



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Renata Marques Marchon

**Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade
submetidas à exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em
três posições corporais**

Rio de Janeiro
2020

Renata Marques Marchon

**Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à
exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Mário Bernardo Filho

Rio de Janeiro

2020

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

M318 Marchon, Renata Marques.

Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à
exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais /
Renata Marques Marchon. – 2020.

79 f.

Orientador: Prof. Dr. Mário Bernardo Filho

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. Pós-graduação em Saúde,
Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense.

1. Exercícios terapêuticos - Teses. 2. Vibração – Uso terapêutico. 3.
Vibração mecânica- Teses. 4. Acelerometria. I. Bernardo Filho, Mario. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto
Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 616.2-002

Bibliotecária: Ana Rachel Fonseca de Oliveira
CRB/7 - 6382

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

Assinatura

Data

Renata Marques Marchon

**Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à
exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais**

Dissertação apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre, ao Programa
de Pós-Graduação em Saúde, Medicina
Laboratorial e Tecnologia Forense, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 14 de setembro de 2020.

Banca Examinadora: _____

Prof. Dr. Mário Bernardo Filho (Orientador)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof.^a Dra. Danúbia da Cunha de Sá Caputo

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof.^a Dra. Anke Bergmann

Instituto Nacional de Câncer - INCA

Rio de Janeiro

2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que me propiciaram vida, educação e amor: meus avós, meus pais Renato e Natália, minha irmã Juliana, meu cunhado Marcos e meu sobrinho Júlio. À todos os meus professores, da escola à vida acadêmica, em especial Victória Wilson Coelho, por me contagiarem pelo prazer ao conhecimento! Aos amigos da vida que há décadas acompanham meu desenvolvimento com incentivos, orgulho e amor incondicional: Thais e Vera, Sandra, Ana Pettersen, Angela Funicello, Angela Graciela, Alzira e Vanessa, Lilian e Walter, Patrícia e Marlene, Glória Fisher, Rachel Brunocilla, Juliana Mamede. Ao Deus, e a Deusa, em meu coração!

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Mário Bernardo Filho, pela orientação, dispondo de um laboratório muito bem equipado quanto o LAVIMPI e oportunidade de realizar este trabalho.

Como não agradecer imensamente à essa excelência, Anke Bergmann, primeira orientadora da vida, que desde os tempos de Iniciação Científica expande meus horizontes, me ensina a importância da pesquisa científica aliada à prática profissional e me estimula com seu exemplo. Que nunca mediu esforços na construção da Fisioterapia Oncológica. A quem tenho orgulho de trabalhar junto em tantas frentes e desfrutar da sua amizade. Obrigada por agregar nesse Mestrado com todo seu conhecimento epidemiológico e estatístico, para além do carinho e amorosidade infintos. Sem o seu apoio eu não teria me aventurado nessa empreitada.

Ao ilustríssimo Doutor Christiano Bittencourt Machado – conhecido em virtude dessa jornada e agora o tendo como amado Mestre, que aceitou o desafio de acompanhar todo o processo prático e decifrar o “enigma” de todos os meus sinais elétricos, sem os quais não seria possível a realização desse estudo. Paciente, dedicado, pró ativo e sempre disponível, se fez presente em todas as etapas deste trabalho.

À Eloá Moreira Marconi, mesmo adiante no caminhar acadêmico, sempre esteve disponível, compartilhando do seu conhecimento, incansável nas revisões dos meus resumos, artigos e projetos, com sua leveza e afetuosidade.

À Patrícia Lopes, amiga, colega de profissão e parceira de Mestrado. Me apresentou ao laboratório e me iniciou na vibração, ajudou a ter perseverança e com quem divido publicações e trabalhos.

Às colegas Arlete, Eliane, Laisa, Angélica, Adriana, e Márcia pelas trocas e participação no estudo. Danúbia, Carla, Cíntia, Roges, Aline, Ygor e todos os demais colegas do LAVIMPI pelo tempo partilhado.

Aos meus colegas e professores do Mestrado Profissional, em especial Professor Alexandre Bello, por apresentar e ensinar a ferramenta Mendeley® e outras, pela cortesia, presença serena e amabilidade para além das práticas acadêmicas.

À Simone Souza, que com certeza foi um incentivo na escolha do Programa, por sua competência, organização e disponibilidade em atender todas as demandas

dos mestrandos com inigualável eficiência. Obrigada por propiciar harmonia nesse processo, do início ao fim.

À todas as mulheres maravilhosas que participaram voluntariamente deste estudo, incluindo tia Izaida e amadas do Centro Nowa Cumig.

Aos amigos Patrícia Curcio, Felipe Modesto e demais colegas do INCA na parceria e compreensão durante minhas ausências, nesse período de formação.

Ao João Luiz, meu tio, pelo interesse, discussões e pela confecção de dispositivo imprescindível para realização do meu estudo.

Às Mestras de vida Carmen Olasagasti, Athamis Bárbara, Cláudia Guilherme – Cacao querida, que me ancoram espiritualmente, disponíveis incondicionalmente nas maiores dificuldades, me conduzindo no autoconhecimento e ensinando a desfrutar da vida sempre com mais alegria, confiança e autenticidade. Gratidão para além desta vida.

Às amigas maravilhosas Lucila, Linda, Erika, Silvana, Isabela, Fernanda, Denise Flávio, Danielle, Mariana G, Viviane, Neuza, Isabela Simões, Eliane, Glória, Lorena e Ilce que estão sempre do meu lado com todo carinho, cuidados, apoio e incentivo nessa caminhada que aconteceu no meio de um processo pessoal muito difícil.

Ao Tito, pelos momentos de alegria proporcionados.

O dia em que a ciência começar a estudar os fenômenos não-físicos ela vai fazer mais progressos em uma década do que em todos os séculos anteriores da sua existência. Para entender a verdadeira natureza do Universo, deve-se pensar em termos de energia, frequência e vibração.

Nikola Tesla

RESUMO

MARCHON, Renata Marques. *Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais*. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Exercícios de vibração de corpo inteiro (EVCI) devido à transmissão de vibrações mecânicas geradas em plataforma vibratória (PV), para o indivíduo que está em contato com a mesma, mostram efeitos benéficos clínicos em diversas populações. O posicionamento comumente adotado é de pé com pernas fletidas, entretanto, condições limitantes podem requerer adaptações. O objetivo desse estudo foi avaliar a transmissibilidade vertical da vibração mecânica nos joelhos, coluna lombar, esterno e cabeça, de mulheres maiores de 40 anos, em três posições distintas: de pé com semi flexão de joelhos (SQ), e sentado em cadeira com tornozelos em angulação de 45° (SIT) ou perpendicular à PV (PLAT). Trinta voluntárias foram submetidas ao EVCI com frequências de 7,5Hz, amplitude de 2,5mm, com intensidade correspondente de 0,12g, expostas por 10 segundos e repouso em 20 seg, em cada posição. Quatro acelerômetros monoaxiais foram usados na mensuração. A medida de aceleração expressa pelo *root mean square* (RMS) foi computada para cada sinal, e a transmissibilidade RMS (T_{RMS}) calculada usando relação simples $Trms(\%) = (RMS_{Corpo} / RMS_{pv}) \times 100$, ($RMS_{Corpo} = RMS$ do acelerômetro do corpo e $RMS_{pv} = da$ PV). Várias respostas relacionadas à segurança (dor, tontura, medo, formigamento e desconforto) foram avaliadas por instrumentos próprios. Trinta mulheres com média de idade de 56 anos, foram selecionadas voluntariamente. Brancas (56%) em sua maioria, não tabagistas (96%) e sedentárias (56%), 73,3% encontravam-se acima do peso (sobrepeso ou obesidade). O EVCI foi percebido como exercício de baixo esforço/fadiga (96,7%) e 40% não referiram qualquer insegurança ou desconforto. Houve perda da T_{RMS} ao longo do corpo, como indicam outros estudos. Foi observado ressonância no segmento de joelhos tanto na postura SQ quanto PLAT. Comparando as integrais de aceleração máxima entre todas as condições (regiões do corpo e posturas), as pernas possuíam magnitudes cerca de 9 vezes maiores em comparação com o quadril e este magnitudes de aceleração cerca de quase 3 vezes maiores em comparação com a cabeça. O esterno foi o ponto de menor vibração em todas as posturas. Quanto a vibração da cabeça, PLAT foi a postura mais protetora. A partir dos resultados, foi elaborado protocolo terapêutico. A postura escolhida como mais adequada para realização de EVCI sentado foi a postura SIT, que acarretou pequena vibração de cabeça com menor transmissibilidade e ressonância em joelhos e menor o registro de medo ou tontura.

Palavras-chave: Vibração de corpo inteiro. Acelerometria. Transmissibilidade.

ABSTRACT

MARCHON, Renata Marques. *Transmissibilidade vibratória em mulheres de meia idade submetidas à exercício de vibração de corpo inteiro: estudo em três posições corporais*. 2020. 77 f. Dissertação (Mestrado em Saúde, Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense) – Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Whole body vibration exercises (WBVE) show beneficial clinical effects in several populations due to the transmission of mechanical vibrations generated on a vibrating platform (VP), for the individual who is in contact with it. The most used posture is standing with a knee semi-flexion, however, disabling clinical conditions may require adaptations. The purpose of this study was to evaluate the vertical transmissibility of mechanical vibration in the knees, lumbar spine, sternum and head, of women over 40 years old, in three different positions: standing with knee-flexion (squatting position, SQ), sitting on a chair with the feet resting on the platform and 45° ankle angle (SIT) or perpendicular to VP (PLAT). Methodology: Thirty volunteers were submitted to WBVE with vibration frequency of 7.5 Hz, amplitude of 2.5 mm, with corresponding intensity of 0.12 g, exposed for 10 seconds and 20 seconds resting, in each position. Four monoaxial accelerometers were used in the measurement. The acceleration measure expressed by the root mean square (RMS) was estimated for each signal, and the transmissibility RMS (T_{RMS}) calculated using simple ratio $T_{RMS} (\%) = (RMS_{Body} / RMS_{VP}) \times 100$, (RMS_{Body} = RMS of the body accelerometer and RMS_{VP} = from VP). Several safety-related responses (pain, vertigo, fear, tingling and discomfort) were assessed using their own instruments. Results: Thirty women, with an average age of 56 years, were selected voluntarily. Most white (56%), non-smokers (96%) and sedentary (56%), 73.3% were overweight (overweight or obese). WBVE was perceived as a low effort / fatigue exercise (96.7%) and 40% did not report any insecurity or discomfort. There was loss of T_{RMS} throughout the body, as indicated by other studies. Resonance phenomena was observed in the knee segment, both in the SQ and PLAT positions. Comparing the maximal acceleration integrals among all conditions (body regions and postures), the legs had about 9 times higher magnitudes compared with the hip and this magnitudes of acceleration about 3 times higher compared with the head. The sternum was the point of lowest vibration in all postures. Considering head acceleration transmissibility, PLAT represented the safest posture. Conclusions: Based on results, a therapeutic protocol was developed. Posture chosen as most appropriate to perform seated WBVE was SIT posture, recorded less head vibration, smaller transmissibility or resonance knees and less fear or vertigo.

Keywords: Whole body vibration. Accelerometry. Transmissibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Frequências naturais do corpo humano.....	14
Figura 2 –	Transmissão vibratória em PV Sincrônica e Alternada.....	16
Figura 3 –	Interferências na Transmissibilidade da Vibração Mecânica.....	19
Figura 4 –	Equipamentos utilizados na coleta.....	24
Figura 5 –	Protocolo para coleta de dados.....	27
Figura 6 –	Posturas Analisadas.....	28
Figura 7 –	Gráficos espectro de frequência.....	30
Figura 8 –	Diagrama de atenuação das acelerações.....	38
Figura 9 –	Distribuição proporcional dos dez tipos de câncer mais incidentes estimados para 2020 por sexo, exceto pele não melanoma*	41

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 –	Deslocamento x Tempo numa vibração sinusoidal.....	16
Quadro 1 –	Recomendação de termos para descrever vibração mecânica	17
Tabela 1 –	Análise descritiva das variáveis.....	32
Gráfico 2 –	Postura SQUAT.....	33
Gráfico 3 –	Postura SIT.....	33
Gráfico 4 –	Postura PLAT.....	34
Tabela 2 –	Diferença de Transmissibilidade em cada Postura & Ponto versus Plataforma (100%) - Teste t de Amostras Pareadas.....	34
Tabela 3 –	Diferenças de Transmissibilidade Corpo & Postura versus emissão da Plataforma (110%) – Teste t de Amostra Pareadas.....	36
Tabela 4 –	Análise de Conforto e Segurança em relação as posturas (Diagrama de Corlett e Manenica).....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ESA	Agência Aeroespacial de Berlim
EVCI	Vibração de Corpo Inteiro
IMC	Índice de Massa Corporal
ISO 2631	<i>International Organization for Standardization 2631</i>
PV	Plataforma Vibratória
RMS	<i>Root Mean Square</i>
STS	Sit to Stand test
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TUGT	<i>Timed Up and Go</i>
VCI	Vibrações de Corpo Inteiro
WBV	<i>Whole Body Vibration</i>
VM	Vibração Mecânica

