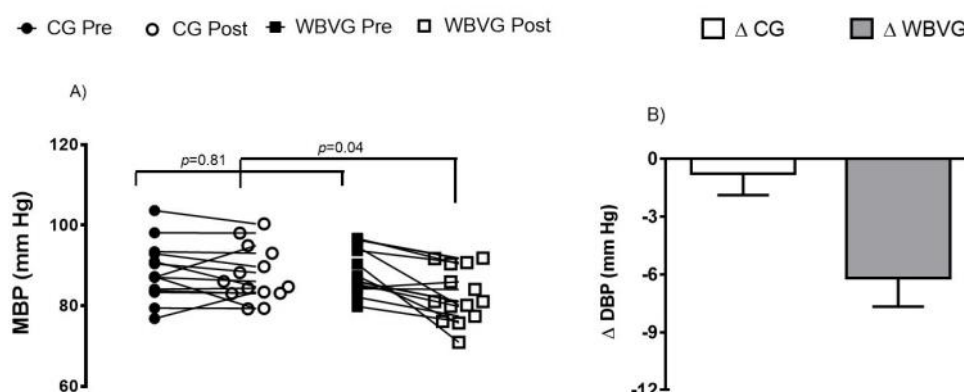
Variable	Control Group (CG) n = 14 (2 M and 12 F)	Vibration Group (WBVG) n = 14 (2 M and 12 F)	Independent T-Test
Age (year)	64.1 ± 3.3	67.1 ± 2.8	0.518
Body mass (kg)	82.8 ± 2.8	86.8 ± 3.8	0.642
Stature (cm)	160.8 ± 0.1	160.8 ± 0.2	0.431
BMI (kg/m ²)	33.2 ± 1.6	35.2 ± 2.0	0.428
IKDC score	26.14 ± 2.36	29.45 ± 2.51	0.349
SBP (mmHg)	127.2 ± 1.7	128.3 ± 2.7	0.871
DBP (mmHg)	69.0 ± 2.7	68.7 ± 2.3	0.881
MBP (mmHg)	88.4 ± 1.9	88.7 ± 1.5	0.943
Medications	Chi-Square Test		
Diuretic + AT1 blocker or ACE inhibitor	3	5	0.50
AT1 blocker	6	6	0.64
ACE inhibitor	2	1	0.54
Beta-1 blocker	2	1	0.54
Calcium blocker	2	2	0.70
Metformin	2	1	0.54
Statins	3	4	0.66
SAIDs	2	3	0.62
Chondroitin sulphate	1	1	0.75

M—males; F—females; BMI—body mass index; IKDC—International Knee Documentation Committee; SBP—systolic blood pressure; DBP—diastolic blood pressure; MBP—mean blood pressure. Data expressed in mean ± standard error. ACE = angiotensin-converting enzyme; AT1 = angiotensin II receptor type 1; SAIDs: steroidal anti-inflammatory drugs.



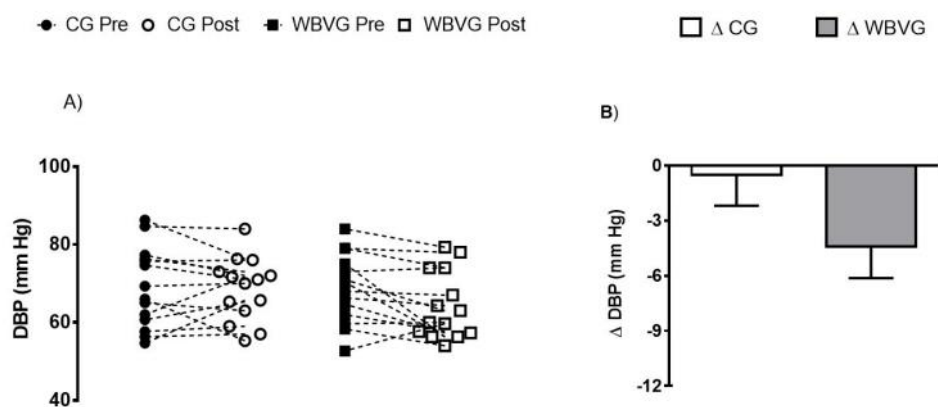
SBP - systolic blood pressure; WBVG - whole-body vibration group; CG - control group; Δ=post-pre (difference). Significant Group versus Time effect ($F=23.97$; $p=0.001$). Significant difference between WBVG versus CG ($p=0.02$).

Figure 2. Systolic blood pressure in knee osteoarthritis individuals of control group compared with whole-body vibration group. (A) Group (CG and WBVG) X Time (pre and post treatments) and (B) Difference of means (Δ = post-pre).



MBP - mean blood pressure; WBVG – whole-body vibration group; CG - control group; Δ =post-pre (difference). Significant Group versus Time effect ($F=8.56$; $p=0.007$). Significant difference between WBVG versus CG ($p=0.04$).

Figure 3. Mean blood pressure in knee osteoarthritis individuals of control group compared with whole-body vibration group. (A) Group (CG and WBVG) X Time (pre and post treatments) and (B) Difference of means (Δ = post-pre).



DBP - diastolic blood pressure; WBVG – whole-body vibration group; CG - control group; Δ =post-pre (difference). No significant Group versus Time effect ($F=2.68$; $p=0.114$). No significant difference between WBVG versus CG ($p=0.2$).

Figure 4. Diastolic blood pressure in knee osteoarthritis individuals of control group compared with whole-body vibration group. (A) Group (CG and WBVG) X Time (pre and post treatments) and (B) Difference of means (Δ = post-pre).

4. Discussion

The association of KOA with cardiovascular risk factors has been discussed in several studies [10–12]. As far as we know, the current work is the first which aimed to evaluate the WBV exercise effects on the BP levels in individuals who suffer with KOA. It is important to report that the washout period of 8 weeks [37] was sufficient for a total elimination of the mechanical vibration effect, because the comparison of the baseline in both groups was similar (SBP – $p = 0.87$; DBP – $p = 0.881$ and MBP – $p = 0.943$). Although previous studies have used longer protocols (between 6 and 12 weeks) in non-KOA populations [31,43–47], we showed that an even shorter duration protocol (5 weeks) provides promising outcomes for hypertensive KOA individuals. This encourages further short studies in this population.

4.1. Blood Pressure and Whole-Body Vibration

The most relevant results of the present investigation are that SBP and MBP had a significant reduction after 5 weeks of WBV intervention in individuals with KOA compared with CG. These findings are in line with several authors that have previously demonstrated that resting BP decreases after WBV in different populations. Alvarez-Alvarado et al. [32] and Figueroa et al. [26] reported reductions at resting SBP (−5 mmHg) without changes in DBP in young women (overweight/obese) and normotensive (Baseline: SBP/DBP < 120/80 mmHg) after 6 weeks of a WBV program. Furthermore, authors observed SBP and MBP reduction after a WBV program versus a control group (6–12 weeks) in obese postmenopausal women with both elevated BP and hypertension [31,43–47]. Other investigations indicated a greater decrease in blood pressure between WBV intervention versus control group, when the baseline BP is high (>120/80 mmHg). Figueroa et al. [31] reported a decrease in SBP (−9 mmHg) in obese postmenopausal women with high BP. Figueroa et al. [44] showed a reduction of the SBP (−10 mmHg), DBP (−5 mmHg) and MBP (−6 mmHg) in postmenopausal women with hypertension. Wang et al. [47] found a decrease in SBP (−8 mmHg) and DBP (−3 mmHg) in obese hypertensive postmenopausal women. In the current study, we found significant reductions in SBP and MBP between intervention and control groups (−9.0 and 5.0 mmHg respectively). However, we note that three subjects that began the study with SBP levels above 140 mmHg (143, 144 and 148 mmHg) had a major reduction in SBP (−15 mmHg) after the WBV protocol. This find is similar to other studies [31,44,47], in which greater reductions in BP can be achieved in individuals who begin the WBV exercise with higher BP. Further studies are needed to confirm this suggestion.

Considering that the local vascular resistance was modulated by the high production of metabolites after several muscle contractions during physical exercise [48], chronic reductions in BP after WBV have been attributed to arterial vasodilation in the exercised limbs [31,44]. In the present study, reductions in SBP and MBP would be elicited by means of WBV without voluntary contraction of the musculature, due to the position of the individuals on the VP (sitting in an ancillary chair in front of the VP with the feet supported on its base). This decrease is compatible with another study that showed a decrease in SBP (−12 mmHg) and MBP (−9 mmHg) after WBV in obese postmenopausal women [44]. Despite this study not showing any significant changes in DBP, Manimmanakorn et al. reported that 12 weeks of WBV improved resting DBP pressure in type II diabetic patients [49]. Beijer et al. compared a resistance exercise with and without vibration performed by healthy males during 6 weeks of intervention. They found a positive effect of vibratory stimulus in decreasing DBP [50]. No modification in the antihypertensive treatment was detected in both groups during the study.

4.2. Association between Hypertension and Knee Osteoarthritis

Some symptoms of KOA may be related to hypertension; these include pain [51,52], physical inactivity [53] and inflammatory factor [54,55]. Furthermore, the use of some analgesics can affect BP and can interfere in the effects of antihypertensive therapy [56]. Authors have shown that WBV exercise might produce several benefits on the management of individuals with KOA such as a decrease in pain levels [29,57,58], improvement of functional capacity [29,57–59] and the concentration of inflammatory biomarkers [58]. Wang et al. found a decrease in the level of pain, joint stiffness (knee) and an improvement of functional capacity in individuals with KOA after 12 weeks of WBV [29]. Zafar et al. showed in a systematic review and meta-analysis that WBV reduces the level of pain and improves the functional capacity in individuals with KOA [57]. Similarly, Wang et al. showed that WBV programs of 8 and 12 weeks were beneficial for improving functional capacity in the same population; it is suggested that WBV could be included in rehabilitation programs [59]. Simão et al. suggested that 12 weeks of WBV would improve the self-perception of pain level, functional capacity (balance and gait quality) and inflammatory markers (reductions in the concentrations of soluble tumor necrosis factor receptor - sTNFR1 and sTNFR2) in elderly subjects with KOA [58]. These studies could justify our findings about the BP reduction in this population after a WBV program.

In addition, symptoms related to KOA can impair the maintenance of squat positioning which is usually performed in studies with hypertensive patients without KOA [26,31,32,43,44,46,47]. The current work uses a protocol in which the KOA individuals are exposed to WBV exercise in a comfortable and safe position [39–42]. The seated position in an ancillary chair allows patients to perform the WBV protocol without increasing the load on their knee joints. Naturally, it is relevant to highlight that this positioning could benefit other hypertensive individuals who have other clinical limitations, such as obesity, wheelchair use or diseases that prevent the squat posture. Further studies using the same protocol with hypertensive individuals without KOA but with other physical disabilities are suggested.

4.3. Possible Mechanisms of the Whole-Body Vibration to Reduce Blood Pressure

Considering the WBV intervention, BP reductions could be associated with vasodilation of the muscular arteries [60]. Some authors have shown WBV to acutely improve arterial function such as leg's skin blood flow in healthy persons [60–62]. Additionally, these studies indicated that vibratory stimulus could produce local vasodilation of peripheral arteries, decreasing the BP and reducing cardiovascular strain. Indeed, it has been shown that WBV intervention increases blood flow [63] and decreases arterial stiffness [60] as well as wave reflection [62] in the exposed limbs.