SUMÁRIO

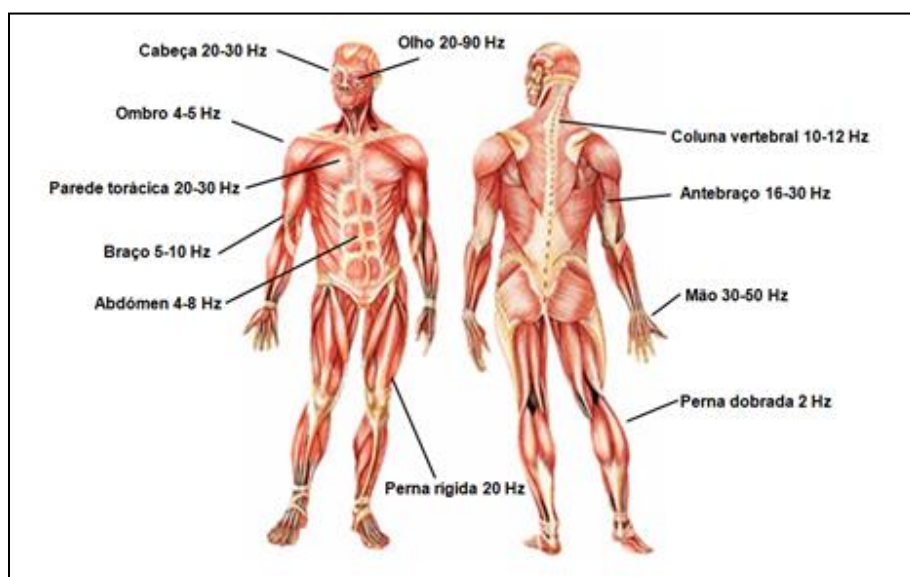
	INTRODUÇÃO	14
1	OBJETIVOS	22
1.1	Geral	22
1.2	Específicos	22
2	MATERIAL E MÉTODOS	23
2.1	Medidas prévias a coleta de dados	23
2.2	Coleta dos dados	24
2.2.1	<u>Composição Corporal</u>	24
2.2.2	<u>Funcionalidade</u>	25
2.2.3	<u>Esforço e segurança</u>	25
2.2.4	<u>Acelerometria</u>	26
2.2.5	<u>Intervenção</u>	26
2.2.6	<u>Análise do sinal</u>	29
2.2.7	<u>Análise estatística</u>	30
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1	Limitação do estudo	39
	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A – Questionário Sociodemográfico e Ficha de Coleta.....	49
	APÊNDICE B – Protocolo de EVCI para funcionalidade de mulheres de meia idade.....	50
	ANEXO A – Acceleration Transmission from an Oscillating Vibration Exercise Platform in Different Postures: a Pilot Study (Aceito para publicação).....	51
	ANEXO B – Whole body vibration exercise in the management of cancer therapy-related morbidities: A systematic review (Artigo publicado).....	55

ANEXO C – Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model (Artigo publicado).....	64
ANEXO D – Effects of Passive Whole- Body Vibration and Auriculotherapy on the Surface Eletromyographie Pattern of the Vastus Lateralis Right Muscle in Individuals with Knee Osteoarthritis (Aceito para publicação).....	77
....	

INTRODUÇÃO

No organismo humano, são encontradas variadas formas de energia – química, elétrica, mecânica - com vibrações e frequências mensuráveis quantitativamente. O corpo humano e seus órgãos individuais têm diferentes frequências naturais, como pode ser observado na Figura 1. Quando uma frequência de vibração externa coincide com a frequência natural do sistema (ressonância), a energia vibratória é absorvida pelo corpo gerando uma amplificação. Dependendo da massa, postura corporal ou ainda contrações musculares, o corpo reagirá de formas diferentes às vibrações (MORAES et al., 2006; VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b). Pelo mesmo princípio, a ausência de vibração, frequência e movimento do corpo humano – imobilismo – pode ter efeitos deletérios (BOECHAT et al., 2012).

Figura 1 - Frequências naturais do corpo humano



Fonte: SAFEMED, 2015.

Existem estudos sobre a exposição cotidiana à vibração mecânica (VM) no corpo humano. Normalmente essas VM, não “lineares” ou em demasia, estão associadas a lesões ocupacionais e riscos à saúde e são normatizadas pela norma ISO 2631 (*International Organization for Standardization*), visando diminuir seus efeitos deletérios. Sua primeira versão se deu em 1978, e atualmente, a nova ISO 2631, de 1997, não apresenta limites de exposição à vibração, limitando-se a definir

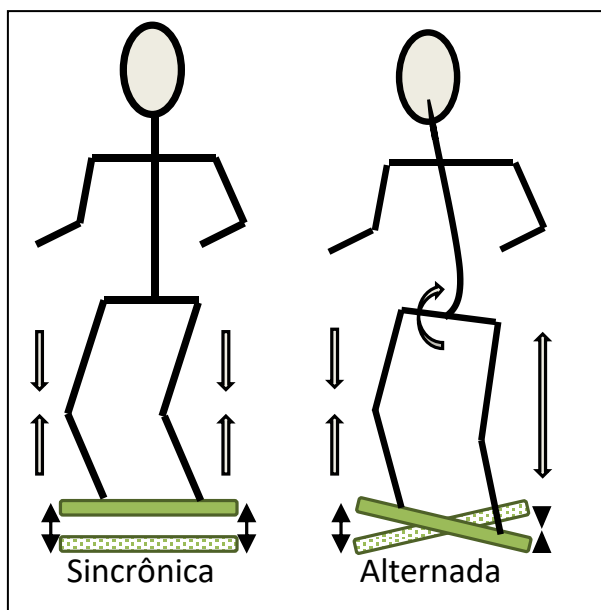
um método para a avaliação de exposição e indicar os principais fatores para determinar níveis de exposição aceitáveis. Nesse contexto, vibrações de corpo inteiro (VCI) são classificadas como de baixa frequência, numa faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente de 1 a 20 Hz (PEREIRA; NEVES, 2006; MORAES et al., 2006).

A VM como recurso terapêutico teve seus primeiros estudos publicados pela Agência Aeroespacial de Berlim – ESA, em 2003, motivada pelas complicações de atrofia muscular e desmineralização óssea causados pela ausência de gravidade em missões aeroespaciais (RITTWEGGER; FELSEMBERG, 2004). Existem distintos equipamentos para realização de VCI, porém o mais amplamente utilizado na literatura é a plataforma vibratória (PV).

Plataformas vibratórias disponíveis comercialmente para uso na saúde, apresentam em sua maioria ajustes de frequência com amplitudes pré fixadas, de forma a evitar intensidades de vibração maiores que as recomendadas pela ISO 2631, todavia apresentam faixas de frequência entre 5 e 60 Hz, o que significa que ressonâncias podem ocorrer em partes do corpo (Figura 1). Apesar da VCI gerada por dispositivos terapêuticos se caracterizar por vibrações lineares, com frequências e amplitudes inferiores às vibrações ocupacionais, a ISO pode servir de referencial de segurança, uma vez que algumas sessões de treinamento excedem essas recomendações e efeitos deletérios são por vezes relatados na literatura (ABERCROMBY et al., 2007; KIISKI et al., 2008; SONZA et al., 2015b; 2015a; LAM et al., 2016).

São dois os tipos de transmissão gerados em PV (Figura 2). Na transmissão sincrônica, o movimento de flexo extensão dos membros inferiores é simultâneo e uma aceleração puramente linear é transmitida ao tronco. No modo de alternância lateral, os membros inferiores trabalham opostamente – um flete enquanto o outro estende, introduzindo um componente rotacional na pelve e coluna lombar, similar a marcha humana, ativando músculos contralaterais das costas. Estudos sugerem que esta ação reduz a transmissão de vibração para o tronco e cabeça, proporcionando melhor tolerância diante de acelerações de pico maiores, em comparação ao modo sincrônico (ABERCROMBY et al., 2007; RITTWEGGER, 2010).

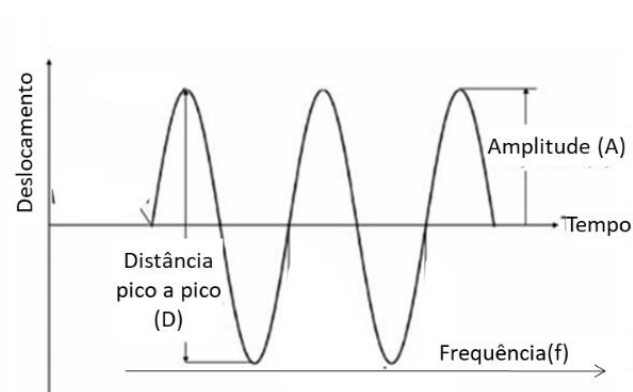
Figura 2 - Transmissão vibratória em PV Sincrônica e Alternada



Nota: Ilustração dos dois principais modos de transmissão de vibração no exercício de vibração de corpo inteiro.
 Fonte: Adaptada de Rittweger, 2010.

Vários são os tipos de vibração, porém em relação à gerada em PV deve-se considerar apenas as vibrações sinusoidais (Gráfico 1), pois são essas que os dispositivos de VCI pretendem fornecer. Para descrever uma vibração sinusoidal, é necessário fornecer informações sobre a frequência, o deslocamento do ponto mais baixo para o mais alto (distância pico a pico) e o deslocamento máximo do equilíbrio (amplitude) (RAUCH et al., 2010).

Gráfico 1 - Deslocamento x Tempo numa vibração sinusoidal



Fonte: Adaptado de Rauch et al., 2010.

Para realização de exercício de vibração de corpo inteiro (EVCI), o indivíduo é colocado em contato com a base da PV ligada. A VM transmitida ao corpo através da base de contato constitui a exposição do indivíduo (RITTWEGGER, 2010).

Para facilitar comparações entre estudos, os termos para descrever os princípios físicos da VM em PV foram recomendados por Rittweger (2010) e estão apresentados no Quadro 1. Recomenda-se fornecer valores de aceleração associados à vibração em múltiplos da gravidade da Terra (símbolo: g; $1\text{ g} = 9,81\text{ ms}^{-2}$) (RITTWEGGER, 2010; COCHRANE, 2011). Na literatura utiliza-se o termo em inglês *whole body vibration* (WBV).

Quadro 1 - Recomendação de termos para descrever vibração mecânica

	Unidade	Definição	Fórmula
Período de duração (T)	s	Duração de um ciclo oscilatório	
Frequência (f)	Hz, s^{-1}	Repetição da onda em 1 ciclo	$f=1/T$
Amplitude (A)	mm	Máximo deslocamento do ponto de equilíbrio	$A=D/2$
Distância pico a pico (D)	mm	Distância entre o maior e menor ponto da oscilação	$D=a_{\text{pico}}/(2 \times \pi^2 \times f^2)$
Aceleração de pico (a_{pico})	$\text{ms}^{-2} / \text{g}$	Velocidade máxima durante um ciclo oscilatório	$A_{\text{pico}}= 2 \times \pi^2 \times f^2 \times D$
Aceleração em múltiplos da gravidade da Terra	g	$1\text{ g} = 9,81\text{ ms}^{-2}$	$g=A_{\text{pico}}/9,81$

Fonte: Adaptado de Rauch, 2010.

Muitos são os estudos em EVCI e seus efeitos são: melhoras no sistema locomotor (MOREIRA-MARCONI et al., 2019), na ativação muscular (CARDINALE; WAKELING, 2005; RITTWEGGER, 2010), na mineralização óssea (RITTWEGGER, 2010; MOREIRA-MARCONI et al., 2016), na flexibilidade (RITTWEGGER, 2010; SÁ-CAPUTO et al., 2018), no equilíbrio (RITTWEGGER, 2010; ROGAN et al., 2017; SIERRA-GUZMÁN et al., 2017), na funcionalidade (LARK; WADSWORTH, 2015), na diminuição da dor (RITTWEGGER, 2010; ALEV et al., 2017; SÁ-CAPUTO et al., 2018), na qualidade de vida (SÁ-CAPUTO et al., 2018) e nas respostas cardiovasculares (RITTWEGGER, 2010; COCHRANE, 2011; MIYAKI et al., 2012), neurofisiológicas (CARDINALE; WAKELING, 2005; RITTWEGGER, 2010) e hormonais (RITTWEGGER, 2010). São descritos benefícios em indivíduos com osteoartrite e osteoporose (MOREIRA-MARCONI et al., 2016), sarcopenia (WEI et al., 2016), sequelas de

acidente vascular encefálico (COCHRANE, 2011), fibromialgia (ALEV et al., 2017), Parkinson (COCHRANE, 2011), depressão (LARK; WADSWORTH, 2015; ALEV et al., 2017), síndrome metabólica (PAIVA et al., 2019), transtorno do déficit de atenção (FUERMAIER et al., 2014), e no câncer (leucemias, neuropatia periférica) (STRECKMANN et al., 2018) e melhora da fadiga (RITTWEGER, 2010).

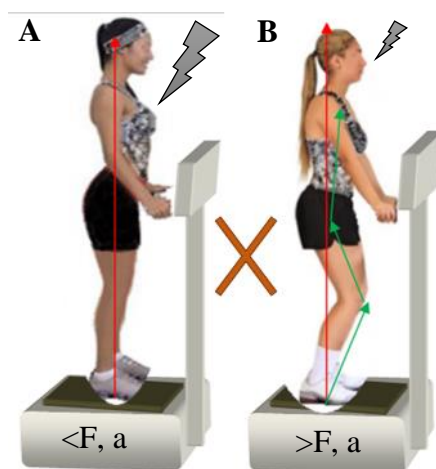
Fatores a serem considerados na prescrição de um EVCI

Alguns dos efeitos fisiológicos associados ao EVCI são atribuídos ao reflexo tônico, que é a resposta neuromuscular à vibração. O estímulo vibratório nos receptores de estiramento muscular primários do fuso muscular (fibras aferentes) estabelecem conexão sináptica com os motoneurônios alfa (eferentes) resultando em contração muscular reflexa. Essa diminuição do limiar de despolarização e o maior recrutamento de unidades motoras desencadeiam adaptações fisiológicas ao longo do tempo (CARDINALE; WAKELING, 2005; SILVA, 2016).

Desse modo, fatores como o posicionamento, movimento e composição corporal influenciam na transmissão das vibrações às estruturas corporais do indivíduo, assim como características do equipamento (ABERCROMBY et al., 2007; VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b; LAM et al., 2016).