The same mechanisms that cause vascular improvements through vasodilation might justify declines in resting BP after our WBV intervention. Another possibility for the significant BP reduction after WBV intervention would be the increase in concentration of nitric oxide (NO) and endothelial NO synthase activity [46,63]. Furthermore to NO, the reduction of endothelin-1 (a vasoconstrictor) could be another endothelial factor involved with vasodilatory response to vibratory stimulus [64]. Another potential mechanism may be an improvement in autonomic nervous system activity. Joyner et al. [65] reported that the autonomic nervous system and its sympathetic pathway performs a great function in BP regulation. Furthermore, decreased parasympathetic and increased sympathetic activities modify sympathovagal balance and it would be the main mechanism to establish hypertension and pre-hypertension [66]. Previous research reported concomitant decreases in both resting BP and sympathovagal balance after WBV intervention in overweight/obese women [26,47].

4.4. Limitations of Study

Some limitations of this work include that there was no separate osteoarthritis classification by Ahlbäck criteria. Moreover, vasoactive substances and sympathetic activity were not measured, which would have helped in the explanation of the current findings. We also did not control for some covariates, like Na⁺ intake, K⁺ intake, serum Na⁺, K⁺ levels, diuresis, sleep, and daily physical activity and this may interfere in some responses to the investigation.

4.5. Strength of Study

The strength of this work is that it shows the effectiveness of a non-pharmacological and low-cost intervention for the treatment of hypertensive individuals with KOA. It offers a more sustainable treatment option, as this population could reduce the consumption of medications, reducing adverse/side effects, improving not only health but helping to preserve the environment (Green Toxicology) [23].

5. Conclusions

The current study showed that WBV exercise was able to produce antihypertensive effect on SBP and MBP in medicated hypertensive KOA individuals. Thus, WBV exercise might be considered a sustainable tool to decrease BP. Of importance, no participant increased the use of medications or left the research due to BP related issues during the interventions. This suggests that further research should be carried out to investigate the association between the use of WBV intervention and the reduction of the consumption of antihypertensive medications.

Author Contributions: Conceptualization, E.M.-M. and M.B.-F.; data curation, E.M.-M., A.R.-S., P.L.-S., R.G.C., and L.L.P.-D.; formal analysis, R.G.C.; funding acquisition, E.M.-M., M.C.M.-F. and M.B.-F.; investigation, V.d.S.C., M.C.M.-F., A.G.d.M., R.G.C. and Y.T.-S.; methodology, E.M.-M., A.R.-S., P.L.-S., L.L.P.-D., Y.T.-S., and A.G.d.M.; supervision, D.C.S.-C. and M.B.-F.; writing—original draft, E.M.-M., M.B.-F.; writing—review & editing, E.M.-M., V.d.S.C., A.C.R.L., R.T., V.A.M., A.S., A.W., B.S. and M.B.-F. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was supported by Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (finance code 001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), the Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) and the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- World Health Organisation (WHO) Hypertension. Available online: https://www.who.int/health-topics/hypertension/#tab=tab_1 (accessed on 17 April 2020).
- Veronese, N.; Stubbs, B.; Solmi, M.; Smith, T.O.; Noale, M.; Schofield, P.; Maggi, S. Knee Osteoarthritis and Risk of Hypertension: A Longitudinal Cohort Study. *Rejuvenation Res.* **2018**, *21*, 15–21. [\[CrossRef\]](#)
- Cheung, B.M.Y.; Li, C. Diabetes and Hypertension: Is There a Common Metabolic Pathway? *Curr. Atheroscler. Rep.* **2012**, *14*, 160–166. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Mulè, G. Metabolic syndrome in hypertensive patients: An unholy alliance. *World J. Cardiol.* **2014**, *6*, 890. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Jiang, S.-Z.; Lu, W.; Zong, X.-F.; Ruan, H.-Y.; Liu, Y. Obesity and hypertension. *Exp. Ther. Med.* **2016**, *12*, 2395–2399. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Robinson, W.H.; Lepus, C.M.; Wang, Q.; Raghu, H.; Mao, R.; Lindstrom, T.M.; Sokolove, J. Low-grade inflammation as a key mediator of the pathogenesis of osteoarthritis. *Nat. Rev. Rheumatol.* **2016**, *12*, 580–592. [\[CrossRef\]](#)
- Loeser, R.F.; Goldring, S.R.; Scanzello, C.R.; Goldring, M.B. Osteoarthritis: A disease of the joint as an organ. *Arthritis Rheum.* **2012**, *64*, 1697–1707. [\[CrossRef\]](#)
- Lee, B.; Yang, S.; Kwon, S.; Choi, K.; Kim, W. Association between metabolic syndrome and knee osteoarthritis: A cross-sectional Nationwide survey study. *J. Rehabil. Med.* **2019**, *51*, 464–470. [\[CrossRef\]](#)
- Khan, B.; Khan, O.Y.; Zehra, S.; Azhar, A.; Fatima, S. Association between obesity and risk of knee osteoarthritis. *Pak. J. Pharm. Sci.* **2020**, *33*, 295–298.
- Kim, H.S.; Shin, J.-S.; Lee, J.; Lee, Y.J.; Kim, M.; Bae, Y.-H.; Park, K.B.; Lee, E.-J.; Kim, J.-H.; Ha, I.-H. Association between Knee Osteoarthritis, Cardiovascular Risk Factors, and the Framingham Risk Score in South Koreans: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0165325. [\[CrossRef\]](#)
- Liu, Q.; Niu, J.; Huang, J.; Ke, Y.; Tang, X.; Wu, X.; Li, R.; Li, H.; Zhi, X.; Wang, K.; et al. Knee osteoarthritis and all-cause mortality: The Wuchuan Osteoarthritis Study. *Osteoarthritis Cartil.* **2015**, *23*, 1154–1157. [\[CrossRef\]](#)
- DongXing, X.; Jie, W.; Chao, Z.; Tuo, Y.; Hui, L.; YiLun, W.; HuiZhong, L.; ZiYing, W.; YuXuan, Q.; KangHua, L.; et al. Association between metabolic syndrome and knee osteoarthritis: A cross-sectional study. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2017**, *18*. [\[CrossRef\]](#)
- Nielen, M.M.J.; Van Sijl, A.M.; Peters, M.J.L.; Verheij, R.A.; Schellevis, F.G.; Nurmohamed, M.T. Cardiovascular disease prevalence in patients with inflammatory arthritis, diabetes mellitus and osteoarthritis: A cross-sectional study in primary care. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2012**, *13*, 150. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Hawker, G.A.; Croxford, R.; Bierman, A.S.; Harvey, P.; Ravi, B.; Kendzerska, T.; Stanaitis, I.; King, L.K.; Lipscombe, L. Osteoarthritis-related difficulty walking and risk for diabetes complications. *Osteoarthritis Cartil.* **2017**, *25*, 67–75. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Sohn, M.W.; Manheim, L.M.; Chang, R.W.; Greenland, P.; Hochberg, M.C.; Nevitt, M.C.; Semanik, P.A.; Dunlop, D.D. Sedentary behavior and blood pressure control among osteoarthritis initiative participants. *Osteoarthritis Cartil.* **2014**, *22*, 1234–1240. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Ong, S.-M.; Hadadi, E.; Dang, T.-M.; Yeap, W.-H.; Tan, C.T.-Y.; Ng, T.-P.; Larbi, A.; Wong, S.-C. The pro-inflammatory phenotype of the human non-classical monocyte subset is attributed to senescence. *Cell Death Dis.* **2018**, *9*, 266. [\[CrossRef\]](#)
- Nakayama, H.; Otsu, K. Mitochondrial DNA as an inflammatory mediator in cardiovascular diseases. *Biochem. J.* **2018**, *475*, 839–852. [\[CrossRef\]](#)

18. Radojčić, M.R.; Thudium, C.S.; Henriksen, K.; Tan, K.; Karlsten, R.; Dudley, A.; Chessell, I.; Karsdal, M.A.; Bay-Jensen, A.-C.; Crema, M.D.; et al. Biomarker of extracellular matrix remodelling C1M and proinflammatory cytokine interleukin 6 are related to synovitis and pain in end-stage knee osteoarthritis patients. *Pain* **2017**, *158*, 1254–1263. [\[CrossRef\]](#)
19. Lacolley, P.; Regnault, V.; Avolio, A.P. Smooth muscle cell and arterial aging: Basic and clinical aspects. *Cardiovasc. Res.* **2018**, *114*, 513–528. [\[CrossRef\]](#)
20. Stubbs, B.; Binnekade, T.T.; Soundy, A.; Schofield, P.; Huijnen, I.P.J.; Eggermont, L.H.P. Are Older Adults with Chronic Musculoskeletal Pain Less Active than Older Adults Without Pain? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Med.* **2013**, *14*, 1316–1331. [\[CrossRef\]](#)
21. Bergler-Klein, J. What's new in the ESC 2018 guidelines for arterial hypertension. *Wien. Klin. Wochenschr.* **2019**, *131*, 180–185. [\[CrossRef\]](#)
22. Kolasinski, S.L.; Neogi, T.; Hochberg, M.C.; Oatis, C.; Guyatt, G.; Block, J.; Callahan, L.; Copenhaver, C.; Dodge, C.; Felson, D.; et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Rheumatol.* **2020**, *72*, 220–233. [\[CrossRef\]](#)
23. Crawford, S.E.; Hartung, T.; Hollert, H.; Mathes, B.; van Ravenzwaay, B.; Steger-Hartmann, T.; Studer, C.; Krug, H.F. Green Toxicology: A strategy for sustainable chemical and material development. *Environ. Sci. Eur.* **2017**, *29*, 16. [\[CrossRef\]](#)
24. Ikeda, N.; Sapienza, D.; Guerrero, R.; Aekplakorn, W.; Naghavi, M.; Mokdad, A.H.; Lozano, R.; Murray, C.J.; Lim, S.S. Control of hypertension with medication: A comparative analysis of national surveys in 20 countries. *Bull. World Health Organ.* **2014**, *92*, 10–19C. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
25. Sakamoto, S. Prescription of exercise training for hypertensives. *Hypertens. Res.* **2020**, *43*, 155–161. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
26. Figueroa, A.; Gil, R.; Wong, A.; Hooshmand, S.; Park, S.Y.; Vicil, F.; Sanchez-Gonzalez, M.A. Whole-body vibration training reduces arterial stiffness, blood pressure and sympathovagal balance in young overweight/obese women. *Hypertens. Res.* **2012**. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
27. Lai, Z.; Wang, X.; Lee, S.; Hou, X.; Wang, L. Effects of whole body vibration exercise on neuromuscular function for individuals with knee osteoarthritis: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* **2017**, *18*, 437. [\[CrossRef\]](#)
28. Newberry, S.J.; FitzGerald, J.; SooHoo, N.F. Treatment of Osteoarthritis of the Knee: An Update Review. *Comp. Eff. Rev.* **2017**, 190. [\[CrossRef\]](#)
29. Wang, P.; Yang, L.; Li, H.; Lei, Z.; Yang, X.; Liu, C.; Jiang, H.; Zhang, L.; Zhou, Z.; Reinhardt, J.D.; et al. Effects of whole-body vibration training with quadriceps strengthening exercise on functioning and gait parameters in patients with medial compartment knee osteoarthritis: A randomised controlled preliminary study. *Physiotherapy* **2016**, *102*, 86–92. [\[CrossRef\]](#)
30. Beck, B.R.; Norling, T.L. The Effect of 8 Mos of Twice-Weekly Low- or Higher Intensity Whole Body Vibration on Risk Factors for Postmenopausal Hip Fracture. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.* **2010**. [\[CrossRef\]](#)
31. Figueroa, A.; Kalfon, R.; Wong, A. Whole-body vibration training decreases ankle systolic blood pressure and leg arterial stiffness in obese postmenopausal women with high blood pressure. *Menopause* **2015**. [\[CrossRef\]](#)
32. Alvarez-Alvarado, S.; Jaime, S.J.; Ormsbee, M.J.; Campbell, J.C.; Post, J.; Pacilio, J.; Figueroa, A. Benefits of whole-body vibration training on arterial function and muscle strength in young overweight/obese women. *Hypertens. Res.* **2017**, *40*, 487–492. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Lage, V.K.S.; Lacerda, A.C.R.; Neves, C.D.C.; Chaves, M.G.A.; Soares, A.A.; Lima, L.P.; Matos, M.A.; Leite, H.R.; Fernandes, J.S.C.; Oliveira, V.C.; et al. Cardiorespiratory responses in different types of squats and frequencies of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J. Appl. Physiol.* **2018**, *126*, 23–29. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
34. Ahlback, S. Osteoarthrosis of the knee. A radiographic investigation. *Acta Radiol Diagn* **1968**, *77*, 7–72. [\[CrossRef\]](#)
35. Silva Júnior, O.D.M.; Ohashi, B.D.N.; De Almeida, M.O.; Gonçalves, M.R. Resultado funcional relacionado ao posicionamento do enxerto na reconstrução do ligamento cruzado anterior. *Rev. Bras. Ortop.* **2015**, *50*, 57–67. [\[CrossRef\]](#)
36. Dwan, K.; Li, T.; Altman, D.G.; Elbourne, D. CONSORT 2010 statement: Extension to randomised crossover trials. *BMJ* **2019**, 14378. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

37. Hiroshige, K.; Mahbub, M.H.; Harada, N. Effects of whole-body vibration on postural balance and proprioception in healthy young and elderly subjects: A randomized cross-over study. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **2014**, *54*, 216–224.
38. Brzezinski, W. Blood Pressure. In *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations*; Walkr, H., Hall, W., Hurst, J., Eds.; Butterworths: Boston, MA, USA, 1990.
39. Neto, S.B.; Marconi, E.M.; Kutter, C.R.; Frederico, E.H.; de Paiva, P.D.; Meyer, P.F.; Chang, S.; Sá-Caputo, D.; Bernardo-Filho, M. Beneficial effects of whole body mechanical vibration alone or combined with auriculotherapy in the pain and in flexion of knee of individuals with knee osteoarthritis. *Acupunct. Electrother. Res.* **2017**, *42*, 185–201. [[CrossRef](#)]
40. Ribeiro Kütter, C.; Moreira-Marconi, E.; Teixeira-Silva, Y.; Cristina Moura-Fernandes, M.; Gonçalves de Meirelles, A.; José dos Santos Pereira, M.; Chang, S.; Alexandre Bachur, J.; Liane Paineiras-Domingos, L.; Taiar, R.; et al. Effects of the whole-body vibration and auriculotherapy on the functionality of knee osteoarthritis individuals. *Appl. Sci.* **2019**, *9*, 5194. [[CrossRef](#)]
41. Moura-Fernandes, M.C.; Moreira-Marconi, E.; Gonçalves de Meirelles, A.; Paula Ferreira de Oliveira, A.; Silva, A.R.; Felipe Ferreira de Souza, L.; Lírio Pereira da Silva, A.; dos Santos-Fernandes, C.; Bessa Monteiro de Oliveira, B.; Antonio de Souza Gama, M.; et al. Effect of the Combined Intervention with Passive Whole-Body Vibration and Auriculotherapy on the Quality of Life of Individuals with Knee Osteoarthritis Assessed by the WHOQOL-Bref: A Multi-Arm Clinical Trial. *Appl. Sci.* **2020**, *10*, 1956. [[CrossRef](#)]
42. Moreira-marconi, E.; Dionello, C.F.; Morel, D.S.; Sá-caputo, D.C.; Sousa-gonçalves, C.R.; José, M.; Bernardo-filho, M. Whole body vibration and auriculotherapy improve handgrip strength in individuals with knee osteoarthritis. *J. Tradit. Chin. Med.* **2019**, *39*, 707–715.
43. Figueroa, A.; Kalfon, R.; Madzima, T.A.; Wong, A. Effects of whole-body vibration exercise training on aortic wave reflection and muscle strength in postmenopausal women with prehypertension and hypertension. *J. Hum. Hypertens.* **2013**, *28*, 118. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
44. Figueroa, A.; Kalfon, R.; Madzima, T.A.; Wong, A. Whole-body vibration exercise training reduces arterial stiffness in postmenopausal women with prehypertension and hypertension. *Menopause* **2014**, *21*, 131–136. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Malachias, M.; Souza, W.; Plavnik, F.; Rodrigues, C.; Brandão, A.; Neves, M.; Bortolotto, L.; Franco, R.; Figueiredo, C.; Jardim, P.; et al. 7th Brazilian Guideline of arterial hypertension. *Arq. Bras. Cardiol.* **2016**, *107*, 1–6. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
46. Wong, A.; Alvarez-Alvarado, S.; Jaime, S.J.; Kinsey, A.W.; Spicer, M.T.; Madzima, T.A.; Figueroa, A. Combined whole-body vibration training and l-citrulline supplementation improves pressure wave reflection in obese postmenopausal women. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* **2015**, *41*, 292–297. [[CrossRef](#)]
47. Wong, A.; Alvarez-Alvarado, S.; Kinsey, A.W.; Figueroa, A. Whole-Body Vibration Exercise Therapy Improves Cardiac Autonomic Function and Blood Pressure in Obese Pre- and Stage 1 Hypertensive Postmenopausal Women. *J. Altern. Complement. Med.* **2016**, *22*, 970–976. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Clifford, P.S.; Hellsten, Y. Vasodilatory mechanisms in contracting skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* **2004**, *97*, 393–403. [[CrossRef](#)]
49. Manimmanakorn, N.; Manimmanakorn, A.; Phuttharak, W.; Hamlin, M.J. Effects of Whole Body Vibration on Glycemic Indices and Peripheral Blood Flow in Type II Diabetic Patients. *Malaysian J. Med. Sci.* **2017**, *24*, 55–63. [[CrossRef](#)]
50. Beijer, Å.; Rosenberger, A.; Weber, T.; Zange, J.; May, F.; Schoenau, E.; Mester, J.; Bloch, W.; Rittweger, J. Randomized controlled study on resistive vibration exercise (EVE study): Protocol, implementation and feasibility. *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* **2013**, *13*, 147–156.
51. Saccò, M.; Meschi, M.; Regolisti, G.; Detrenis, S.; Bianchi, L.; Bertorelli, M.; Pioli, S.; Magnano, A.; Spagnoli, F.; Giuri, P.G.; et al. The relationship between blood pressure and pain. *J. Clin. Hypertens.* **2013**, *15*, 600–605. [[CrossRef](#)]
52. Bruehl, S.; Olsen, R.B.; Tronstad, C.; Sevre, K.; Burns, J.W.; Schirmer, H.; Nielsen, C.S.; Stubhaug, A.; Rosseland, L.A. Chronic pain-related changes in cardiovascular regulation and impact on comorbid hypertension in a general population: The Tromsø study. *Pain* **2018**, *159*, 119–127. [[CrossRef](#)]
53. Rissardi, G.D.; Cipullo, J.P.; Moreira, G.C.; Ciorlia, L.A.; Cesarino, C.B.; Giollo Junior, L.T.; Zanesco, A.; Vilela-Martin, J.F. Prevalence of Physical Inactivity and its Effects on Blood Pressure and Metabolic Parameters in a Brazilian Urban Population. *Int. J. Cardiovasc. Sci.* **2018**, *31*, 594–602. [[CrossRef](#)]

54. De Miguel, C.; Rudemiller, N.P.; Abais, J.M.; Mattson, D.L. Inflammation and Hypertension: New Understandings and Potential Therapeutic Targets. *Curr. Hypertens. Rep.* **2014**, *17*, 507. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
55. Bartoloni, E.; Alunno, A.; Valentini, V.; Luccioli, F.; Valentini, E.; La Paglia, G.; Bistoni, O.; Gerli, R. Role of Inflammatory Diseases in Hypertension. *High Blood Press. Cardiovasc. Prev.* **2017**, *24*, 353–361. [\[CrossRef\]](#)
56. Aljadhey, H.; Tu, W.; Hansen, R.A.; Blalock, S.J.; Brater, D.C.; Murray, M.D. Comparative effects of non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) on blood pressure in patients with hypertension. *BMC Cardiovasc. Disord.* **2012**, *12*. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Zafar, H.; Alghadir, A.; Anwer, S.; Al-Eisa, E. Therapeutic Effects of Whole-Body Vibration Training in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch. Phys. Med. Rehab* **2015**, *96*, 1525–1532. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
58. Simão, A.P.; Avelar, N.C.; Tossige-Gomes, R.; Neves, C.D.; Mendonça, V.A.; Miranda, A.S.; Teixeira, M.M.; Teixeira, A.L.; Andrade, A.P.; Coimbra, C.C.; et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2012**, *93*, 1692–1700. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
59. Wang, P.; Yang, X.; Yang, Y.; Yang, L.; Zhou, Y.; Liu, C.; Reinhardt, J.D.; He, C. Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Rehabil.* **2015**, *29*, 939–951. [\[CrossRef\]](#)
60. Wong, A.; Sanchez-Gonzalez, M.A.; Gil, R.; Vicil, F.; Park, S.Y.; Figueroa, A. Passive vibration on the legs reduces peripheral and systemic arterial stiffness. *Hypertens. Res.* **2012**, *35*, 126–127. [\[CrossRef\]](#)
61. Lohman, E.B.; Petrofsky, J.S.; Maloney-Hinds, C.; Betts-Schwab, H.; Thorpe, D. The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Med. Sci. Monit.* **2007**, *13*, CR71–CR76. [\[CrossRef\]](#)
62. Sanchez-Gonzalez, M.A.; Wong, A.; Vicil, F.; Gil, R.; Park, S.Y.; Figueroa, A. Impact of passive vibration on pressure pulse wave characteristics. *J. Hum. Hypertens.* **2012**, *26*, 610–615. [\[CrossRef\]](#)
63. Maloney-Hinds, C.; Petrofsky, J.S.; Zimmerman, G.; Hessinger, D.A. The Role of Nitric Oxide in Skin Blood Flow Increases Due to Vibration in Healthy Adults and Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes Technol. Ther.* **2009**, *11*, 39–43. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
64. Nakamura, H.; Okazawa, T.; Nagase, H.; Yoshida, M.; Arüzumi, M.; Okada, A. Change in digital blood flow with simultaneous reduction in plasma endothelin induced by hand-arm vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* **1996**, *68*, 115–119. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
65. Joyner, M.J.; Charkoudian, N.; Wallin, B.G. Sympathetic Nervous System and Blood Pressure in Humans. *Hypertension* **2010**, *56*, 10–16. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
66. Pal, G.K.; Pal, P.; Nanda, N.; Lalitha, V.; Dutta, T.K.; Adithan, C. Sympathovagal Imbalance in Prehypertensive Offspring of Two Parents versus One Parent Hypertensive. *Int. J. Hypertens.* **2011**, *2011*, 1–8. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ANEXO K – Coautoria na publicação do artigo abaixo na revista Applied Science, 2020. Fator de impacto 2,83.