A atenuação da energia mecânica pelas pernas é atribuída a complacência das articulações de joelho, tornozelo e quadril, assim como pela tensão dos grupos musculares e alteração das propriedades elásticas com amortecimento dos tecidos. Elas apresentam uma relação inversa, porém não linear entre si, onde a maior atenuação pela musculatura se dá entre 10° a 30° de flexão dos joelhos enquanto a eficácia da complacência articular aumenta a partir dos 40° (ABERCROMBY et al., 2007; CARYN; DICKEY, 2019). Abercromby et al. (2007) conclui que, durante o EVCI, a dissipação através do ajuste muscular (*muscle tuning*) pode diminuir à medida que a angulação do joelho aumenta. Por isso a recomendação em diversos estudos quanto a semi flexão dos joelhos, denominada *squat* (Figura 3), para diminuir o desconforto gerado pela VM na extremidade superior do corpo e cabeça (ABERCROMBY et al., 2007; VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b; LAM et al., 2016).

Figura 3 - Interferências na Transmissibilidade da Vibração Mecânica



Legenda: Figura esquemática. Joelhos estendidos e menores frequência (f) e amplitude (a) com maior efeito da vibração na cabeça (A). *Squat* e maiores f e a com menor efeito da vibração na cabeça (B).

Fonte: A autora, 2020.

Em condições clínicas limitantes pode ocorrer uma incapacidade pelo indivíduo no posicionamento em semi agachamento. Algumas alternativas podem ser adotadas, por exemplo a posição sentada, porém sentar-se diretamente sobre a PV ou posicionar uma cadeira sobre ela pode gerar vibração desconfortável na região craniana (VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; CARYN; DICKEY, 2019; MOREIRA-MARCONI et al., 2019). Em vista disso, sugere-se que a cadeira seja posicionada frontalmente à PV com os pés do indivíduo apoiados sobre a sua base (SÁ-CAPUTO et al., 2018; MOREIRA-MARCONI et al., 2019). Todavia esse posicionamento acarreta diferentes angulações dos segmentos corporais gerando intensidades distintas, conseqüentemente variação na transmissão de força, mesmo diante de parâmetros idênticos.

Para definir parâmetros, é importante considerar que a força de aceleração é diretamente proporcional a frequência e amplitude e devem ser ajustadas de acordo com o objetivo a ser alcançado. Stania (2015) em seu estudo sobre fortalecimento da musculatura de assoalho pélvico considerou importante o uso de força em alta intensidade (25g, vinte e cinco vezes a aceleração da força gravitacional) combinando alta frequência com moderada amplitude ($f=40\text{Hz}$; $a=4\text{mm}$). Frequência semelhante foi utilizada no estudo de Mogil, para prevenir fraturas em crianças em uso prolongado de corticoide após tratamento oncológico, porém a alta frequência foi associada a

amplitudes mínimas para gerar forças inferiores a 1g ($f=35\text{Hz}$; $a=0,07\text{mm}$; $g=0,3$) (MOGIL et al., 2016). Visando diminuir incidência de neuropatia periférica durante infusão de quimioterapia em pacientes oncológicos, Streckman (2019) elaborou protocolo com variação de frequência e baixa amplitude para evitar um efeito de acomodação ($f=18\sim 35\text{Hz}$; $a=2\text{mm}$; $g=2,6\sim 9,8$).

As frequências de 3 a 7 Hz, com magnitudes inferiores a 1g, são consideradas como as mais seguras para vários pontos do corpo. Diferente das frequências de 21 a 25 Hz, relatadas como extremamente intensa nos membros inferiores (SONZA et al., 2015b). Quanto a alteração da transmissibilidade ao longo do corpo, essa foi inversamente associada a frequência e amplitude da vibração (LAM et al., 2016).

Igual atenção é necessária quanto ao tempo de exposição à VM para atingir o efeito almejado e evitar efeitos indesejáveis como fadiga, dor e mal estar. O tempo total de EVCI é uma combinação entre tempo de exposição em vibração, tempo de repouso e número de exposições (*bouts*). Ante a necessidade de um tempo maior de vibração, períodos prolongados de repouso podem ser usados intercaladamente, ou maior número de *bouts*, para diminuir a fadiga. A quantidade de sessões e o período da atividade – semanas ou meses, também devem ser estipulados de acordo com os objetivos (RAUCH et al. 2010; DIONELLO et al., 2016).

Quanto a realização de exercícios dinâmicos sobre a PV, Caryn (2019) conclui que a resposta ao exercício é semelhante às posturas estáticas, porém são poucos os estudos que comparam movimento durante o EVCI.

Não obstante da necessidade de supervisão por profissional habilitado durante o EVCI dada sua simples execução (LARK; WADSWORTH, 2015; MOGIL et al., 2016), é determinante a elaboração de protocolo e orientações quanto adequada realização por parte do referido profissional. Em condições especiais nas quais o profissional não está presente, o treinamento prévio é aconselhado por uma pessoa da instituição de origem (MARTAKIS et al., 2019). Em populações com maior fragilidade, a presença profissional se faz indispensável para garantir a manutenção da postura durante a execução, identificar derrapagem ou perda de contato com a PV melhorando assim a segurança e qualidade do exercício.

Para elaboração de um protocolo terapêutico eficaz é importante definir um núcleo de pacientes, suas características e as específicas demandas desejadas, para a partir delas, pensar os parâmetros mais adequados em cada uma delas. Assim como avaliar riscos e contra indicações individuais, para prescrever de forma cautelosa e

prudente. Também é importante considerar critérios voltados a eficiência do protocolo e que levem em consideração acessibilidade, adesão, redução do custo e tempo, segurança (LARK; WADSWORTH, 2015).

Justificativa

Quanto a prescrição de EVCI na literatura, são poucos e distintos os protocolos para mulheres de meia idade. Portanto, estudar a transmissibilidade da vibração mecânica em distintos posicionamentos, avaliar segurança, percepção de esforço e desconforto em um grupo populacional específico é pertinente para possibilitar a elaboração de protocolos terapêuticos mais direcionados, assim como a sugestão de cuidados e contraindicações.

1 OBJETIVOS

1.1 Geral

O objetivo geral desse estudo foi avaliar o comportamento da vibração mecânica em plataforma vibratória nessas mulheres em três diferentes posicionamentos, a fim de propor um protocolo de EVCI direcionado à essa população.

1.2 Específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) mensurar a VM em pontos anatômicos determinantes - joelho, lombar, esterno e cabeça - utilizando acelerometria digital (monoaxial);
- b) analisar a influência da composição corporal, idade e nível de atividade na transmissibilidade vibratória;
- c) registrar a percepção de esforço durante o EVCI através da escala de BORG;
- d) verificar presença de desconforto durante o EVCI através do Diagrama de Corlett e Manenica;
- e) estabelecer correlações entre os três diferentes posicionamentos e pontos anatômicos a fim de elaborar um protocolo seguro de EVCI.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo analítico transversal, como parte da pesquisa “Ação dos exercícios de vibração de corpo inteiro, da auriculoterapia e da associação das duas técnicas, em indivíduos com osteoartrite de joelho: ensaio clínico randomizado controlado intervencionista”, aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário Pedro Ernesto – Universidade do Estado do Rio de Janeiro sob o número CAE 19826413.8.0000.5259.

Foram incluídas mulheres com idade entre 45 e 70 anos. Foram excluídas aquelas que apresentassem manifestações clínicas impeditivas para realização de exercícios ou dos posicionamentos necessários, presença de marca-passo cardíaco, cirurgias ortopédicas há menos de um ano em membros inferiores, presença de próteses metálicas e que não concordaram em assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2.1 Medidas prévias a coleta de dados

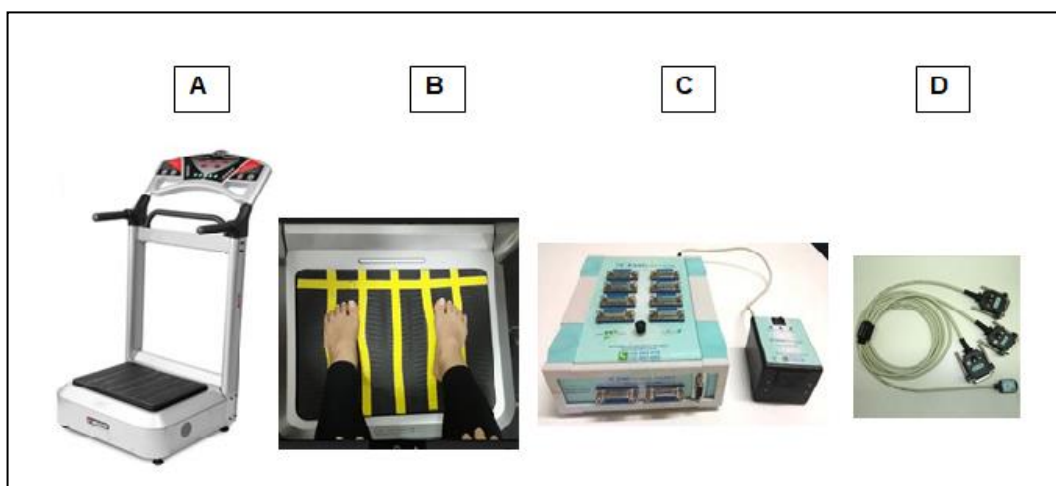
Foi realizada capacitação e treinamento pelo pesquisador quanto ao uso dos equipamentos para acelerometria, calibração e aquisição dos sinais (Aparelho EMG832wf; acelerômetro monoaxial e triaxial modelo ACL270303/15 com uma faixa de medição de 3g e 16g respectivamente, e Software) junto à empresa EMGSystem do Brasil. A PV utilizada no estudo foi do tipo alternada (modelo Novaplate, Fitness Evolution, São Paulo, Brasil). Um teste piloto foi empregado para validar a saída de frequência da PV da configuração de frequência nominal, foi determinada em 5 configurações de frequências diferentes entre 5-25 Hz e feita análise rápida de Fourier (FFT) usando os sinais do acelerômetro capacitivo triaxial citado (SONZA et al., 2015b; CARYN; DICKEY, 2019).

Em virtude da não sincronicidade na mensuração entre as acelerações da PV com as acelerações das partes do corpo, devido à quantidade limitada de canais do equipamento, foi verificada a precisão da frequência do sinal entre as condições carregada e não carregada (calibração aferida com cargas de 0 kg, 64 kg e 120 kg) e

verificado não haver diferença das mesmas em relação a carga sobre o equipamento (COCHRANE, 2011; LAM et al., 2016).

Para aquisição dos sinais foi usado aparelho EMG System (modelo EMG832wf) e acelerômetro monoaxial (Modelo ACL270303/15 da EMGSystem do Brasil), demonstrados na Figura 4.

Figura 4 - Equipamentos utilizados na coleta



Legenda: Plataforma vibratória alternada modelo Novaplate Fitness Evolution (A);
demarcação para posicionamento dos pés em 2,5 mm de amplitude (B);
Equipamento EMG System XXX (C) e Acelerômetro monoaxial (D);
Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

2.2 Coleta dos dados

As informações sociodemográficas (idade, raça/cor da pele, ocupação e uso de tabaco) e clínicas (uso de medicamentos, comorbidades e nível de atividade física) foram obtidas por meio de questionário respondido pela própria participante (Apêndice A).

2.2.1 Composição Corporal

Para classificação da composição corporal discriminada foi realizado Bioimpedância (Equipamento InBody 370, Biospace, EUA) e os dados fornecidos pelo software próprio. As mulheres foram orientadas quanto ao uso de roupas leves, retirados adornos e peças de metal, estar descalças e em jejum de quatro horas. Para as que realizavam exercício regular, foi solicitado abster-se por período de 18 horas. Foram classificadas eutróficas aquelas com índice de massa corporal (IMC) <25 , e como sobrepeso e obesas $IMC \geq 25$, segundo a classificação da Organização Mundial de Saúde.

2.2.2 Funcionalidade

Para a classificação da capacidade funcional aplicaram-se dois testes clínicos: *Timed Up and Go* (TUGT) e *Sit to Stand test* (STS). O TUGT mediu o tempo gasto (s) na tarefa de levantar-se de uma cadeira sem o apoio das mãos após o comando “já” do avaliador, andar um percurso de três metros, girar 180° , voltar e sentar-se novamente apoiando as costas na cadeira. Orientou-se a realização do teste na velocidade habitual da marcha. O desempenho foi registrado em segundos. Para identificação de incapacidade funcional no TUGT foi utilizado ponto de corte de 10 segundos. O STS foi realizado na mesma cadeira, com assento de altura aproximada de 43cm. O teste foi iniciado com o voluntário sentado no centro da cadeira, com coluna ereta, pés apoiados no chão e braços cruzados sobre o tórax, sendo solicitado a levantar-se e sentar-se cinco vezes consecutivas o mais rápido possível. No STS foi utilizado ponto de corte de 12 segundos (VIANA et al., 2018).

2.2.3 Esforço e segurança

A classificação da percepção subjetiva de esforço durante a VM foi medida com base na escala de BORG, seis itens categóricos, com valores variando de 1 a 10 (BORG, 2000). Para avaliação da segurança e sintomas de desconforto foi utilizado o Diagrama de Corlett e Manenica modificado, que é uma ferramenta de análise

biomecânica utilizada na área da Ergonomia que avalia de forma subjetiva constrangimentos posturais (SILVA, 2013). Estudos apontam que as classificações subjetivas quanto a percepção apresentam boa correspondência às magnitudes das acelerações (SILVA, 2013; SONZA et al., 2015b).

Foi realizada familiarização com o equipamento da PV antes da exposição, em frequência diferente da empregada no protocolo e aquecimento antes da realização do exercício. Era solicitado por parte dos sujeitos de pesquisa a não realizarem nenhuma atividade física nas horas antecedentes ao experimento para evitar que a fadiga muscular viesse interferir na transmissibilidade da vibração (CARYN; DICKEY, 2019).