Article

Acute Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Pain Level, Functionality, and Rating of Exertion of Elderly Obese Knee Osteoarthritis Individuals: A Randomized Study

Marcia Cristina Moura-Fernandes ^{1,2}, Eloá Moreira-Marconi ^{1,2}, Alexandre Gonçalves de Meirelles ^{2,3}, Aline Reis-Silva ^{2,3}, Luiz Felipe Ferreira de Souza ², Adriana Lirio Pereira da Silva ^{2,4}, Bruno Bessa Monteiro de Oliveira ^{1,2,5}, Marco Antonio de Souza Gama ^{2,5}, Ana Carolina Coelho de Oliveira ^{1,2,6}, Daniel Batouli-Santos ², Ygor Teixeira da Silva ^{2,4}, Luiza Torres-Nunes ², Vanessa da Silva Caiado ², Maria Eduarda de Souza Melo-Oliveira ^{2,3}, Eliane de Oliveira Guedes de Aguiar ^{2,4,5}, Liszt Palmeira de Oliveira ⁷, Alan de Paula Mozella ⁷, Laís Liane Paineiras-Domingos ^{2,4,5}, Mario José dos Santos Pereira ², Vinicius Layter Xavier ⁸, Ana Cristina Rodrigues Lacerda ⁶, Vanessa Amaral Mendonça ⁶, Borja Sañudo ⁹, Adérito Seixas ¹⁰, Redha Taiar ^{11,*}, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo ^{2,4,5} and Mario Bernardo-Filho ²

¹ Programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20550-170, Brazil; marciafernandesfisio@hotmail.com (M.C.M.-F.); eloamarconi@gmail.com (E.M.-M.); bessa.oliveira@gmail.com (B.B.M.d.O.); anacarol_coelho@hotmail.com (A.C.C.d.O.)

² Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas-LAVIMPI, Departamento de Biofísica e Biometria, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes and Policlínica Piquet Carneiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20511-010, Brazil; meirelles.ale@gmail.com (A.G.d.M.); fisio.alinereis@hotmail.com (A.R.-S.); lumadaragu@gmail.com (L.F.F.d.S.); adrianalirioavimpi@gmail.com (A.L.P.d.S.); drmarcogamafisio@gmail.com (M.A.d.S.G.); danielbatouli@gmail.com (D.B.-S.); silvarogy@hotmail.com (Y.T.d.S.); luiza-nunes@bol.com.br (L.T.-N.); vancaiado83@gmail.com (V.d.S.C.); mariaeduardadoliveira@hotmail.com (M.E.d.S.M.-O.); ellianeguedes@gmail.com (E.d.O.G.d.A.); laisanit@gmail.com (L.L.P.-D.); mario@anima.bio.br (M.J.d.S.P.); dradanubia@gmail.com (D.d.C.d.S.-C.); bernardofilho@gmail.com (M.B.-F.)

³ Mestrado Profissional em Saúde, Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 21941-901, Brazil

⁴ Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20550-170, Brazil

⁵ Departamento de Fisioterapia, Faculdade Bezerra de Araújo, Rio de Janeiro 23052-180, Brazil

⁶ Centro Integrado de Pós-Graduação e Pesquisa em Saúde-CIPq/Saúde, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM, Diamantina 39100-000, Minas Gerais (MG), Brazil; lacerdaacr@gmail.com (A.C.R.L.); vaafisio@hotmail.com (V.A.M.)

⁷ Departamento de Especialidades Cirúrgicas, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20550-170, Brazil; lisztalmeira@yahoo.com.br (L.P.d.O.); apmozella@terra.com.br (A.d.P.M.)

⁸ Departamento de Estatística, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 20550-900, Brazil; viniciuslx@ime.uerj.br

⁹ Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad de Sevilla, 41013 Sevilla, Spain; bsancor@us.es

¹⁰ Escola Superior de Saúde, Fundação Fernando Pessoa, 4249-004 Porto, Portugal; aderito@ufp.edu.pt

¹¹ Université de Reims Champagne-Ardenne, 51100 Reims, France

* Correspondence: redha.taiar@univ-reims.fr

Received: 2 June 2020; Accepted: 15 August 2020; Published: 25 August 2020



Abstract: Introduction: Among chronic diseases, knee osteoarthritis (KOA) is a joint disease that causes important progressive alterations in the articular and periarticular structures, including synovial inflammation. Exercise has been suggested as an intervention to KOA individuals, and studies suggest that whole-body vibration (WBV) exercise decreases pain levels and favours the functionality of KOA individuals. Objective: The aim of the present study is to analyze the acute effects of WBV exercise on pain levels, functionality (Timed Up and Go (TUG test), anterior trunk flexion (ATF)), and rating of exertion of elderly obese KOA individuals. Methods: Thirty-seven individuals with KOA were allocated to a WBV exercise group (WBVEG), $n = 19$ (15 females/4 males), and a control group (CG), $n = 18$ (15 females/3 males). WBVEG performed one session of WBV exercise (11 min, using 5 Hz, 2.5, 5.0, and 7.5 mm, 0.12, 0.25, and 0.37 g). Three bouts were performed (working time of 3 min and rest time of 1 min) using a side-alternating vibrating platform (VP). The same position was used in CG; however, the VP was turned off and there was equipment coupled to the VP that emitted a sound like the vibrations. The pain level was evaluated using a visual analog scale (VAS). Functionality was evaluated with a TUG test and ATF. The rating of subjectively perceived exertion was measured with the category ratio CR-10 (BORG Scale CR-10). Results: A reduction of pain levels in WBVEG after the intervention ($p = 0.001$) and intergroups ($p = 0.041$) was found. A decrease of TUG test time in both groups ($p = 0.001$) and intergroups ($p = 0.045$) was found, while no statistical changes were observed in the Borg Scale score. Significant improvements of flexibility in both groups ($p = 0.001$) and intergroups ($p = 0.043$) were found. Conclusion: One session of WBV exercise can lead to important improvements in individuals with KOA, possibly triggered by physiological responses. However, more studies are needed, in this clinical context, to confirm these results.

Keywords: pain level; functionality; knee osteoarthritis; physical and rehabilitation medicine; whole-body vibration

1. Introduction

Knee osteoarthritis (KOA) may be a cause of chronic pain with progressive disability, causing a significant impact on the quality of life of individuals, mainly in the elderly [1–3]. KOA is considered as a chronic progressive joint disease that causes important changes in the articular and periarticular structures, including synovial inflammation [1–4].

To establish the diagnosis of KOA, several aspects must be considered, such as clinical history, physical examination, and analysis of radiographic evidence using the Ahlbäck criteria [5,6]. In symptomatic cases of KOA, due to knee joint instability, affected individuals can manifest severe pain, decreased strength in the lower limbs, reduced balance, and slower gait, which can lead to an increased fall risk [7–12].

Women are more likely to develop KOA [7], and obesity is considered a risk factor for the worsening and development of KOA because of the mechanical stress in the joint [1–4,7,8,13], and this can be a risk factor for the appearance of hip osteoarthritis (coxarthrosis) [13]. The high prevalence of KOA and the severe impact on the individual's functionality reflect the need for constant monitoring and development of strategies for obesity control, pain reduction, and improvement of functional symptoms in this population [1–4]. Numerous management strategies have been proposed for this disease, including pharmacological treatments, such as analgesics, nonsteroidal anti-inflammatory drugs, oral corticoids, glucosamine, chondroitin, and avocado, and nonpharmacological treatments, such as regular physical activity, aerobic exercise, weight loss, acupuncture, and physiotherapy. Intra-articular hyaluronic acid injection (viscosupplementation), intra-articular corticosteroid injection, and even surgical intervention have been recommended when necessary [1–4,14].

The American College of Sports Medicine (ACSM) [15] and the American Heart Association (AHA) [16] suggest physical exercise as an important tool to maintain health by preventing and

controlling chronic diseases, injuries, and other illnesses. Physical exercise and weight management have shown positive results for the improvement of KOA symptoms [17–20]. However, individuals with KOA have difficulty exercising in a regular way [18].

In this context, WBV exercises appear as a safe, accessible, and effective exercise for people with KOA. WBV exercise is generated when the individual is exposed to mechanical vibration produced by a vibrating platform (VP). Biomechanical parameters of WBV exercise (frequency (f), peak-to-peak displacement (D), and peak acceleration (a_{peak})) need to be established and adjusted to the characteristics of the individuals [21]. Furthermore, the positioning of the individual on the VP, working time, session interval, and rest time must be clearly defined [21,22].

WBV exercise has been used in KOA patients to decrease pain levels and improve handgrip strength [23] and physical function [24]; however, the best protocol for these individuals has not been reported yet. It is also reported that WBV exercise improves trunk flexibility, gait speed, and handgrip strength in metabolic syndrome individuals [25,26] and increases inflammatory markers in individuals with chronic obstructive pulmonary disease [27].

Considering the WBV exercise in the management of KOA, the aim of this present study is to analyze the effects of a single WBV exercise on the level of pain, functionality (Timed Up and Go (TUG test) and flexibility), and rating of perceived exertion in KOA individuals. It is hypothesized that acute WBV exercise would have beneficial effects on pain, functionality, and rating of perceived exertion in this population group.

2. Materials and Methods

2.1. Trial Design

This randomized study was performed to evaluate the acute effects of WBV exercise (WBVE) in KOA patients. The individuals were randomly allocated to a WBV exercise group (WBVEG) or a control group (CG). This work was approved by the Ethics Committee (CAAE n°198 26413.8.0000.5259), registered in the Brazilian Registry of Clinical Trials (ReBEC n° RBR 738wng), and conducted according to the Declaration of Helsinki. The individuals were notified about all stages of this investigation, and they signed a specific informed consent form (ICF). The data analysis was done by a blinded researcher. Due to the great difficulty of blinding the individuals, this study was performed without blinding these individuals to the interventions.

2.2. Inclusion Criteria

Obese individuals (body mass index (BMI) ≥ 30 kg/m²) [28], over 60 years old, diagnosed with unilateral or bilateral symptomatic primary KOA (individuals with self-reported complaints of pain and/or unilateral or bilateral stiffness of the knee joint), according to the American College of Rheumatology (ACR) [1] were included. The diagnosis was defined by the clinical staff of the Setor de Ortopedia e Traumatologia, Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE), Rio de Janeiro, Brazil, following the Ahlbäck criteria (Ahlbäck classification, Grades 1, 2, 3, 4 and 5) [5,6].

2.3. Exclusion Criteria

Individuals with secondary osteoarthritis, asymptomatic KOA, with recent (six months) lower limb surgery, severe osteoporosis, severe hip arthrosis, hip or knee arthroplasty, unilateral or bilateral hip prosthesis, bilateral knee prosthesis, spine arthrodesis, periarticular metal implants and/or history of previous knee injury (meniscus, ligament, sprains), using corticosteroids for less than three months, viscosupplementation for at least six months, with cardiomyopathies and/or cardiac pacemaker, found in other rehabilitation programs, with clinical manifestations that do not allow exercise, with neurological and/or psychiatric disorders that generate “fear and/or panic” when performing WBV exercise, with three consecutive absences, or refusing to sign the consent form were excluded.

2.4. Randomization

On the first day of this protocol, the randomization was performed using an electronic platform (<http://www.random.org>) [29,30]. Forty numbers were generated: 20 to the control group (CG; green color) and 20 to whole-body vibration exercise group (WBVEG; blue color). The randomization was performed after the signing of the ICF. Depending on the color, the participant was allocated to a group in a blinded way.