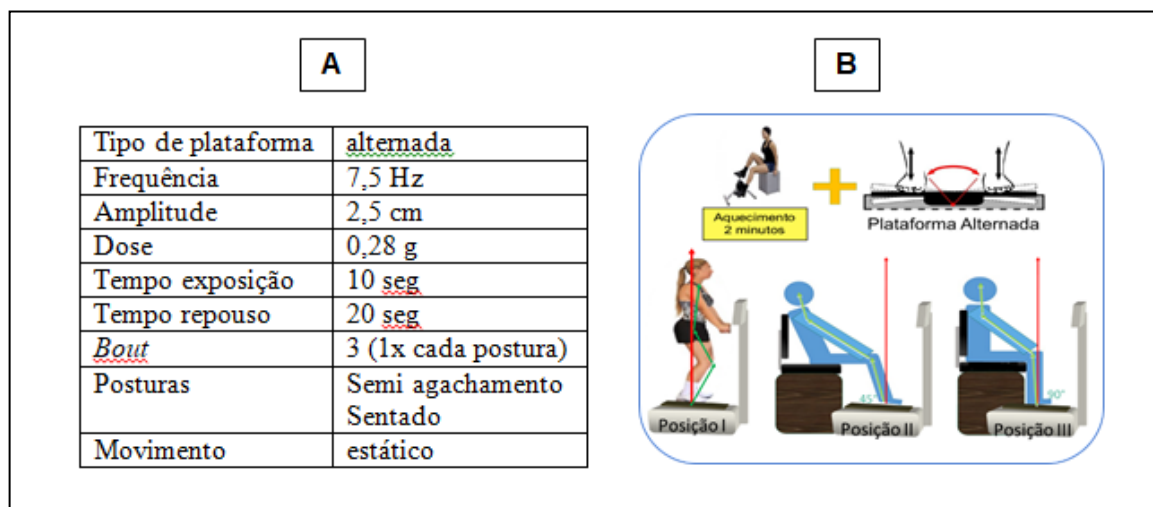
2.2.4 Acelerometria

Para mensurar a magnitude do efeito de transmissibilidade da VM foi utilizado acelerometria. Os pontos anatômicos foram selecionados por seu interesse fisiológico. A fixação dos acelerômetros foi definida em proeminências ósseas a fim de reduzir a vibração de tecidos moles e usado fita adesiva compressiva para pressionar o acelerômetro contra o osso. Foram elas: joelho (tuberosidade anterior da tíbia), região lombar (segunda vértebra lombar), esterno (sínfise manúbrio esternal) e cabeça (centro do osso frontal) (VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b; LAM et al., 2016; CARYN; DICKEY, 2019).

2.2.5 Intervenção

O protocolo utilizado na aplicação do EVCI, conforme recomendações de Rauch (RAUCH et al. 2010) está demonstrado na Figura 5.

Figura 5 - Protocolo para coleta de dados



Legenda: Parâmetros do protocolo do estudo (A); Sequência para aplicação (B).

Fonte: A autora, 2020.

A plataforma utilizada foi do tipo Alternada (modelo Novaplate, Fitness Evolution, São Paulo, Brasil) por possibilitar a livre escolha dos parâmetros de frequência e amplitude (PV sincrônicas possuem parâmetros pré estabelecidos) e por transmitirem menor vibração à parte superior do corpo (BERCROMBY et al., 2007a; RITTWEGER, 2010).

A escolha da frequência e amplitude deu-se pela maior frequência considerada dentro da faixa considerada segura (SONZA et al., 2015b), limitados pela faixa de medição de até 3g dada a capacidade do acelerômetro e para evitar derrapagem na postura sentada (RAUCH et al. 2010).

Para amortecer o efeito da fadiga, o tempo de exposição à VM foi reduzido em cada situação do experimento e utilizado o dobro de tempo para repouso em uma única exposição por posição, de forma intermitente, como sugerido por Cochrane (2011). Não foi realizado randomização da sequência das posturas escolhidas dada a quantidade de sinais coletados simultaneamente de forma a evitar viés de mensuração e melhorar a validade interna do estudo.

As posições utilizadas estão descritas e ilustradas na Figura 6.

Figura 6 - Posturas Analisadas



Legenda: voluntária realizando EVCI na postura de pé (posição I), sentado com o tornozelo em angulação livre (posição II) e com os tornozelos perpendiculares à PV (posição III), com os acelerômetros e goniômetros digitais posicionados.

Nota: **Posição I (SQ)**: de pé, com flexão de 130° de joelhos (*squat*); **Posição II (SIT)**: sentado em cadeira com os pés apoiados na base da PV com angulação da tíbia em relação à superfície da plataforma de 45° , com angulação de joelho a 130° ; **Posição III (PLAT)**: sentado em cadeira com pés apoiados em PV com angulação da tíbia em relação à superfície da plataforma de 90° , com angulação de joelho a 130° ;

Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

A posição SQ é a mais utilizada na literatura. Já a posição SIT, alguns estudos em posição sentada descrevem a postura como “sentado confortável com os pés apoiados sobre a base da PV”, e pensando em padronizar essa posição, entendeu-se que a angulação sugerida é a mais aproximada das descrições pela comunidade científica. A posição PLAT foi sugerida neste estudo sugerindo ser ela de maior aproveitamento da VM, uma vez que o ângulo reto em tornozelos quando sentado diminui a decomposição vetorial da força vertical aproveitando melhor a emissão vibratória (esquematizado na Figura 5).

Em todas as posturas as participantes foram instruídas a manter uma posição fixa dos joelhos dobrados (130°) garantidas por goniometria manual e fixadas na lateral do joelho esquerdo, cabeça reta e olhar voltado para figura fixada em frente à PV durante todo o procedimento (SONZA et al., 2015b). Os braços eram mantidos estendidos ao longo do corpo na posição de pé ou cotovelos estendidos com mãos apoiadas sobre os joelhos nas posturas sentada (MOREIRA-MARCONI et al., 2019).

Foi cuidada a utilização da mesma cadeira para toda a coleta, de material rígido e sem braços. O ajuste da altura para propiciar as angulações necessárias foi feita com uma base rígida confeccionada em madeira (tablado) que permitia ajuste de altura.

2.2.6 Análise do sinal

O sinal de radiofrequência de cada acelerômetro foi analisado usando Matlab® (Mathworks Inc, EUA) Figura 7. Primeiro, foi utilizado um filtro Butterworth passa-baixas de 100Hz. Em seguida, a *root mean square* (*RMS*) foi estimada usando a equação (1).

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

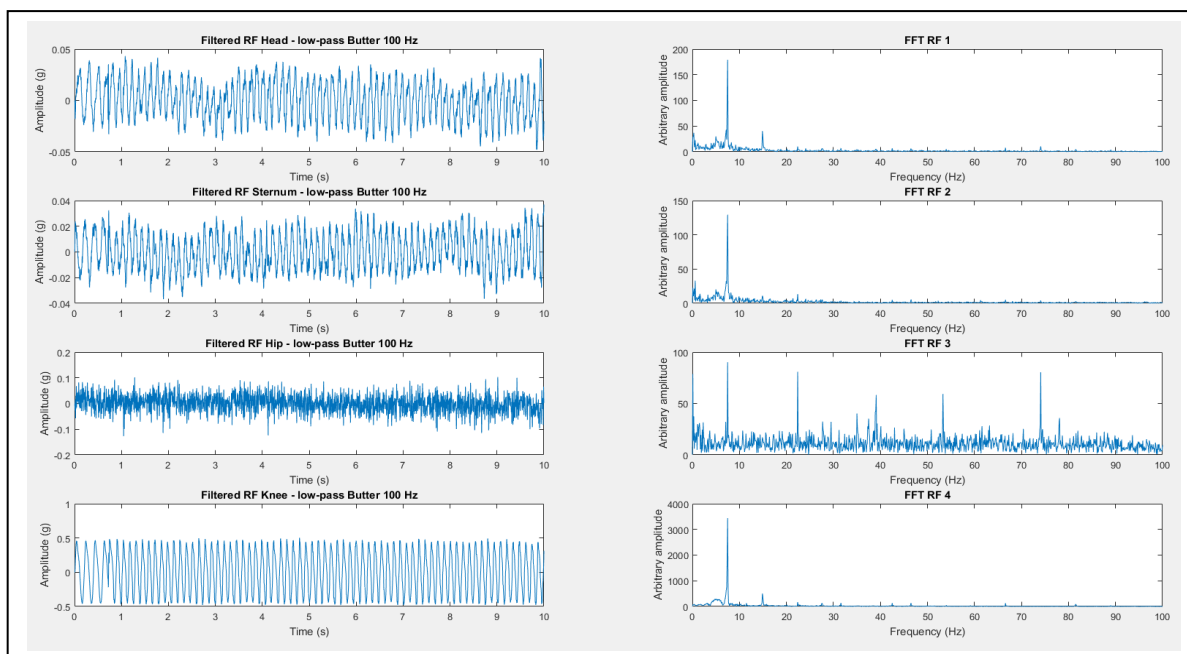
Onde: n é o número de pontos no sinal e x_i é o i -ésimo ponto.

Finalmente, a transmissibilidade do RMS (%) para cada região foi calculada pela equação (2).

$$T_{RMS} (\%) = (RMS_{corpo} / RMS_{PV}) \times 100 \quad (2)$$

Onde: RMS_{corpo} é o RMS obtido nas quatro regiões do corpo com um acelerômetro e RMS_{PV} é o RMS obtido com acelerômetro posicionado diretamente na PV.

Figura 7 – Gráficos espectro de frequência



Nota: Gráficos produzidos pelo MatLab. À esquerda observa-se o gráfico da frequência dos sinais; à direita o pico da frequência (de baixo para cima: joelho, lombar, esterno e cabeça, respectivamente); Sinais coletados na frequência de 7,5Hz, na posição III proposta.
 Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

2.2.7 Análise estatística

Para análise descritiva da população utilizou-se média e desvio-padrão para as variáveis contínuas e determinação de distribuição de frequência para as variáveis categóricas.

A partir das médias da $T_{RMS}(\%)$ dos quatro pontos anatômicos em cada postura (total de 12 médias), foi realizado Teste t de amostras pareadas entre a diferença de $T_{RMS\text{Corpo}}$ e $T_{RMS\text{PV}}$, considerada como 100%, uma vez que era a única fonte emissora para o corpo.

Para essas mesmas diferenças, considerando como variáveis de exposição idade, IMC e realização de atividade física, Teste t de amostras pareadas foi utilizado para verificar se o desfecho diferia para cada uma dessas variáveis. O Teste t foi utilizado dada a distribuição normal da amostra, calculada pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$).

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS, versão 23.0 (IBM).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo das características da amostra é apresentado na Tabela 1. Além dos dados sociodemográficos e clínicos, são apresentadas informações sobre composição corporal, funcionalidade e percepção de esforço.

Vale ressaltar a não percepção de esforço por parte das voluntárias (BORG, 2000), em nenhuma das posturas durante a exposição. Esse resultado vai de encontro aos estudos de Sonza (SONZA et al., 2015b), no que se refere a frequência de 3 a 7 Hz, utilizada nesse estudo, sendo a mais segura justamente por não apresentar esforço ou cansaço.

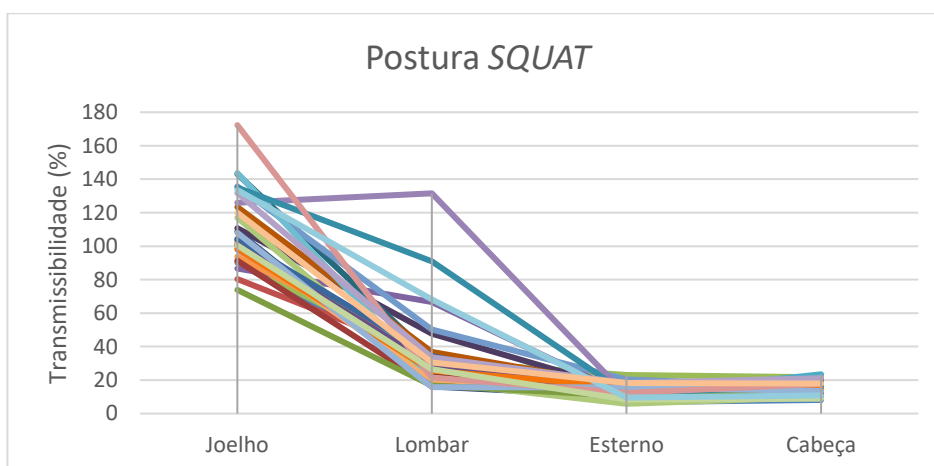
Tabela 1 - Análise descritiva das variáveis

Variável	Total (30)	N (%)
Idade (Média DP)	55 (±14)	
<60 anos	21 (70,0)	
>= 60 anos	9 (30,0)	
Ocupação		
Trabalhos domésticos	11 (36,7)	
Área de Saúde	13 (43,3)	
Outros	6 (20,0)	
Etnia		
Branco	17 (56,7)	
Negros e Pardos	13 (43,3)	
Atividade Física		
Não realiza	14 (46,7)	
2x ou mais / sem	16 (53,3)	
Tabagismo		
Não	29 (96,7)	
Sim	1 (3,3)	
IMC (Média DP)	28,7 (±6,9)	
Adequado	10 (33,3)	
Sobrepeso e obeso	20 (66,7)	
TUGTest (Média DP)	9,97 (±1,52)	
<10 segundos	19 (63,3)	
>10 segundos	11 (36,7)	
Sit to Stand		
<12 segundos	5 (16,7)	
>12 segundos	25 (83,3)	
BORG		
Sem esforço	30 (100,0)	

Fonte: A autora, 2020.

Quando observamos o comportamento da transmissibilidade entre os participantes individualmente (Gráficos 2, 3 e 4) nota-se, como em outros estudos, a atenuação da transmissão vibratória ao longo do corpo. A VM por vezes se apresenta maior que a força gerada pela PV na região dos joelhos sofrendo posterior atenuação, atribuído principalmente ao amortecimento da musculatura dos membros inferiores e flexão dos joelhos e pela dissipação da energia ao longo do corpo (VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b; LIU et al., 2017; CARYN; DICKEY, 2019) . Nota-se maior conformidade entre os indivíduos nas posturas sentadas (SIT e PLAT).