2.5. Participants

Sixty-two individuals were recruited, but only 37 performed the protocol (18 in CG and 19 in WBVEG). The recruitment was performed at the Setor de Ortopedia e Traumatologia of HUPE from September 2019 to March 2020. Afterward, the individuals were taken to the Setor de Radiologia of HUPE to perform radiographic imaging. Participants were also advised not to use analgesics and nonsteroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs) during the interventions.

The selection process of the individuals involved radiographic exams that were performed on (i) knees (left and right) in an anteroposterior view, with load, bipedal support, and profile, (ii) axial patella, (iii) hip in the anteroposterior view, (iv) lumbosacral spine in anteroposterior view and orthostatic profile for the diagnosis of KOA. The exams were performed using a Shimadzu General Radiographic System X-ray Tube Stand FH-20HR (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) and were reviewed by the clinical team of the Setor de Radiologia.

The Ahlbäck classification was used to evaluate the degree of radiographic affection and the development of KOA. Although this classification has some criticisms due to the possible disagreement among evaluators with different degrees of experience, it is more reproducible when carried out by a more experienced evaluator [31,32].

In this study, the interobserver variability for Ahlbäck's classification was performed through the analysis of radiographic images by three orthopedic physicians (HUPE) belonging to the Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. In case of disagreement, the physician with the highest academic degree and most years of experience decided on the variability of Ahlbäck's classification (Grade 1: joint space narrowing (less than 3 mm); Grade 2: joint space obliteration; Grade 3: minor bone attrition (0–5 mm); Grade 4: moderate bone attrition (5–10 mm); Grade 5: severe bone attrition (more than 10 mm)).

Where the evaluators considered the radiographic images to be of low technical quality, the examinations were repeated. After the diagnosis of KOA, the participants were referred to the Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas (LAVIMPI, UERJ) to begin the intervention protocol.

During all measurements and interventions, the supervisors were near the individual to clarify the procedures. The supervisors of WBVEG and CG were different physiotherapists.

3. Measurements

3.1. The First Day of Evaluation

In the first day, the following steps were performed: (i) signing of the ICF, (ii) randomization, (iii) anamnesis (age; sex; the practice of physical activity, where the individuals were asked whether they practiced physical activity or not; pharmacological treatment; nutritional monitoring, where the individuals were asked whether they performed nutritional monitoring or not; the existence of comorbidities), (iv) evaluation of the pain level using a visual analog scale (VAS), (v) evaluation of functional disability in the lumbosacral spine through the Oswestry Disability Index (ODI) questionnaire; (vi) evaluation of symptoms and functional disability of the lower limbs using the Lequesne's Functional Index (LFI) questionnaire.

Pain Level Analysis

To assess pain, VAS [33] was used at three moments: (i) on the first day (during anamnesis), (ii) on the second day (before and after WBV intervention), and (iii) immediately after the participant got up from the chair without the help of the upper limbs. The individuals were asked to inform us on the knee pain level according to VAS (0—without pain; from 1 up to 3—mild; from 4 to 6—moderate; from 7 to 9—intense; 10—high pain; see Figure 1).



Figure 1. Visual analog scale used to evaluate pain level.

3.2. Oswestry Disability Index

For analysis of the functional disability in the lumbosacral spine, the ODI questionnaire [34] was used. This instrument has 10 questions, with 6 options to answer in each one. Higher scores are related to worse functionality.

3.3. Lequesne's Functional Index

For analysis of symptoms and functional disability of the lower limbs in individuals with KOA, the LFI questionnaire [35] was used. This analysis was performed on the first day. This instrument evaluates pain and discomfort related to the activities of daily living. This instrument has eleven questions about pain, discomfort, and function. Six questions are related to pain and discomfort (one for knee and another for hip), one is related to performance during walking, and four are related to hip or knee (according to the objective of evaluation) during daily activities. The scoring of the questions is done according to the difficulty of performing daily activities: (0—without difficulty; 0.5—easily; 1.0—with difficulty; 1.5—very difficult; 2—impossible). As to the total score, (i) from 1 to 4 means little commitment, (ii) from 5 to 7 means moderate commitment, (iii) from 8 to 10 means serious commitment, (iv) from 11 to 13 means very serious commitment, and (v) higher or equal than 14 means extremely serious commitment.

3.3.1. The Second Day of Evaluation

On the second day (before the intervention), the following steps were done: (i) measurement of height, (ii) measurement of body mass, (iii) measurement of waist circumference, (iv) determination of body mass index, (v) evaluation of gait with the Timed Up and Go test (TUG test), (vi) measurement of perceived effort (BORG scale), (vii) measurement of flexibility (anterior trunk flexion (ATF)), (viii) measurement of the pain level (VAS), and (ix) interventions (WBVEG or CG). After the intervention session (WBVEG or CG), the VAS, ATF, BORG scale, and TUG test assessments were performed again, in this sequence.

3.3.2. Evaluation of Height and Waist Circumference

For height measurements, a stadiometer (MIC 200 PPA, Micheletti, São Paulo, Brazil) was used, and WC was measured with an inelastic tape around the abdomen (umbilicus level) [36].

3.3.3. Body Composition Analysis

Body mass (BM) and body mass index (BMI) were obtained with an InBody 370 System Composition Analyzer, Model BPM040S12FXX (InBody Co., Ltd., Seoul, Korea). To perform these measurements, participants wore light clothing (preferably with a bathing suit), without objects such as watches, rings, earrings. The use of diuretics was discontinued 24 h prior to the examination, and the

consumption of drinks and food was suspended for 8 h before the exam. The practice of physical activity was suspended 12 h before the assessment [37–39].

3.3.4. TUG Test

To assess functionality, the TUG test [40] was performed. All participants got up from a chair, with arms crossed over the chest area, walked 3 m, turned, walked back to the chair, and sat down. Two attempts were performed, and the time of the TUG test was recorded in a proper form, timed in seconds (s) with a digital timer (Cronobio, Modelo SW2018, São Paulo, SP, Brazil). This test was performed before and after the intervention. The time to perform the test was registered, and higher performance times were related to worse performance.

3.4. Flexibility

The flexibility analysis was performed using the ATF test [26]. All the participants were positioned in the orthostatic position, with feet together. They were asked to flex their trunk (as much as possible) without knee flexion and/or extension of the neck. During the trunk flexion, the distance (cm) between the middle finger to the floor was obtained using a ruler by the supervisor. Higher distance values between the middle finger and the floor were related to worse performance in the test. The ATF test was performed before and after the intervention.

3.5. Subjective Perceived Exertion Rating

To assess the rating of perceived exertion, the category ratio (Borg Scale CR-10) was used [41]. The individuals were asked to refer to their effort perception, considering the score where 0 is related to “without effort” and 10 is related to “maximum effort–exhaustion” (Figure 2). The Borg Scale CR-10 was used before and after the interventions, and it was used to estimate the subjects’ effort perception to perform the intervention.

Borg CR10 Scale	
0	Nothing at all
0.5	Extremely weak (just noticeable)
1	Very weak
2	Weak (light)
3	Moderate
4	Somewhat strong
5	Strong (heavy)
6	
7	Very strong
8	
9	
10	Extremely strong (almost max)
•	Maximal

Figure 2. Score of the Borg CR-10 scale used to evaluate the rating of perceived exertion.

3.6. Protocol Interventions

The individuals of WBVEG and CG did not know the protocol of the interventions, which were carried out in separate rooms, and they had no contact with each other. Therefore, the individuals of WBVEG did not know that CG used a custom platform that was turned off (with an equipment fixes in the VP that emitted a sound when the VP was turned on). In the same way, the individuals of CG were not informed that WBVEG used a custom platform that was turned on (with the equipment plugged in and without a sound like a platform that is turned on).

3.7. WBV Exercise Protocol

Participants were instructed by the supervisor to sit in a chair in front of the VP in a comfortable position, with bare feet resting on the VP, arms extended, and hands on the knees, with an average flexion angle between 100° – 120° (Goniometer Carci, Instituto São Paulo, São Paulo, Brazil).

The VP was a side-alternating (Nova Plate Fitness Evolution, DAF Produtos Hospitalares Ltda., SP, Brazil) device. The participants performed one session of WBV exercise (11 min of total time), using 5 Hz, 2.5, 5.0, and 7.5 mm, and 0.12, 0.25, and 0.37 g, considering frequency, D , and acceleration peak, respectively. The exercise was performed in 3 bouts (3 min of working time and 1 min of rest time; Figure 3) [42]. A dark-colored plate was attached to the VP display so that the participant did not identify the time and frequency used in the intervention [21,22].

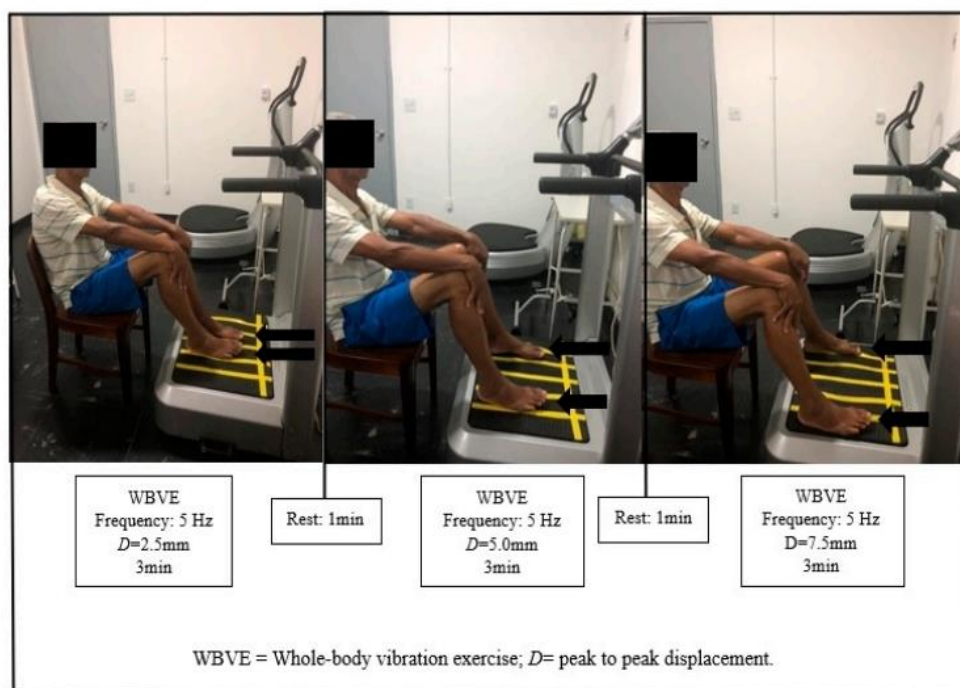


Figure 3. Whole-body vibration exercise intervention.

The frequency of the mechanical vibration was measured by an accelerometer (EMG832WF Digital Accelerometer, EMG System do Brazil, São José dos Campos, SP, Brazil).

The supervisor monitored all procedures and advised the participant to report any discomfort (nausea, dizziness) that occurred during the execution of the intervention. The supervisor performed the data collection of heart rate, respiratory rate, and blood pressure before and after the intervention for the participant's safety [25].

3.8. CG Protocol

Participants were submitted to the same protocol as WBVEG, but with the VP turned off. During the intervention, equipment was coupled with the VP to emit a sound like a mechanical vibration. This equipment was positioned behind the VP (Figure 4). The frequency of the VP was 0 Hz.