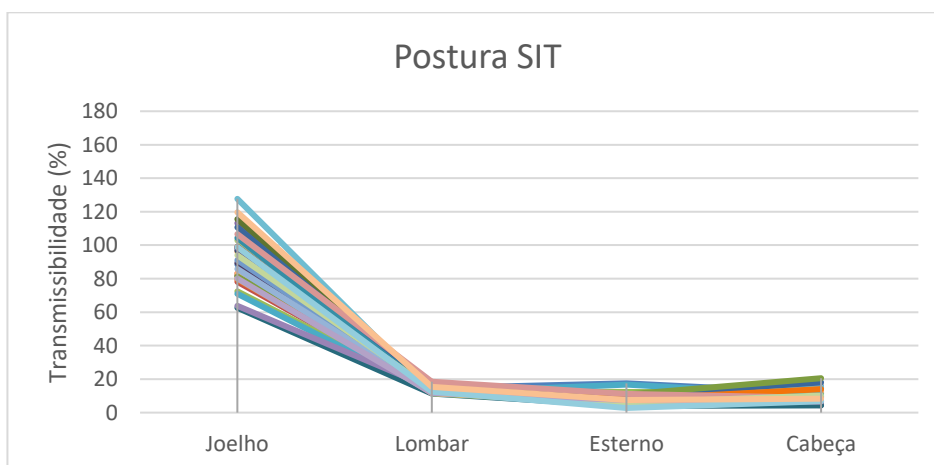
Gráfico 2 – Postura SQUAT



Nota: Linha de tendência da T_{RMS} localizadas no joelho, lombar, esterno e cabeça. Dados individuais dos 30 indivíduos.

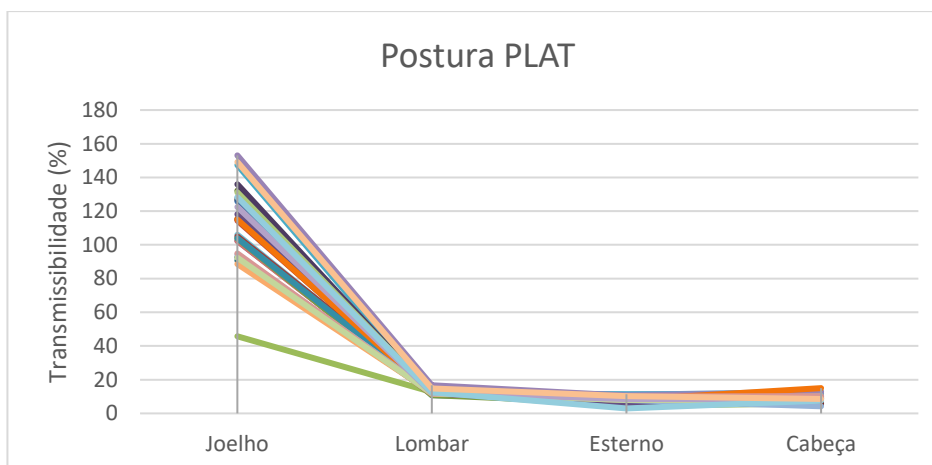
Fonte: A autora, 2020.

Gráfico 3 – Postura SIT



Nota: Linha de tendência da T_{RMS} localizadas no joelho, lombar, esterno e cabeça. Dados individuais dos 30 indivíduos.

Fonte: A autora, 2020.

Gráfico 4 – Postura *PLAT*

Nota: Linha de tendência da T_{RMS} localizadas no joelho, lombar, esterno e cabeça. Dados individuais dos 30 indivíduos.

Fonte: A autora, 2020.

Na tabela 2 consideramos como total a emissão pela PV ($T_{RMSPV}=100\%$), uma vez que ela é a fonte geradora da vibração analisada. A partir da $T_{RMS}(\%)$ média em cada ponto analisado, calculamos a diferença em cada ponto de interesse e em cada postura anatômico de interesse em cada postura ($T_{RMSCorpo} - T_{RMSPV}$).

Tabela 2 - Diferença de Transmissibilidade em cada Postura&Ponto *versus* Plataforma (100%) - Teste t de Amostras Pareadas

Postura	Diferença T_{RMS}	$T_{RMS}\%$ (DP)**	Média***	IC 95%	p valor
SQUAT	Joelho - Plataforma	110,91* (21,81)	10,91	2,77 ~ 19,06	0,010
	Lombar - Plataforma	36,07 (24,86)	-63,92	-73,21 ~ -54,64	0,000
	Esterno - Plataforma	12,46 (3,94)	-87,53	-89,00 ~ -86,05	0,000
	Cabeça - Plataforma	14,86 (4,03)	-85,13	-86,64 ~ -83,62	0,000
SIT	Joelho - Plataforma	92,47 (16,08)	-7,52	-13,52 ~ -1,51	0,016
	Lombar - Plataforma	13,17 (1,48)	-86,82	-87,38 ~ -86,27	0,000
	Esterno - Plataforma	8,12 (3,24)	-91,78	-93,08 ~ -90,66	0,000
	Cabeça - Plataforma	11,23 (3,78)	-88,76	-90,18 ~ -87,35	0,000
PLAT	Joelho - Plataforma	113,59* (22,03)	13,59	5,36 ~ 21,82	0,020
	Lombar - Plataforma	12,57 (1,08)	-87,43	-87,83 ~ -87,02	0,000
	Esterno - Plataforma	7,20 (2,22)	-92,13	-93,63 ~ -91,96	0,000
	Cabeça - Plataforma	8,86 (2,31)	-91,13	-92,00 ~ -90,27	0,000

Legenda: *efeito gerado maior que o emitido pela plataforma, sendo atribuído ao fenômeno de ressonância, **Dados com distribuição normal (Teste de Kolmogorov-Smirnov – $p>0,05$) e ***Média da diferença do valor da T_{RMS} com 100%.

Fonte: A autora, 2020.

Em todas as posturas, a região de joelhos foi a que apresentou maior T_{RMS} , sendo nas posturas SQ e PLAT inclusive maiores do que a emitida pela fonte (10,9% e 13,59% respectivamente). Esse efeito pode ser explicado pelo fenômeno de ressonância, onde a frequência utilizada neste estudo (7,5Hz) foi amplificada nos membros inferiores, em alguns indivíduos, quando em coincidência de suas faixas frequenciais. A frequência estimada para membros inferiores varia de 2Hz (quando relaxadas) a 20Hz (contração voluntária máxima) (MORAES et al., 2006; VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014).

Observa-se também a perda da força vibratória ao longo do corpo, como demonstrado também em outros estudos, onde a T_{RMS} da região lombar em todas as posturas (SQ, SIT e PLAT) foi maior que as medidas em cabeça e esterno (VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b; BERGMANN, et al., 2018).

Quanto a T_{RMS} do esterno, foi o menor ponto de transmissão de força, mostrando perdas superiores a 90%. Não foram encontrados estudos que analisassem a transmissão vibratória neste ponto, mas algumas justificativas para esse fenômeno podem ser sugeridas. O esterno é mais anteriorizado em relação ao eixo da coluna vertebral, por onde a VM corre verticalmente, ocasionando maior perda da transmissão pela decomposição vetorial da força. Outra justificativa seria atribuída a menor mobilidade do esterno, quando comparado à cabeça, e sua composição em parte cartilaginosa em sua conexão com as costelas, conferindo-lhe certo amortecimento por conta dessas características anatômicas e, portanto, menor T_{RMS} (%).

Em relação ao desconforto em região de cabeça, relatado em muitos estudos (COCHRANE, 2011; VASCONCELLOS; SCHÜTZ; SANTOS, 2014; SONZA et al., 2015b), a postura que demonstrou menor quantidade de energia acumulada (menor T_{RMS}) foi a PLAT (8,86%), sendo a mais segura para essa região. Vale notar que posturas sentadas SIT e PLAT, propiciam maior relaxamento da musculatura de membros inferiores. Apesar disso, foram as mais seguras para a região da cabeça quando comparadas com a postura SQ, ao contrário do que sugeria Lienhard (2015) sobre efeito da contração muscular no amortecimento vibratório. Assim sendo, o amortecimento muscular não é a única causa da absorção da vibração e posturas sentadas podem ser consideradas seguras e confortáveis para a cabeça durante a realização de EVCI ainda que haja menor ativação dos membros inferiores.

Avaliando os pontos isolados por posturas ($T_{RMS\text{Corpo}} - T_{RMS\text{PV}}$), foi analisado existência de diferença da transmissibilidade entre as variáveis idade, IMC e atividade física (Tabela 3), que foram categorizadas em subgrupos. Todos os pontos anatômicos são demonstrados.

Tabela 3 – Diferenças de Transmissibilidade Corpo & Postura *versus* emissão da Plataforma (110%) – Teste t de Amostra Pareadas

Tabela XX - Diferença de Transmissibilidade Corpo&postura X emissão da Plataforma (100%) - Teste t de Amostra Pareadas										
Média (DP)	Idade			IMC			Atividade Física			
	<60 anos	>= 60 anos	p valor	Adequado (<25)	Sobrepeso e obeso (>25)	p valor	Não realiza	2x ou mais / sem	p valor	
Joelho	SQ	13,21 (18,32)	5,57 (28,99)	0,389	16,53 (20,01)	8,01 (22,62)	0,327	13,13 (23,65)	8,97 (20,65)	0,611
	SIT	-5,75 (17,55)	-11,65 (11,85)	0,367	-3,70 (14,06)	15,42 (25,23)	0,368	-6,89 (17,18)	-8,07 (15,61)	0,864
	PLAT	19,41 (18,78)	0,025 (24,12)	0,024	9,93 (14,06)	15,42 (25,23)	0,529	16,14 (20,77)	11,36 (23,52)	0,562
Lombar	SQ	-59,51 (28,35)	-74,22 (7,72)	0,140	-62,70 (24,06)	-64,53 (25,84)	0,853	-62,03 (30,07)	-65,58 (19,16)	0,704
	SIT	-87,19 (1,07)	-85,98 (1,98)	0,380	-87,19 (0,79)	-86,64 (1,71)	0,346	-86,61 (1,78)	-87,01 (1,19)	0,472
	PLAT	-87,24 (1,18)	-87,88 (0,67)	0,138	-87,62 (0,45)	-87,33 (1,29)	0,506	-87,42 (1,31)	-87,44 (0,88)	0,966
Esterno	SQ	-88,09 (3,82)	-86,21 (4,13)	0,237	-87,40 (3,15)	-87,59 (4,36)	0,901	-87,96 (3,45)	-87,15 (4,40)	0,584
	SIT	-92,04 (3,52)	-91,45 (2,58)	0,675	-93,59 (1,79)	-91,02 (3,49)	0,380	-90,92 (3,81)	-92,71 (2,46)	0,132
	PLAT	-92,42 (2,32)	-93,68 (1,78)	0,159	-93,68 (1,90)	-92,35 (2,28)	0,125	-91,85 (1,92)	-93,63 (2,18)	0,260
Cabeça	SQ	-85,91 (3,94)	-83,32 (3,87)	0,109	-81,50 (4,46)	-85,45 (3,89)	0,555	-85,84 (3,84)	-84,51 (4,22)	0,376
	SIT	-89,55 (3,51)	-86,92 (3,94)	0,080	-89,25 (3,60)	-88,52 (3,93)	0,626	-87,70 (3,60)	-89,69 (3,80)	0,154
	PLAT	-91,25 (2,16)	-90,86 (2,75)	0,684	-91,87 (1,98)	-90,76 (2,42)	0,223	-90,79 (3,15)	-91,43 (1,22)	0,461

Fonte: A autora, 2020.

Quando comparadas correlações entre as diferenças de T_{RMS} em relação as variáveis desfecho, pode-se concluir que as características distintas entre os grupos não interferem na transmissibilidade deste estudo ($p > 0,05$), sugerindo que um único protocolo produz efeito equivalente mesmo diante de grupos distintos. Apenas em relação aos joelhos na postura PLAT houve diferença significativa no grupo acima de 60 anos, onde a ressonância nos joelhos não aconteceu para este grupo.

No que se refere à segurança e conforto durante a realização do EVCI, as mulheres do estudo foram questionadas quanto aos seus sintomas, intensidade do mesmo e local no corpo ao final do posicionamento em cada postura. Os registros estão esquematizados na Tabela 4.

Tabela 4 - Análise de Conforto e Segurança em relação as posturas (Diagrama de Corllet e Manenica)

Postura	Sem vibração N (%)	7,5 Hz	Local
SQUAT			
Sem sintomas	27 (90,0)	19 (63,3)	
Dor ou Desconforto	3* (10,0)	5 (16,7)	Cabeça, lombar*, joelho* e pés
Medo ou Tonteira	0	6 (20,0)	Leve (3), moderado (1), intenso (2)
SIT			
Sem sintomas	30 (100,0)	25 (83,3)	
Dor ou Desconforto	0	3 (10,0)	Tornozelo e pés
Medo ou Tonteira	0	2 (6,7)	Leve
PLAT			
Sem sintomas	30 (100,0)	25 (83,3)	
Dor ou Desconforto	0	1 (3,3)	Cabeça
Medo ou Tonteira	0	4 (13,3)	Leve

Legenda: *desconforto à postura de semi flexão de joelho, associado à comorbidade prévia.