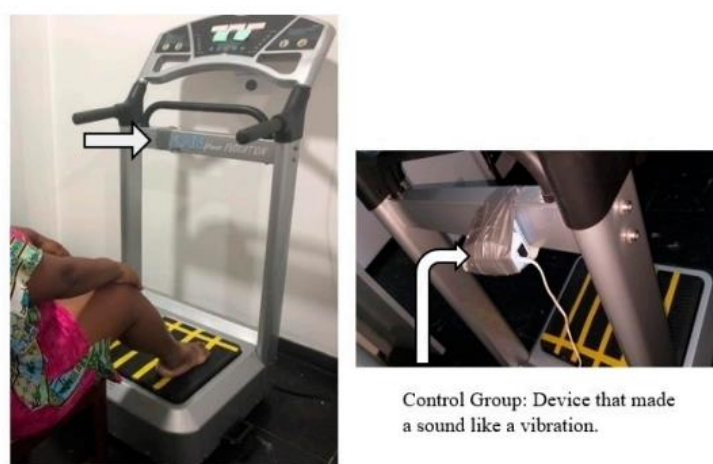
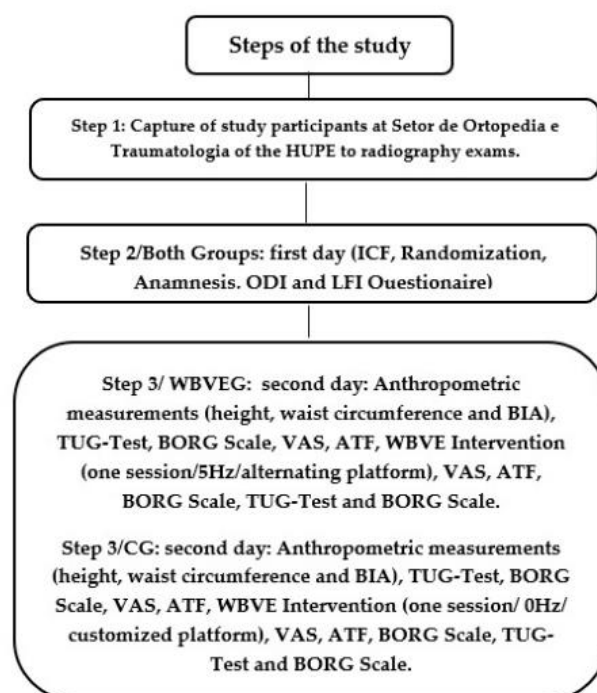


Figure 4. Control group intervention.

The steps of the study protocol are presented in Figure 5.



HUPE- Hospital Universitário Pedro Ernesto; ICF- Informed Consent Form. ODI- Oswestry Disability Index; LFI – Lequesne’s Functional Index; WBVE- Whole-body vibration exercises; BIA- Bioelectrical Impedance Analysis; TUG-Test- Timed up and go test; VAS- Visual Analogue Scale; ATF- Anterior trunk flexion; CG- Control Group.

Figure 5. Steps performed in the study protocol.

3.9. Sample Size

Sample size was determined using the formula by Miot [43] to an infinite population. The variable TUG test was used due to its importance in the functionality context of this study. Considering a standard deviation of 0.77 and a mean of 6.58 [24], sixteen individuals in each group were needed.

3.10. Data Analysis

Statistical analysis was conducted using the GraphPad Prism 6.0 program. Nonparametric tests to compare the characteristics of participants of the groups were applied. A paired Wilcoxon signed-rank test to compare the difference before and after interventions was applied. For analysis between the groups (CG and WBVEG), the difference (Δ) between before and after interventions was calculated, and the Mann–Whitney test was used to analyze intergroup differences (CG vs WBVEG). For all data, the mean and the standard error were reported. Statistical significance was set at $p \leq 0.05$.

4. Results

Sixty-two individuals were recruited, and 37 (18 in CG and 19 in WBVEG) fulfilled the eligibility criteria. Sixteen volunteers did not meet the inclusion criteria (14 participants did not have KOA and 2 had rheumatoid arthritis), and 9 were excluded (3 participants used corticosteroids, 1 with a tumor on the chest, 1 with a hip prosthesis, 1 with osteonecrosis, 1 with Behcet's disease, 1 with recent surgery on the lumbar spine, and 1 with recent surgery on the anterior cruciate ligament). All participants of both groups completed the study, and no discomfort was reported. The development of the study, considering each stage, is shown in Figure 6.

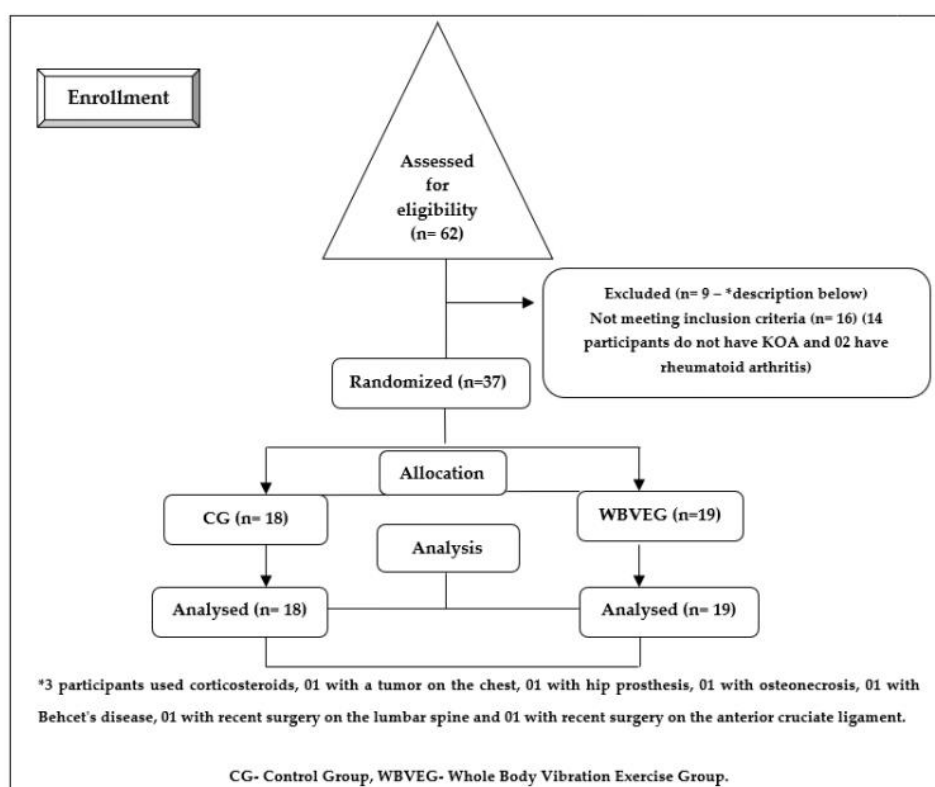


Figure 6. Flow diagram with the development of the study.

Considering WBVEG, 2 individuals did not have bilateral KOA, 10 individuals presented Grade 1, 5 individuals presented Grade 2, and 3 individuals presented Grade 5 in the right knee. In the left knee, 10 individuals were Grade 1, 5 individuals were Grade 2, 1 individual was Grade 3, and 2 individuals were Grade 5.

Concerning CG, all individuals had bilateral KOA, 13 individuals presented Grade 1, 2 individuals presented Grade 2, 1 individual presented Grade 3, and 2 individuals presented Grade 4 in the right knee. In the left knee, 11 individuals were Grade 1, 4 individuals were Grade 2, 1 individual was Grade 3, 1 individual was Grade 4, and 1 individual was Grade 5.

Analyzing the baseline characteristics of KOA subjects regarding sex, waist circumference, body mass, body mass index, height, age, ODI, LFI, and VAS, no significant differences were observed between CG and WBVEG, confirming the homogeneity of the sample (Table 1).

Table 1. Baseline characteristics of the knee osteoarthritis individuals of WBVEG and CG.

	CG (<i>n</i> = 18)	WBVEG (<i>n</i> = 19)	<i>p</i> -Value
	Mean (SE)	Mean (SE)	
Sex	F = 15/M = 3	F = 15/M = 4	1.000
Age (year)	68.06 (2.02)	62.32 (2.52)	0.112
Height (m)	1.54 (0.01)	1.58 (0.01)	0.123
Body mass (kg)	75.67 (3.18)	86.15 (4.50)	0.091
Waist circumference (cm)	103.9 (2.54)	106.9 (3.65)	0.851
BMI (kg/m ²)	31.71 (1.22)	34.75 (2.10)	0.420
ODI (%)	30.61 (2.86)	35.39 (2.95)	0.201
LFI (score)	11.81 (3.66)	11.85 (3.89)	0.989
VAS (0–10)	4.33 (0.52)	4.36 (0.60)	0.981

F—female; M—male; BMI—body mass index; VAS—visual analog scale; ODI—Oswestry Disability Index; LFI—Lequesne's Functional Index; WBVEG—whole-body vibration exercise group; CG—control group; SE—standard error; *p* ≤ 0.05.

Considering the radiographic images, no statistical difference was found between CG and WBVEG as well: (i) Ahlback classification—knees right (*p* = 0.105) and left (*p* = 0.840), (ii) coxarthrosis—hips right (*p* = 0.696) and left (*p* = 1.000), and (iii) Lumbosacral spine—decrease in intersomatic space (*p* = 0.696), interapophyseal arthrosis (*p* = 1.000), degenerative spondylolisthesis (*p* = 1.000), and degenerative scoliosis (*p* = 1.000).

Analyzing nutritional monitoring (*p* = 1.000) and practice of physical activity (*p* = 0.453), similarly, no difference was found between CG and WBVEG.

Concerning existing comorbidities, again, no difference was found between CG and WBVEG: arterial hypertension (*p* = 0.277) and type 2 diabetes mellitus (*p* = 0.180).

Considering the pain level assessment (VAS), there was a significant decrease after the WBVEG intervention and between groups (Table 2).

Table 2. Pain level, functionality (TUG test and anterior trunk flexion (ATF)), and subjectively perceived exertion rating (BORG Scale CR-10) assessments before and after the intervention and between groups.

	CG before Mean (SE)	CG after Mean (SE)	<i>p</i> -Value	WBVEG before Mean (SE)	WBVEG after Mean (SE)	<i>p</i> -Value	<i>p</i> -Value #
VAS (0–10)	4.11 (0.56)	3.94 (0.57)	0.564	4.58 (0.62)	3.23 (0.61)	0.001 *	0.041 *
TUG-test (s)	14.87 (0.88)	13.84 (0.78)	0.002 *	19.42 (1.96)	16.44 (1.50)	<0.001 *	0.045 *
BORG SCALE (score)	1.66 (0.56)	1.58 (0.51)	>0.999	2.15 (0.54)	2.15 (0.54)	0.627	0.452
ATF (cm)	17.53 (2.54)	16.31 (2.53)	0.103	18.81 (2.08)	14.64 (2.05)	<0.001 *	0.043 *

TUG test—Time Up and Go test; BORG Scale—subjectively perceived exertion rating; WBVEG—whole-body vibration exercise group; CG—control group; SE—standard error; * *p*-value ≤ 0.05; # intergroups.

Regarding the functionality assessment (TUG test and ATF measurement), significant improvements were found before and after the CG and WBVEG interventions and between groups in the TUG test, and a significant difference was obtained before and after the WBVEG intervention and between groups in the ATF test (Table 2).

The data on the rating of perceived exertion (BORG scale) did not present significative differences in any comparison (Table 2).

5. Discussion

The aim of the study is to analyze the acute effects of WBVE on the level of pain, functionality, and rating of perceived exertion in KOA individuals. The results suggest that one session of WBW exercises, with low frequency (5 Hz) and peak to peak displacement (2.5, 5.0, and 7.5 mm), was able to reduce the pain level and time taken to perform the TUG test and improve flexibility (functionality) without altering the subjective perception of the effort of these individuals. These results corroborate the findings of Neto et al. [42], who showed that one session of WBV exercises with the same protocol, alone or in combination with auriculotherapy, decreased the pain of individuals with KOA.

All participants that completed the protocol did not report adverse effects. During the protocol, participants did not use analgesics and NSAIDs. Moreover, it is worth mentioning that this study simultaneously analyzed the knee (left and right) in three views (anteroposterior projection with load, bipedal support and profile, and patella axial), the hip (anteroposterior projection), and the lumbosacral spine (anteroposterior projection and orthostatic profile)), which makes it relevant for the diagnosis and study of KOA. No significant differences were found in CG and WBVEG participants in the radiographic images.

Considering nutritional monitoring, the practice of physical activity, and existing comorbidities, no differences were found between groups.

Regarding the functional capacity of KOA individuals, the time required to perform the TUG test was improved in CG and WBVEG, but the performance of WBVE was better than CG and the performance in the ATF test was improved only in WBVEG. A study reported that the transmission of mechanical vibration to the body (during WBVE) stimulates the primary endings of the muscle spindles, activating α -motor neurons, resulting in muscle contractions (tonic vibration reflex) [44]. Thus, the lower limbs are stimulated, and the improvement in strength, proprioception, and execution of functional movements [45,46], as observed through the TUG test, could be possible. Moreover, changes in the viscoelastic properties after vibration could explain the improvement in the ATF test in WBVEG.

Hsião et al. [47], using WBVE (vertical platform) for 2 to 3 days (from 8 to 10 Hz, 2 mm) reported no significant difference in functional performance (using the TUG test) in the range of motion of the knee joint and in the reduction of pain in the postoperative period after total knee arthroplasty. Mikami et al. [48] described that WBVE improved knee muscle strength, dynamic balance, and TUG-test performance in healthy adult females. This protocol was performed 3 times a week for 12 sessions, with 10 Hz and 4.5 mm, using a rotating-type WBV device.

The level of pain was reduced only in WBVEG. The mechanisms involved in the reduction of pain can be explained according to vibration-induced sensory inhibition related to peripheral (a sensory inhibition would be linked to the gate control theory of pain) and central levels (justified by the stimulation of areas responsible for processing pain and vibrotactile sensations in the somatosensory cortex of the brain) [36,49].

Pain is a cause of disability in individuals with KOA [1–3], and physical exercise is a very promising strategy to improve the symptoms of individuals affected by this disease [17–20]. Studies suggest that WBV exercise may be an effective and safe form of exercise for this population [23,24,43]. However, scientific evidence is still scarce and inconclusive in this population due to the diversity of WBV exercise protocols.

Regarding the pain level, the findings described in the current work are in line with Zafar et al. [50], who reported a decrease in pain and an improvement in the functionality of individuals with KOA after WBV. However, Wang et al. [51] observed that WBV exercise improved function but not pain and joint stiffness in individuals with KOA. Li et al. [52] did not present significant differences in the pain level and physical function of individuals with KOA after an 8-week protocol with a vertical VP

(squat training position, 20 Hz, and 2 mm). In addition, Ferreira et al. [53] reported in an umbrella review that WBV exercises achieved moderate evidence for the improvement of KOA symptoms, but as a complementary intervention. Sá-Caputo et al. [25] and Paiva et al. [26], in metabolic syndrome individuals, also observed that a session of WBV exercises (frequency 5 Hz, with the same peak to peak displacement and position) decreased the level of pain, ATF, and the subjective perception of effort. Simão et al. [54], in a different protocol, observed that vibratory training plus squat training (12 weeks, vertical platform, frequency from 35 to 40 Hz, 4 mm, and from 2.78 to 3.26 g) improved balance (static and dynamic), gait, and self-perception of pain in the elderly with KOA. However, Salmon et al. [55] observed that a WBV session on a triplanar (vertical) VP, with 35 Hz and the same peak-to-peak displacements, in a standing position with the knees slightly bent, did not improve the TUG test and did not affect the knee pain levels of individuals with KOA; two participants did not finish the protocol due to knee pain.

To our knowledge, this is the first work that has investigated the effects of WBVE on pain levels, functionality, and perception of effort. Thus, the pain reduction and improvement in functionality, without changing the perception of the effort of individuals with KOA, need to be confirmed in well-designed longitudinal randomized controlled trials. Considering the evaluation of acute effects, in this current study, the tests before and after WBVEs were performed in a 10-min time window. It would also be interesting to analyze, in future studies, how long the acute effects are maintained, which was not possible in the present study.

The strengths of the current work are the outcomes (pain level, functionality (TUG test), and flexibility), which are meaningful for the studied population, the rating of perceived exertion of KOA individuals, and the protocol with low frequency (5 Hz; with the individual in a sitting position in an ancillary chair to reduce the impact of the mechanical vibration overloading the knee joint). This position, in addition to offering the participant the possibility of comfortable and safe exercise, promotes better adherence to the proposed protocol since pain limits these individuals from the practice of regular physical activity. On the other hand, individuals with KOA have a higher risk of falls [10], which may compromise the participant's safety during the protocol in other positions. The results of this investigation are promising and can be considered of clinical importance in the treatment of KOA individuals.

The limitations of this study are related to (i) the use of only one frequency in the intervention, (ii) the sole use of Ahlbäck's classification to evaluate the degree of KOA, (iii) the use of the LFI questionnaire considering both knees (not considering right and left knees separately), (iv) not using nuclear magnetic resonance imaging to evaluate the bone structure, (v) the vibration given to each patient, which was at the same level for every age, body mass, and intervention time (these conditions could be considered as bias), and (vi) the duration of the results, which was not investigated in a follow-up session. However, important findings were obtained.

6. Conclusions

One WBV exercise session, with a frequency of 5 Hz, peak-to-peak displacement of 2.5, 5.0, and 7.5 mm, and peak acceleration of 0.12, 0.25, and 0.37 g, was used in the protocol. The exercise was performed for three bouts (3 min working time, and 1 min rest time) in a side-alternating VP. This protocol was able to reduce the pain level and improve functionality without changing the perception of the effort of individuals with KOA. In this work, acute effects were evaluated, and the duration of the responses (minute, hour, day) is not presented. Thus, further studies, such as randomized clinical trials, are needed to confirm the persistence of these effects in the long term.

Author Contributions: M.C.M.-F., E.M.-M., D.d.C.d.S.-C., and M.B.-F. participated in the design of the study, as well as prepared the manuscript. A.L.P.d.S., Y.T.d.S., A.G.d.M., L.F.F.d.S., M.E.d.S.M.-O., V.d.S.C., L.T.-N., L.P.d.O., and A.d.P.M. selected participants according to the exclusion criteria, as well as recorded assessments, interventions performed, and data on their own forms. D.B.-S., M.A.d.S.G., and B.B.M.d.O. organized all data in Excel, performed the statistical analysis, and elaborated on the tables. A.C.C.d.O., E.d.O.G.d.A., L.L.P.-D., M.J.d.S.P., V.L.X., and A.R.-S. wrote the abstract, corrected the English grammar, and suggested some changes in

the text on the study, statistical analysis, tables, and some references. A.C.R.L., V.A.M., B.S., A.S., R.T., D.d.C.d.S.-C., and M.B.-F. created the final version of the manuscript. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This work was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest (financial, political, ideological, personal, academic, intellectual, commercial, or religious) in relation to this manuscript.

References

1. Kolasinski, S.L.; Neogi, T.; Hochberg, M.C.; Oatis, C.; Guyatt, G.; Block, J.; Callahan, L.; Copenhaver, C.; Dodge, C.; Felson, D.; et al. 2019 American College of Rheumatology/Arthritis Foundation Guideline for the Management of Osteoarthritis of the Hand, Hip, and Knee. *Arthritis Rheumatol.* **2020**, *72*, 220–233. [CrossRef] [PubMed]
2. Bannuru, R.R.; Osani, M.; Vaysbrot, E.; Arden, N.; Bennell, K.; Bierma-Zeinstra, S.; Kraus, V.; Lohmander, L.; Abbott, J.; Bhandari, M.; et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee, hip, and polyarticular osteoarthritis. *Osteoarthr. Cartil.* **2019**, *27*, 1578–1589. [CrossRef]
3. De Campos, G.C.; De Sousa, E.B.; Hamdan, P.C.; Júnior, C.S.D.A.; Tieppo, A.M.; De Rezende, M.U.; Alchaar, A.A.D.A.; Pinheiro, C.B.; Rocha, E.D.M.C.; Cunha, F.G.; et al. Brazilian consensus statement on viscosupplementation of the knee (COBRAVI). *Acta Ortopédica Brasileira* **2019**, *27*, 230–236. [CrossRef] [PubMed]
4. De Rezende, M.U.; De Campos, G.C. Is osteoarthritis a mechanical or inflammatory disease? *Rev. Bras. Ortop.* **2013**, *48*, 471–474. [CrossRef]
5. Ahlbäck, S. Osteoarthrosis of the knee. A radiographic investigation. *Acta Radiol. Diagn.* **1968**, *277*, 7–72.
6. Keyes, G.W.; Carr, A.J.; Miller, R.K.; Goodfellow, J.W. The radiographic classification of medial gonarthrosis. Correlation with operation methods in 200 knees. *Acta Orthop Scand* **1992**, *63*, 497–501. [CrossRef]
7. McAlindon, T.; Bannuru, R.R.; Sullivan, M.; Arden, N.K.; Berenbaum, F.; Bierma-Zeinstra, S.; Hawker, G.A.; Henrotin, Y.; Hunter, D.J.; Kawaguchi, H.; et al. OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthr. Cartil.* **2014**, *22*, 363–388. [CrossRef]
8. Altman, R.D.; Fries, J.F.; Bloch, D.A.; Carstens, J.; Mb, T.C.D.; Genant, H.; Gofton, P.; Groth, H.; McShane, D.J.; Murphy, W.A.; et al. Radiographic assessment of progression in osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* **1987**, *30*, 1214–1225. [CrossRef]
9. Apold, H.; Meyer, H.E.; Nordsletten, L.; Furnes, O.; Baste, V.; Flugsrud, G. Risk factors for knee replacement due to primary osteoarthritis, a population based, prospective cohort study of 315,495 individuals. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2014**, *15*, 217. [CrossRef]
10. Soh, S.-E.; Barker, A.L.; Morello, R.; Ackerman, I.N. Applying the International Classification of Functioning, Disability and Health framework to determine the predictors of falls and fractures in people with osteoarthritis or at high risk of developing osteoarthritis: Data from the Osteoarthritis Initiative. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2020**, *21*, 138. [CrossRef]
11. Foley, S.; Lord, S.R.; Srikanth, V.; Cooley, H.; Jones, G. Falls risk is associated with pain and dysfunction but not radiographic osteoarthritis in older adults: Tasmanian Older Adult Cohort study. *Osteoarthr. Cartil.* **2006**, *14*, 533–539. [CrossRef] [PubMed]
12. Fisher, N.M.; Pendergast, D.R. Reduced muscle function in patients with osteoarthritis. *Scand. J. Rehabil. Med.* **1997**, *29*, 213. [PubMed]
13. Silva, N.A.; Montadon, A.C.O.S.; Cabral, M.V.S.P. Peripheral degenerative joint diseases. *Einstein. São Paulo.* **2008**, *66* (Suppl. 1), S21–S28.
14. Rezende, M.U.; de Campos, G.C. Viscosupplementation. *Rev. Bras. Ortop.* **2012**, *47*, 160–164. [CrossRef] [PubMed]
15. Donnelly, J.E.; Blair, S.N.; Jakicic, J.M.; Manore, M.M.; Rankin, J.W.; Smith, B.K. Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2009**, *41*, 459–471. [CrossRef]
16. American Heart Association. Available online: <http://www.heart.org/en/healthy-living/fitness/fitness-basics/aha-recs-for-physical-activity-in-adults> (accessed on 17 April 2020).