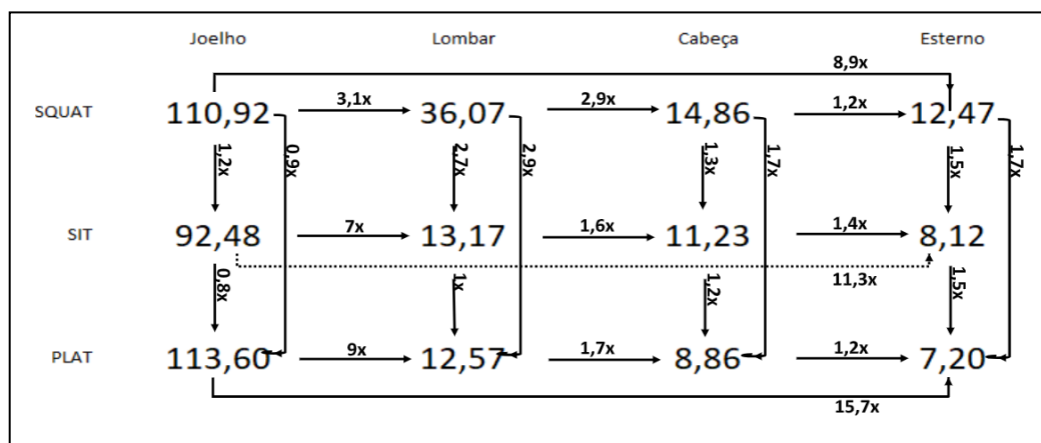
Fonte: A autora, 2020.

É importante destacar que ao início da coleta de sinais, três voluntárias referiram desconforto quando posicionadas em posição de semi flexão de joelhos, antes de iniciar a vibração. Os registros apresentados têm correlação com as comorbidades prévias descritas por elas no questionário inicial. Duas delas referiram desconforto em coluna lombo sacra, porém esse desconforto não persistiu após exposição à vibração na postura SQ. Apenas a terceira voluntária, com queixas simultâneas em coluna lombar e joelhos por artrose, registrou aumento da intensidade algica durante a vibração em SQ. Entretanto, esses sintomas não se repetem em nenhuma das exposições à vibração em posturas sentadas (SIT e PLAT). Também na postura SQ, foi o maior registro de medo de queda, o que reforça os achados na literatura de que a posição sentada é uma possibilidade ao EVCI por pessoas com dificuldade na manter a postura SQ (MOREIRA-MARCONI et al., 2019). A postura SIT apresentou como queixa desconforto leve em tornozelo e pés e enquanto em PLAT, uma voluntária referiu desconforto leve visual (cabeça). Em nenhuma das posturas sentadas houve relato de medo, apenas tonteira de leve intensidade por uma minoria. Nenhum dos sintomas relatados nas posturas sentadas foi associado à comorbidades prévias.

Comparando as integrais de aceleração máxima entre todas as condições (regiões do corpo e posturas), as pernas possuíam magnitudes cerca de 9 vezes maiores em comparação com o quadril e 15 vezes mais altos que o esterno. O quadril

tinha magnitudes de aceleração cerca de quase 3 vezes maiores em comparação com a cabeça (Figura 9). Isso demonstra as capacidades de atenuação do corpo humano, dos pés à cabeça (SONZA et al., 2015b). É interessante notar que a atenuação da parte inferior da perna para o quadril, cabeça e esterno é muito semelhante para as duas posturas sentadas.

Figura 8 - Diagrama de atenuação das acelerações



Nota: Diagrama representando a relação de ordem de grandeza entre os pontos do corpo em cada postura.

Fonte: A autora, 2020.

A partir dos resultados, foi elaborado protocolo apresentado (Apêndice B). A postura escolhida como mais adequada para realização de EVCI sentado foi a postura SIT, que reuniu pequena vibração de cabeça com menor média de transmissibilidade e ressonância em joelhos. Também foi inferior o registro de medo ou tontura.

3.1 Limitação do estudo

Uma limitação do estudo foi a não randomização da sequência das posturas escolhidas, por entender que a fadiga pode afetar os resultados experimentais. Dada a quantidade de sinais coletados simultaneamente, a randomização foi excluída para evitar viés de mensuração e melhorar a validade interna do estudo. Para amortecer o efeito da fadiga, o tempo de exposição à VM foi reduzido em cada postura do experimento, acreditando não haver desta forma alteração dos dados pela ordem de intervenção.

CONCLUSÃO

O EVCI mostra-se seguro e confortável, apresenta intervenção breve e foi percebido como sendo de esforço leve. Pode ser realizado em postura sentado, o que amplia sua indicação entre populações com condições clínico-funcionais limitantes, favorece maior adesão e agrega qualidade de vida. Como recurso terapêutico para mulheres de meia idade, pode ser indicado tanto como atividade física quanto reabilitação motora ou funcional de forma promissora.

As posturas sentadas (SIT e PLAT) demonstraram equivalência na transmissibilidade para joelhos quando comparadas à postura de semi agachamento (SQ) porém mais protetivas para extremidade superior corpo do (quadril, esterno e cabeça). A postura PLAT apresentou a maior T_{RMS} nos joelhos com menor T_{RMS} de cabeça. Essas diferentes características devem ser levadas em consideração na elaboração de protocolos terapêuticos com objetivos distintos.

Sugere-se para estudos futuros, comparar as respostas à transmissibilidade em outras frequências e em plataformas do tipo sincrônica. É pertinente a análise em populações que apresentem condições clínicas limitantes.

Perspectiva em Aplicações Clínicas



Plataforma vibratória no cenário da oncologia

O câncer é considerado o principal problema de saúde mundial, estando entre as quatro causas principais de morte prematura em vários países. Sua crescente incidência e mortalidade está associada ao envelhecimento, crescimento populacional e a prevalência de fatores de risco para o câncer. As maiores incidências no mundo são pulmão, mama e próstata (INCA, 2019).

A Saúde da mulher é uma área importante no Planejamento das Políticas Públicas de Saúde, sendo os cânceres mais incidentes nas mulheres brasileiras o de mama, cólon e reto e colo de útero, como mostra a Figura 10. Não existe somente um

fator de risco para estes tumores, no entanto, a idade acima dos 50 anos é considerada relevante, e comum a todos estes (INCA, 2019).

Figura 9 - Distribuição proporcional dos dez tipos de câncer mais incidentes estimados para 2020 por sexo, exceto pele não melanoma*

Localização Primária	Casos	%			Localização Primária	Casos	%		
Próstata	65.840	29,2%	Homens		Mama feminina	66.280	29,7%		
Cólon e reto	20.520	9,1%			Mulheres		Cólon e reto	20.470	9,2%
Traqueia, brônquio e pulmão	17.760	7,9%			Colo do útero	16.590	7,4%		
Estômago	13.360	5,9%			Traqueia, brônquio e pulmão	12.440	5,6%		
Cavidade oral	11.180	5,0%			Glândula tireoide	11.950	5,4%		
Esôfago	8.690	3,9%			Estômago	7.870	3,5%		
Bexiga	7.590	3,4%			Ovário	6.650	3,0%		
Linfoma não Hodgkin	6.580	2,9%			Corpo do útero	6.540	2,9%		
Laringe	6.470	2,9%			Linfoma não Hodgkin	5.450	2,4%		
Leucemias	5.920	2,6%			Sistema nervoso central	5.220	2,3%		

*Números arredondados para múltiplos de 10.

Fonte: INCA, 2019.

Tanto no decorrer do tratamento oncológico, seja ele cirúrgico, radioterápico ou quimioterápico, quanto da sua progressão, são diversos os fatores que levam a inatividade e progressiva perda funcional dos pacientes oncológicos. Emagrecimento, imunodeficiência, perda de força e fadiga, quimiotoxicidades cardiorrespiratórias, parestesia e alterações de equilíbrio, desmineralização óssea medicamentosa ou metastática são apenas algumas das complicações que podem ser citados (CAMPOS, 2011; BERGMANN, et al., 2014; NETO, 2014; MARCHON, 2017)

O atendimento em oncologia sugere uma abordagem interdisciplinar em relação aos cuidados e o fisioterapeuta tem papel fundamental na avaliação e manutenção da funcionalidade, assim como na prescrição de atividades de vida diária e exercícios físicos nesse período de adoecimento. Dentre as complicações mais frequentes abordadas pela fisioterapia nas mulheres com câncer podemos citar a fadiga, linfedema de membros superiores e inferiores, disfunções sexuais e dor (BERGMANN, 2005; PEREIRA, 2013; DENNETT et al., 2016; MARCHON, 2017).

Apesar da aparente controvérsia quanto a prática de exercícios por pacientes com câncer, a recomendação é de exercícios aeróbicos de moderada intensidade. O aumento da atividade física durante o tratamento oncológico é seguro e está associado com aumento da resistência, melhora da função física, social, sintomas da

fadiga e benefícios qualidade de vida, (MADDOCKS; ARMSTRONG; WILCOCK, 2011;.BEASLEY et al., 2012; BRADSHAW et al., 2014; BOING et al. 2016; DENNETT et al., 2016;VAN VULPEN et al., 2016).

Dentro desse cenário, a característica do EVCI como atividade aeróbica de gradual elevação da frequência cardíaca e ser percebido como de leve esforço, podem ser vantajosas para essa população (COCHRANE, 2011; SONZA et al., 2015b). Todavia são poucos os estudos de EVCI em oncologia, avaliando diferentes demandas e com protocolos distintos dificultando análises comparativas entre eles (VERHULST et al., 2015; SALHI et al., 2015; MOGIL et al., 2016; CREVENNA et al., 2017; SCHÖNSTEINER et al. 2017; BAKER et al., 2018; STRECKMANN et al., 2019; KAEDING et al., 2018; LOPES-SOUZA et al., 2018; PAHL et al., 2018; STRECKMANN et al., 2018; RUSTLER et al., 2019).

O protocolo terapêutico elaborado neste estudo, por apresentar mulheres com características muito próximas àquelas acometidas por câncer de mama e colo de útero, poderá ser utilizado por essa população.

REFERÊNCIAS

- ABERCROMBY, A. F. J. et al. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc*, v.39, n.10, p. 1794-1800, 2007.
- ALEV, A. et al. Effects of whole body vibration therapy in pain, function and depression of the patients with fibromyalgia. *Complement Ther Clin Pract.*, v. 28, p. 200–203, 2017
- BAKER, M.K. et al. Whole Body Vibration Exposure on Markers of Bone Turnover, Body Composition, and Physical Functioning in Breast Cancer Patients Receiving Aromatase Inhibitor Therapy: A Randomized Controlled Trial. *Integr Cancer Ther* [Internet], v.17, n. 3, p.968–978, 2018.
- BEASLEY, J.M., et al. Meeting the physical activity guidelines and survival after breast cancer: findings from the after breast cancer pooling project. *Breast Cancer Res Treat* [Internet], v.131, n. 2, p.637– 643, 2012.
- BERGMANN, Anke. *Incidência e fatores de risco do linfedema após tratamento cirúrgico para câncer de mama: estudo de uma coorte hospitalar*. 2005. 110f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
- BERGMANN, A., et al. Survival of women with spinal compression syndrome due to bone metastasis secondary to breast cancer. *Rev Neurociências*, v. 22, n. 2, p.195–200, 2014.
- BERGMANN, G., et al. Loading of the hip and knee joints during whole body vibration training. Di Giminiani R, editor. *PLoS One* [Internet], v.13, n. 12, e0207014, 2018.
- BOECHAT, J. C. S., et al. A síndrome do imobilismo e seus efeitos sobre o aparelho locomotor do idoso. *Inter Sci Place*, v.1, n. 22, p. 89–107, 2012.
- BOING, L. et al. Life Physical activity after breast cancer diagnosis: Systematic review. *Revista Motricidade*, v.12. p. 155-166, 2016.
- BOING, L., et al. Physical activity, fatigue and quality of life during a clinical adjuvant treatment of breast cancer: A comparative study. *Revista Motricidade*, v. 28, n. 14, p. 59-70, 2018.
- BORG, G. Escala de Borg para Dor e o Esforço Percebido. 1 ed. São Paulo: Manole, 2000.
- BRADSHAW, P.T., et al. Post-diagnosis physical activity and survival after breast cancer diagnosis: the Long Island Breast Cancer Study. *Breast Cancer Res Treat*, v.145, n. 3, p.735–742, 2014.

CAMPOS, M. P.O., et al. Fadiga relacionada ao câncer: uma revisão. *Rev Assoc Med Bras.*, v.57, n.2, p.211–219, 2011.

CARDINALE, M., WAKELING, J. Whole body vibration exercise: Are vibrations good for you? *Br J Sports Med.*, v. 39, n. 9, p.585-589, 2005.

CARYN, R. C., DICKEY, J.P. Transmission of Acceleration From a Synchronous Vibration Exercise Platform to the Head During Dynamic Squats. *Dose-Response.*, v.17. n. 1, p.1-7, 2019.

COCHRANE, D. J. Vibration Exercise: The Potential Benefits. *Int J Sports Med.*, v. 32, n. 2, p. 75-99, 2011.

CREVENNA, R., et al. Whole body vibration therapy on a treatment bed as additional means to treat postprostatectomy urinary incontinence Ganzkörpervibration auf einer Therapieliege als zusätzliche Therapiemöglichkeit bei Inkontinenz nach Prostataoperation. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, v.167, n.5, p.139-141, 2017.

DENNETT, A. M., et al. Moderate-intensity exercise reduces fatigue and improves mobility in cancer survivors: A systematic review and meta-regression. *J Physiother.*, v. 62, n. 2, p. 68-82, 2016.

DIONELLO, C. F., et al. Effects of whole body vibration exercises on bone mineral density of women with postmenopausal osteoporosis without medications: Novel findings and literature review. *J Musculoskelet Neuronal Interact.*, v.16, n. 3, p.193–203, 2016.

FUERMAIER, A. B. M., et al. Good vibrations - Effects of whole body vibrations on attention in healthy individuals and individuals with ADHD. *PLoS One*, v. 9, n. 2, p. 1-10, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA - INCa. *Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil*. 2019. Rio de Janeiro: 2019.

Disponível em::

<https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf>. Acesso em: 20 jan 2020.