17. Gay, C.; Chabaud, A.; Guilley, E.; Coudeyre, E. Educating patients about the benefits of physical activity and exercise for their hip and knee osteoarthritis. Systematic literature review. *Ann. Phys. Rehabil. Med.* **2016**, *59*, 174–183. [CrossRef]
18. De Rooij, M.; Van Der Leeden, M.; Cheung, J.; Van Der Esch, M.; Häkkinen, A.; Haverkamp, D.; Roorda, L.D.; Twisk, J.; Vollebregt, J.; Lems, W.F.; et al. Efficacy of Tailored Exercise Therapy on Physical Functioning in Patients with Knee Osteoarthritis and Comorbidity: A Randomized Controlled Trial. *Arthritis Rheum.* **2017**, *69*, 807–816. [CrossRef]
19. Tittlemier, B.J.; Wittmeier, K.D.; Webber, S.C. Quality and content analysis of clinical practice guidelines which include nonpharmacological interventions for knee osteoarthritis. *J. Eval. Clin. Pract.* **2020**. [CrossRef]
20. Dell’Isola, A.; Jönsson, T.; Ranstam, J.; Dahlberg, L.E.; Hansson, E.E. Education, Home Exercise, and Supervised Exercise for People with Hip and Knee Osteoarthritis As Part of a Nationwide Implementation Program: Data from the Better Management of Patients With Osteoarthritis Registry. *Arthritis Rheum.* **2020**, *72*, 201–207. [CrossRef]
21. Rauch, F.; Sievanen, H.; Boonen, S.; Cardinale, M.; Degens, H.; Felsenberg, D.; Roth, J.; Schoenau, E.; Verschueren, S.; Rittweger, J. Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* **2010**, *10*, 193–198.
22. Rittweger, J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur. J. Appl. Physiol.* **2010**, *108*, 877–904. [CrossRef] [PubMed]
23. Moreira-Marconi, E.; Dionello, C.F.; Morel, D.S.; Sá-caputo, D.C.; Souza-Gonçalves, C.R.; Paineira-Domingos, L.L.; Silva-Teixeira, Y.; dos Santos Pereira, M.J.; Bernardo-Filho, M. Whole body vibration and auriculotherapy improve handgrip strength in individuals with knee osteoarthritis. *J. Tradit. Chin. Med.* **2019**, *39*, 707–715.
24. Lai, Z.; Lee, S.; Hu, X.; Wang, L. Effect of adding whole-body vibration training to squat training on physical function and muscle strength in individuals with knee osteoarthritis. *J. Musculoskelet. Neuronal Interact.* **2019**, *19*, 333–341. [PubMed]
25. Sá-Caputo, D.; Paineiras-Domingos, L.L.; Oliveira, R.; Neves, M.F.; Brandão, A.; Marin, P.J.; Sañudo, B.; Furness, T.; Taiar, R.; Bernardo-Filho, M. Acute Effects of Whole-Body Vibration on the Pain Level, Flexibility, and Cardiovascular Responses in Individuals With Metabolic Syndrome. *Dose-Response* **2018**, *16*. [CrossRef] [PubMed]
26. Paiva, P.C.; Figueiredo, C.A.; Reis-Silva, A.; Francisca-Santos, A.; Paineiras-Domingos, L.L.; Martins-Anjos, E.; Melo-Oliveira, M.E.S.; Lourenço-Revelles, G.M.G.; Moreira-Marconi, E.; Guedes-Aguiar, E.O.; et al. Acute and Cumulative Effects with Whole-Body Vibration Exercises Using 2 Biomechanical Conditions on the Flexibility and Rating of Perceived Exertion in Individuals With Metabolic Syndrome: A Randomized Clinical Trial Pilot Study. *Dose-Response* **2019**, *17*. [CrossRef]
27. Lage, V.; Lacerda, A.C.R.; Neves, C.D.C.; Chaves, M.G.A.; Soares, A.A.; Lima, L.P.; Martins, J.B.; Matos, M.A.; Vieira, É.L.M.; Teixeira, A.L.; et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Inflammatory Markers in People with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Pilot Study. *Rehabil. Res. Pract.* **2018**, *2018*, 1–7. [CrossRef]
28. World Health Organization. *Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry*; WHO Technical Report Series, 854; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 1995.
29. Schulz, K.F.; Altman, D.G.; Moher, D. CONSORT 2010 Statement. *Obstet. Gynecol.* **2010**, *115*, 1063–1070. [CrossRef]
30. Random.org. Available online: <http://www.random.org> (accessed on 13 November 2018).
31. Galli, M.; De Santis, V.; Tafuro, L. Reliability of the Ahlbäck classification of knee osteoarthritis. *Osteoarthr. Cartil.* **2003**, *11*, 580–584. [CrossRef]
32. Weidow, J.; Cederlund, C.-G.; Ranstam, J.; Kärrholm, J. Ahlbäck grading of osteoarthritis of the knee: Poor reproducibility and validity based on visual inspection of the joint. *Acta Orthop.* **2006**, *77*, 262–266. [CrossRef]
33. Kesiktas, F.N.; Dernek, B.; Sen, E.I.; Albayrak, H.N.; Aydin, T.; Yildiz, M. Comparison of the short-term results of single-dose intra-articular peptide with hyaluronic acid and platelet-rich plasma injections in knee osteoarthritis: A randomized study. *Clin. Rheumatol.* **2020**, 1–8. [CrossRef]

34. Ishimoto, Y.; Kawakami, M.; Curtis, E.; Cooper, C.; Harvey, N.; Westbury, L.; Teraguchi, M.; Horie, K.; Nakagawa, Y. The Impact of Lumbar Spinal Stenosis, Knee Osteoarthritis, and Loss of Lumbar Lordosis on the Quality of Life: Findings from the Katsuragi Low Back Pain Study. *Spine Surg. Relat. Res.* **2018**, *3*, 157–162. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Marx, F.C.; Oliveira, L.M.; Bellini, C.G.; Ribeiro, M.C.C. Translation and cultural validation of the Lequesne's algofunctional questionnaire for osteoarthritis of knee and hip for portuguese language. *Rev. Bras. Reumatol.* **2006**, *46*, 253–260.
36. Sá-Caputo, D.; Paineiras-Domingos, L.L.; Francisca-Santos, A.; Dos Anjos, E.M.; Reis-Silva, A.; Neves, M.F.; Oigman, W.; Oliveira, R.; Brandão, A.A.; Machado, C.B.; et al. Whole-body vibration improves the functional parameters of individuals with metabolic syndrome: An exploratory study. *BMC Endocr. Disord.* **2019**, *19*, 6. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Khalil, S.F.; Mohktar, M.S.; Ibrahim, F. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors* **2014**, *14*, 10895–10928. [[CrossRef](#)]
38. Cômodo AR, O.; Dias AC, F.; Tomaz, B.A.; Silva Filho, A.A.; Werustsky, C.A.; Ribas, D.F.; Spolidoro, J.; Marchini, J.S. *Utilização da Bioimpedância Para Avaliação da Massa Corpórea*; Associação Médica Brasileira: São Paulo, Brazil, 2009; pp. 1–13.
39. Kyle, U.G.; Bosaeus, I.; De Lorenzo, A.D.; Deurenberg, P.; Elia, M.; Gómez, J.M.; Heitmann, B.L.; Kent-Smith, L.; Melchior, J.-C.; Pirlich, M.; et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: Utilization in clinical practice. *Clin. Nutr.* **2004**, *23*, 1430–1453. [[CrossRef](#)]
40. Kear, B.M.; Guck, T.P.; McGaha, A.L. Timed Up and Go (TUG) Test. *J. Prim. Care Community Health* **2016**, *8*, 9–13. [[CrossRef](#)]
41. Shariat, A.; Cleland, J.A.; Danaee, M.; Alizadeh, R.; Sangelaji, B.; Kargarfard, M.; Ansari, N.N.; Sepehr, F.H.; Tamrin, S.B.M. Borg CR-10 scale as a new approach to monitoring office exercise training. *Work* **2018**, *60*, 549–554. [[CrossRef](#)]
42. Neto, S.B.S.; Moreira-Marconi, E.; Kutter, C.R.; Frederico, É.H.F.F.; Paiva, P.D.C.D.; Meyer, P.F.; Chang, S.; Sá-Caputo, D.; Bernardo-Filho, M. Beneficial effects of whole body mechanical vibration alone or combined with auriculotherapy in the pain and in flexion of knee of individuals with knee osteoarthritis. *Acupunct. Electro-Ther. Res.* **2017**, *42*, 185–201. [[CrossRef](#)]
43. Miot, H.A. Tamanho da amostra em estudos clínicos e experimentais. *J. Vasc. Bras.* **2011**, *10*, 275–278. [[CrossRef](#)]
44. Trans, T.; Aaboe, J.; Henriksen, M.; Christensen, R.; Bliddal, H.; Lund, H. Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee* **2009**, *16*, 256–261. [[CrossRef](#)]
45. Bade, M.J.; Kohrt, W.M.; Stevens-Lapsley, J.E. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2010**, *40*, 559–567. [[CrossRef](#)]
46. Mizner, R.L.; Petterson, S.C.; Stevens, J.E.; Vandenborne, K.; Snyder-Mackler, L. Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *J. Bone Jt. Surg. Am.* **2005**, *87*, 1047–1053. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Hsiao, Y.-H.; Chien, S.-H.; Tu, H.-P.; Fu, J.C.-M.; Tsai, S.-T.; Chen, Y.-S.; Chen, Y.-J.; Chen, C.-H. Early Post-Operative Intervention of Whole-Body Vibration in Patients After Total Knee Arthroplasty: A Pilot Study. *J. Clin. Med.* **2019**, *8*, 1902. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Mikami, Y.; Amano, J.; Kawamura, M.; Nobiro, M.; Kamijyo, Y.; Kawae, T.; Maeda, N.; Hirata, K.; Kimura, H.; Adachi, N. Whole-body vibration enhances effectiveness of “locomotion training” evaluated in healthy young adult women. *J. Phys. Ther. Sci.* **2019**, *31*, 895–900. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
49. Coghill, R.C.; Talbot, J.D.; Evans, A.C.; Meyer, E.; Gjedde, A.; Bushnell, M.C.; Duncan, G.H. Distributed processing of pain and vibration by the human brain. *J. Neurosci.* **1994**, *14*, 4095–4108. [[CrossRef](#)]
50. Zafar, H.; Alghadir, A.; Anwer, S.; Al-Eisa, E. Therapeutic Effects of Whole-Body Vibration Training in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2015**, *96*, 1525–1532. [[CrossRef](#)]
51. Wang, P.; Yang, X.; Yang, Y.; Yang, L.; Zhou, Y.; Liu, C.; Reinhardt, J.D.; He, C. Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Clin. Rehabil.* **2014**, *29*, 939–951. [[CrossRef](#)]
52. Li, X.; Wang, X.Q.; Chen, B.L.; Huang, L.Y.; Liu, Y. Whole-Body Vibration Exercise for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Evid. Based Complement. Altern. Med.* **2015**, *2015*, 636435. [[CrossRef](#)]