KAEDING, T. S., et al. Whole-body vibration training as a supportive therapy during allogeneic haematopoietic stem cell transplantation: a randomised controlled trial. *European Oncology and Haematology*, v. 14, p. 33-39, 2018.

KASTE, S. C., et al. Bone mineral density deficits in pediatric patients treated for sarcoma. *Pediatr Blood Cancer.*, v.50, n. 5, p.1032–1038, 2008.

KIISKI, J., et al. Transmission of vertical whole body vibration to the human body. *J Bone Miner Res.*, v.23, n. 8, p.1318-1325, 2008.

LAM, F. M. H., et al. The effect of vertical whole-body vibration on lower limb muscle activation in elderly adults: Influence of vibration frequency, amplitude and exercise. *Maturitas*, v. 88, p.59-64, 2016.

LARK, S. D.; WADSWORTH, D. P. Physiological, psychological and functional changes with whole body vibration exercise in the elderly: FEVER methodology and protocols. *Contemp Clin Trials*, v. 44, p.129-33, 2015.

LIENHARD, K., et al. The effect of whole-body vibration on muscle activity in active and inactive subjects. *Int J Sports Med.*, v.36, n.7, p.585-591, 2015.

LIU, C.; QIU, Y.; GRIFFIN, M. J. Dynamic forces over the interface between a seated human body and a rigid seat during vertical whole-body vibration. *J Biomech.*, v. 61, p.176-182, 2017.

LOPES-SOUZA, P., et al. Whole body vibration exercise in the management of cancer therapy-related morbidities: A systematic review. *Drug Discov Ther.*, v. 12, n.4, p.239-247, 2018.

MADDOCKS, M.; ARMSTRONG, S.; WILCOCK, A. Exercise as a supportive therapy in incurable cancer: Exploring patient preferences. *Psychooncology*, v.20, n. 2, p.173-178, 2011.

MALACHIAS, M. V. B. et al. Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. *Arq. Bras. Cardiol.* v.107, n. 3, supl.3, p.7-13, 2016

MARCHON, R. M. *Manual de Condutas Práticas de Fisioterapia em Oncologia: Oncologia e Ginecológica*. 1 ed. São Paulo: Manole, 2017.

MARTAKIS, K., et al. Motor Function Improvement in Children with Ataxia Receiving Interval Rehabilitation, including Vibration-Assisted Hometraining: A Retrospective Study. *Klin Padiatr.*, v. 231, n. 6, p. 304-312, 2019.

MIYAKI, A., et al. The addition of whole-body vibration to a lifestyle modification on arterial stiffness in overweight and obese women. *Artery Res.* v. 6, n. 2, p.85-91, 2012.

MOGIL, R. J., et al. Effect of low-magnitude, high-frequency mechanical stimulation on BMD among young childhood cancer survivors a randomized clinical trial. *JAMA Oncol.*, v. 2, n. 7, p. 908-914, 2016.

MORAES, A. L., et al. Avaliação Ergonômica das Vibrações na Atividade do Operador de Empilhadeiras em uma Indústria Fumageira. XIII Simpósio de engenharia de produção. 2006. São Paulo: UNESP, 2006. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/314.pdf. Acesso em: 18 dez. 2019.

MOREIRA-MARCONI E., et al. Whole body vibration and auriculotherapy improve handgrip strength in individuals with knee osteoarthritis. *J Tradit Chin Med.*, v. 39, n. 5, p. 707-715, 2019.

MOREIRA-MARCONI, E., et al. Could whole body vibration exercises influence the risk factors for fractures in women with osteoporosis? *Osteoporos Sarcopenia*, v. 2,

n. 4, p.214- 220, 2016.

NETO, G. B. (editor). Ginecologia oncológica. 2 ed. São Paulo: A.C.Camargo Câncer Center; 2014.

PAHL, A., et al. Feasibility of whole body vibration during intensive chemotherapy in patients with hematological malignancies: a randomized controlled pilot study. *BMC Cancer*, v.18, n. 1, p.920, 2018.

PAIVA, P. C., 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*. v.17, n. 4, 2019. DOI:10.1177/1559325819886495

PEREIRA, C. C. G.; NEVES, F.A. Conforto humano e limites de percepção para vibrações verticais. *Rev.Esc. Minas*, v. 59, n. 3, p. 271-278, 2006.

PEREIRA, Ana Carolina Padula Ribeiro. Estudo de uma coorte hospitalar de mulheres submetidas a linfadenectomia axilar após 10 anos de seguimento: funcionalidade e incidência de linfedema. 2013. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

RAUCH, F., et al. Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact.*, v.10, n. 3, p.193-198, 2010.

RITTWEGER, J.; FELSEBERG, D. Resistive vibration exercise prevents bone loss during 8 weeks of strict bed rest in healthy male subjects: results from the Berlin Bed Rest (BBR) study. 26th Annual Meeting of the American Society for Bone and Mineral Research. Seattle. 2004.

RITTWEGER, J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*. v.108, n.5, p.877–904, 2010.

ROGAN, S., et al. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: An update of a systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr.*, v. 73, p.95–112, 2017.

RUSTLER, V., et al. Whole-body vibration in children with disabilities demonstrates therapeutic potentials for pediatric cancer populations: a systematic review. *Support Care Cancer*, v. 27, n. 2, p.395-406, 2019.

SÁ-CAPUTO, D. C., et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on the Pain Level, Flexibility, and Cardiovascular Responses in Individuals With Metabolic Syndrome. *Dose-Response*. v.16, n. 4, 2018. DOI:101177/1559325818802139

SALHI, B., et al. Rehabilitation in patients with radically treated respiratory cancer: A randomised controlled trial comparing two training modalities. *Lung Cancer*, v. 89, n. 2, p.167-174, 2015.

SCHÖNSTEINER, S. S., et al. A randomized exploratory phase 2 study in patients with chemotherapy-related peripheral neuropathy evaluating whole-body vibration training as adjunct to an integrated program including massage, passive mobilization and physical exercises. *Exp Hematol Oncol.*, v. 6, n. 1, p.1–11, 2017.

SIERRA-GUZMÁN, R., et al. Effects of Synchronous Whole Body Vibration Training on a Soft, Unstable Surface in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Int J Sports Med.*, v. 38, n. 6, p.447-455, 2017.

SILVA, J. C. P. Pesquisa em Design e Ergonomia: contribuição para o desenvolvimento de equipamentos e espaços destinados ao ensino. In: SILVA J. C. P., et al., editores. *Ensaio em Design: pesquisa e projetos*. 2013. 1 ed. São Paulo: Canal 6; 2013.

SILVA, Joseane Marques da. *A influência da vibração do corpo inteiro nos músculos do assoalho pélvico em mulheres continentais: um ensaio clínico controlado randomizado*. 2016. 57f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas; 2016.

SOFTWARE DE GESTÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO - SAFEMED. Frequências do corpo humano. 2015. Disponível em: <http://blog.safemed.pt/ruido-de-baixa-frequencia-um-problema-para-a-saude-publica/frequencias-do-corpo-humano/>. Acesso em: 12 jun 2019.

SONZA, A., et al. Whole body vibration at different exposure frequencies: Infrared thermography and physiological effects. *Sci World J.* 2015:452657, 2015a. DOI: 10.1155/2015/452657

SONZA, A., et al. A whole body vibration perception map and associated acceleration loads at the lower leg, hip and head. *Med Eng Phys.*, v. 37, n. 7, p. 642-649, 2015b.

STANIA, M., et al. Bioelectrical activity of the pelvic floor muscles during synchronous whole-body vibration - A randomized controlled study Voiding dysfunction. *BMC Urol.*, v. 15, n. 1, p.107, 2015.

STRECKMANN, F., et al. The preventive effect of sensorimotor- and vibration exercises on the onset of Oxaliplatin- or vinca-alkaloid induced peripheral neuropathies - STOP. *BMC Cancer*, v. 18, n. 1, p.1-10, 2018.

STRECKMANN F, et al. Sensorimotor training and whole-body vibration training have the potential to reduce motor and sensory symptoms of chemotherapy-induced peripheral neuropathy—a randomized controlled pilot trial. *Support Care Cancer.*, v. 27, n. 7, p. 2471-2478, 2019.

VAN VULPEN, J. K., et al. Effects of physical exercise during adjuvant breast cancer treatment on physical and psychosocial dimensions of cancer-related fatigue: A meta-analysis. *Maturitas*, v. 85, p. 104-111, 2016.

VASCONCELLOS, R. P.; SCHÜTZ, G. R.; SANTOS, S. G. A interferência da posição corporal na transmissibilidade vibratória durante o treinamento com plataforma vibratória. *Rev Bras Cineantropometria e Desempenho Hum* [Internet]. v.16, n. 6, p.597-607, 2014.

VERHULST, A. L. J. J, et al. Whole-body vibration as a modality for the rehabilitation of peripheral neuropathies: Implications for cancer survivors suffering from chemotherapy-induced peripheral neuropathy. *Oncol Rev* ., v. 9, n. 1, p.1-6, 2015.

VIANA, L. S., et al. Concordância de diferentes critérios de sarcopenia em idosas comunitárias. *Fisioter e Pesqui.*, v. 25, n. 2, p.151-157, 2018.

WEI, N., et al. Optimal frequency/time combination of whole-body vibration training for improving muscle size and strength of people with age-related muscle loss (sarcopenia): A randomized controlled trial. *Geriatr Gerontol Int.*, v.17, n. 10, p.1412-1420, 2016.

APÊNDICE A – Questionário Sociodemográfico e Ficha de Coleta



Pesquisa sobre o comportamento das vibrações mecânicas geradas em plataforma oscilante vibratória em mulheres saudáveis

Formulário de Coleta de Dados - DATA DA COLETA: ____/____/____

Nome: _____ Data Nasc: ____/____/____ Nº _____

Ocupação Principal: _____ Etnia: () negra () parda () branca MH: _____

Atividade física: () não () até 2x/semana () 3x ou mais Tabagista: () não () sim. Quantidade: _____ () ex. Anos _____

Comorbidades: () pressão alta () diabetes () Osteoporose () Fibromialgia () Artrose. Local _____
 () Enxaqueca () Labirintite () Zika/Chicungunha () Hérnia Disco () Ins. Vascular. Grau: _____
 () Glaucoma () Dor coluna () Outras _____

Medicação Regular: _____ Doenças Prévias: _____

Cirurgias/Fraturas: _____

Avaliação Física:

Bioimpedância							
Idade	Altura	Peso	IMC	MME	MGC	MMS MID	MMS MIE

TUGT	Tempo	SIT TO STAND	Tempo	FAT	Inicial	Final	AQUECIMENTO	120 seg
	seg		seg		cm	cm		

Aquisição de Sinais: Randomização: () I, II, III () I, III, II () II, I, III () II, III, I () III, I, II () III, II, I

Alternada			
SQ0		SIT0	PLA0
SQ5		SIT5	PLA5
SQ10		SIT10	PLA10
Sincrônica			
SQ0		SIT0	PLA0
SQ30L		SIT30L	PLAT30L
SQ50L		SIT50L	PLAT50L

Registrar BORG, COLLET e localização nos momentos respectivos abaixo

Escala Progressiva de Intensidade de Desconforto					D	E	E	D	Escala de Esforço Percebida (BORG)									
1	2	3	4	5					10	9	7-8	4-6	2-3	1				
Nenhum	Algum	Moderado	Bastante	Extremo					Atividade extremamente vigorosa	Estou completamente sem fôlego, não consigo falar	Atividade muito vigorosa	Consigo falar apenas uma palavra por vez	Atividade vigorosa	Consigo conversar	Atividade moderada	Atividade Leve	Consigo respirar com facilidade	Nenhuma atividade física

Observações: _____

APÊNDICE B – Protocolo de EVCI para funcionalidade de mulheres de meia idade

Protocolo de exercícios de vibração de corpo inteiro para manutenção da funcionalidade em mulheres de 40 a 70 anos visando conforto e segurança.

Orientações para realização do protocolo de EVCI, definição de parâmetros, evolução e acompanhamento da funcionalidade de indivíduos acima de 40 anos.

Tipo de plataforma	alternada		
Frequência	7,5 Hz		
Amplitude	2,5 cm		
Dose	0,28 g		
Tempo exposição	30 seg	45 seg	60 seg
Tempo repouso	30 seg	45 seg	30 seg
Ciclos (<i>Bout</i>)	10	10	10
Tempo total	10 min	15 min	15 min
Postura	Sentado em cadeira de frente a PV, 130° de flexão de joelhos e tornozelo à 45°		
Movimento	estático		
Frequência de treino	2x por semana (intercalado)		
Total de sessões	12 sessões		

1. Realizar anamnese e critérios para elegibilidade de atividade física. Avaliação da funcionalidade com teste *Time up and Go* e *Sit to Stand* no início e final do protocolo.
2. As sessões devem respeitar intervalo mínimo de 48hs entre elas.
3. No início de cada sessão, aferir pressão arterial para controle e segurança (não realizar em $P_{sis} > 140\text{mmHg}$ e $P_{dis} > 90\text{mmHg}$) (Brasileiras et al.). Utilizar escala de BORG para acompanhar o grau de esforço durante e a realização do exercício.
4. Posicionar o indivíduo em cadeira estável em frente à plataforma, pés descalços e apoiados sobre a base da mesma, joelhos fletidos à 130° e ângulo de tornozelo de 45° em relação à base de apoio. As mãos devem estar sobre os joelhos e com cotovelos estendido.
5. Primeira semana (2 sessões): utilizar o tempo de exposição de 30 segundos e igual intervalo para recuperação.
6. Segunda e terceira semana (4 sessões): utilizar o tempo de exposição de 45 segundos e igual intervalo para recuperação.
7. Quarta a sexta semana (6 sessões): utilizar o tempo de exposição de 60 segundos e metade do tempo para recuperação (30 segundos).

Observações: a evolução semanal pode ser adiada e reavaliada pelo profissional de acordo com os sintomas apresentados durante a intervenção. Não devem realizar a intervenção mulheres com implantes metálicos em membros inferiores ou condição que contra indiquem realização de atividade física.

ANEXO A – Acceleration Transmission from an Oscillating Vibration Exercise Platform in Different Postures: a Pilot Study (Aceito para publicação)

Acceleration Transmission from an Oscillating Vibration Exercise Platform in Different Postures: a Pilot Study

Renata Marchon^{1,3}, Christiano Machado², Eloá Moreira-Marconi³, Patrícia Lopes-Souza^{1,3}, Anke Bergmann¹ and Mário Bernardo-Filho³

1 Cancer National Institute (INCA), Rio de Janeiro, Brazil

{rmarchon, plopes, abergmann}@inca.gov.br

2 Estácio de Sá University, Rio de Janeiro, Brazil

3 Laboratório de Vibração Mecânica e Práticas Integrativas - LAVIMPI, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, Brazil

Abstract. Whole-body vibration exercises (WBVE) are a physical activity modality, promoted by mechanical vibrations generated in oscillating/vibratory platform (OVP). Used in the squatting-posture, but under limiting conditions, an alternative is sitting-posture. The objective was to evaluate acceleration transmission in specific body regions in: (I) squatting-posture; (II) sitting on chair with a free or (III) perpendicular ankle angle to the platform. Four volunteers performed single OVP protocol. An accelerometer was used on knee, lumbar, sternum and head to measure vertical displacement. The root-mean square (RMS) was computed for each signal, as well as the RMS-transmissibility (T_{RMS}). T_{RMS} varied for different parts of body: knees, head and lumbar spine were lowest in seated postures; there was an amplification of the vibration ($T_{RMS} > 100\%$) on the knee in all postures analyzed; a greater attenuation was observed in sternum. Seating positions seem to reduce vibration transmissibility for the upper parts of the body.

Keywords: Whole Body Vibration Exercise · Vibration Transmissibility · Accelerometer

1 Introduction

The use of mechanical vibrations (MV) as therapeutic strategies and clinical procedures dates from the mid-nineteenth century, generated by different equipments. Aerospace studies suggested that the vibrations minimized the negative effects of the gravity absence in space, and researches showed that stimulating the gravitational action on the human body allows important biological phenomena [1].

The MV produced in vibratory platform (VP) is a physical agent with wave, sinusoidal and deterministic characteristics [1, 2]. Exercises performed on these platforms generate the so-called whole-body vibration exercises (WBVE). The base of VP may be displayed alternately as a seesaw or vertical (synchronous or triplane) at various frequencies (5-60 Hz) and amplitudes (<1 to 10 mm).

The WBVE is an exercise modality and there are a lot of benefits for the locomotor system [1], muscle activation [2], bone mineralization [2, 3], flexibility [2], balance [2, 4], functional training [4], pain treatment [2], cardiovascular [2, 5], neurophysiologic and hormonal systems [2], osteoarthritis and osteoporosis [1, 3], sarcopenia [4], sequelae of stroke [5], fibromyalgia [1], multiple sclerosis [1, 5], Parkinson [1, 5], cancer (leukemias, peripheral neuropathy) [6] and fatigue resistance [2].

The most used posture over a platform for WBVE is standing with a knee semi-flexion, called the squat posture. It allows the decomposition of the vector forces and muscular damping of the lower limbs, dissipating the vertical transmission of the force aiming at reducing the vibration of the head. In disabling clinical conditions, the sitting position can be adopted; however sitting directly on the VP or positioning the chair on it can generate uncomfortable vibration in the cranial region [7, 8]. It is then suggested that the chair has to be positioned frontally to the VP with the individual's feet leaning on his base [1]. On the other hand, this position provokes different angles of the body segments, causing variations in the force transmission generating different intensities even with identical protocols. For this reason, it is relevant to measure the transmission of MV in different postures, evaluating the energy dissipation through the body in order to produce more effective protocols of WBVE for several clinical scenarios.

The purpose of this study was to evaluate MV transmission during WBVE in four relevant parts of the body – head, sternum, lumbar spine and knee – during three different positions: (I) standing with a knee flexion (squatting position), (II) sitting on a chair with the feet resting on the platform and free ankle angle and (III) ankle perpendicular to the platform.

2 Method

This was a pilot project involving 4 healthy female volunteers recruited at the *Universidade do Estado do Rio de Janeiro* (UERJ), aged between 32 and 58 years old, who signed the Free and Informed Consent Term. The exclusion criteria were clinical manifestations that did not allow to perform exercises or avoid the required positions, the presence of pacemaker, surgeries for less than a year in lower limbs, presence of metal prosthesis or according to the criteria of the evaluator. At the end of the exercise, self-reported discomfort, pain (Numerical Pain - NDT), and effort perception (BORG) were assessed.

The study was developed in the *Laboratório de Vibração Mecânica e Práticas Integrativas* (LAVIMPI). The research is registered at REBEC and it is approved by the Ethical Committee of the institution involved. The following protocol was applied: PV of alternative type (Nova Plate Fitness Evolution), with vibration frequency of 5 Hz with a vibration amplitude of 2.5 mm. The period of intervention was 30 seconds, with a double resting time to avoid fatigue effect [8], with 3 minutes of working total time. The subject remained always static, and the protocol was repeated in three different postures as described below (Fig. 1):

- Standing, with 130° knee flexion, arms hanging laterally to the body (posture I);
- Sitting in a chair with feet resting on the base of VP with tibia angulation to the surface of 45°, keeping the knee angulation of 130° (posture II);
- Sitting in a chair with feet resting on the base of VP with tibia angulation to the surface of the 90° platform, keeping the knee angulation of 130° (posture III);



Fig. 1. A volunteer performing WBVE in the squatting posture (*posture I*), sitting with ankle at free angulation (*posture II*), and with ankles perpendicular to VP (*posture III*), with the digital accelerometers and goniometers positioned.

A height-adjustable seat and a digital goniometer were used at the knee and ankle joints to ensure positioning at the indicated angulation (Model EWF030830/05R, *EMG System do Brasil*). In both sitting postures, hands should be resting on the knees with elbows extended. They were barefoot to avoid influence damping or slippage [9].

In order to measure the magnitude of the effect, the vibration and a_{peak} transmission were analyzed by means of accelerometry with a monoaxial model (Model ACL270303/15, *EMG System do Brasil*), in four distinct points: knee (anterior tuberosity of the tibia), lumbar spine (fourth vertebra lumbar), sternum (manubrium) and head (frontal bone). They were fixed with compressive adhesive tape to prevent displacement of the equipment [8].

Participants were instructed about the procedure, especially for the different positions during the vibration protocol. A short warm-up period was performed in a cycle ergometer and familiarization with VP [7]; each session lasted approximately 25 minutes, including clarification, data acquisition, period of instruction, heating, adaptation to equipment and acquisition of analysis.

2.1 Data Analysis

Body composition data were provided by the InBody software. The radiofrequency (RF) signal of each accelerometer was analyzed using Matlab® (Mathworks Inc, USA). First, a Butterworth filter was used. Then, the root mean square (RMS) was estimated using the equation (1):

$$x_{rms} = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

where n is the number of points in the signal, and x_i is the i^{th} point. Finally, the RMS transmissibility (%) for each region was calculated by the equation (2) [8]:

$$T_{rms} (\%) = (RMS_{body} / RMS_{PV}) \times 100 \quad (2)$$

where RMS_{body} is the RMS obtained at the four body regions with an accelerometer, and RMS_{PV} is the RMS obtained with the accelerometer placed directly on the vibrating platform.

A descriptive statistical analysis was carried out by measuring the central tendency and dispersion of data. Non-parametric Wilcoxon tests were run to verify significant differences among the postures (level of significance of 0.05).

1 Results

There were no reports of discomfort or any intercurrent during the execution of the protocol. The collected signals were analyzed for the transmissibility (%) measured at each anatomical point in relation to the vibration emitted by the VP. Descriptive and inferential statistical analysis is depicted in Tables 1 and 2, respectively. There was no significant difference among the postures ($p > 0.05$).

Table 1. T_{rms} central tendency measurements (%) at each anatomical site in the positions studied.

Position site	Mean	Median	SD	Minimum	Maximum
PE_knee	120.7	126.9	16.1	96.9	132.3
PE_lumbar	45.07	42.69	14.33	31.05	63.84
PE_external	12.69	13.16	4.49	6.85	17.57
PE_head	14.34	14.82	3.28	10.41	17.31
SEN_knee	103.37	103.33	17.32	86.32	120.51
SEN_lumbar	20.66	21.11	2.47	17.24	23.16
SEN_external	8.38	8.33	3.88	3.96	12.91
SEN_head	12.67	11.52	7.47	6.20	21.40
PLA_knee	107.59	100.68	28.64	82.61	146.39
PLA_lumbar	20.12	19.45	3.85	16.66	24.91
PLA_external	11.09	6.69	9.32	5.93	25.04
PLA_head	11.00	10.76	4.69	5.55	16.92

Key: (PE) standing posture in squat; (SEN) sitting posture with free ankle angulation; (PLA) seated posture with ankles perpendicular to VP.

Table 2. Mean differences between paired samples ($p > 0.05$).

Paired Samples	Mean difference (%)
PE_knee – SEN_knee	17.42
PE_knee – PLA_knee	13.20
SEN_knee – PLA_knee	-4.21
PE_external – SEN_external	4.30
PE_external – PLA_external	1.59
SEN_external – PLA_external	-2.70
PE_head – SEN_head	1.67
PE_head – PLA_head	3.34
SEN_head – PLA_head	1.67

Key: (PE) standing posture in squat; (SEN) sitting posture with free ankle angulation; (PLA) seated posture with ankles perpendicular to VP.

2 Discussion

The present results were obtained from a pilot study. An ongoing project pretends to obtain a minimum quantitative of 30 women, in order to obtain a greater statistical expression. It was possible to observe that data are in agreement with the findings in literature regarding the effect of the semi-knee position [7], which causes a higher concentration of vibration in the knee joint, as well as a lower vibrational transmissibility in sitting postures.

Although the sample was small, there are some interesting points to note. The knee joint receives a higher vibrational transmissibility ($T_{rms} > 100\%$) in all postures analyzed, which can be justified by the phenomenon of resonance [2, 8]. Seated postures presented lower transmissibility at all regions in comparison to standing posture (Table 1). The non-significant p-value obtained may be due to the small sample ($p > 0.05$). Nevertheless, it was possible to notice a trend of greater variation in knee joint in the posture I in relation to the other postures, and a greater transmission of the force in knee and sternum regions in the posture III compared to the ankles with free angulation (posture II). In relation to the head, the posture of lower vibration was seen in the posture III.

In conclusion, the posture adopted on VP may exert an effect on vibrational transmissibility in different body regions. Further research must be developed to obtain data that are more reliable. In this way, health professionals will be able to develop safe, well-tolerated and effective protocols for individuals with disabilities in performing physical activities. Information obtained

from this work can also be used to elaborate protocols, which may be incorporated into research projects involving individuals with different physical limitations.

References

1. Paiva, Dulciane Nunes Cabezuelo, Pedro J Marín; Bernardo-Filho, M.: Plataforma Oscilante/ Vibratória: Fundamentos e a Prática Clínica. Livraria e Editora Andreoli, São Paulo (2014).
2. Rittweger, J.: Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *Eur. J. Appl. Physiol.* 108, 877–904 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1303-3>.
3. Moreira-Marconi, E., Dionello, C.F., Morel, D.S., Sá-Caputo, D.C., Souza-Gonçalves, C.R., Paineiras-Domingos, L.L., Guedes-Aguiar, E.O., Marin, P.J., Cruz, B. del P., Bernardo-Filho, M.: Could whole body vibration exercises influence the risk factors for fractures in women with osteoporosis? *Osteoporos. Sarcopenia.* 2, 214–220 (2016). <https://doi.org/10.1016/j.afos.2016.09.003>.
4. Rogan, S., Taeymans, J., Radlinger, L., Naepflin, S., Ruppen, S., Bruelhart, Y., Hilfiker, R.: Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: An update of a systematic review and meta-analysis. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 73, 95–112 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.07.022>.
5. Cochrane, D.J.: Vibration Exercise: The Potential Benefits. *Int. J. Sports Med.* 32, 75–99 (2011). <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268010>.
6. Streckmann, F., Balke, M., Lehmann, H.C., Rustler, V., Koliymitra, C., Elter, T., Hallek, M., Leitzmann, M., Steinmetz, T., Heinen, P., Baumann, F.T., Bloch, W.: The preventive effect of sensorimotor- and vibration exercises on the onset of Oxaliplatin- or vinca-alkaloid induced peripheral neuropathies - STOP. *BMC Cancer.* 18, 1–10 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12885-017-3866-4>.
7. Vasconcellos, R.P., Schütz, G.R., Santos, S.G. dos, Vasconcellos, R.P., Schütz, G.R., Santos, S.G. dos: A interferência da posição corporal na transmissibilidade vibratória durante o treinamento com plataforma vibratória. *Rev. Bras. Cineantropometria e Desempenho Hum.* 16, 597 (2014). <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n6p597>.
8. Caryn, R.C., Dickey, J.P.: Transmission of Acceleration From a Synchronous Vibration Exercise Platform to the Head During Dynamic Squats. Dose-Response. 17, 1–7 (2019). <https://doi.org/10.1177/1559325819827467>.
9. 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.* 10, 193–198 (2010).

ANEXO B – Whole body vibration exercise in the management of cancer therapy-related morbidities: A systematic review (Artigo publicado)

Drug Discoveries & Therapeutics. 2018; 12(4):239-247.

239

Original Article

DOI: 10.5582/ddt.2018.01039

Whole body vibration exercise in the management of cancer therapy-related morbidities: A systematic review

Patricia Lopes-Souza^{1,2,*}, Carla Fontoura Dionello^{1,2}, Danúbia da Cunha Sá-Caputo^{2,3},
Eloá Moreira-Marconi^{2,4}, Eric Heleno Freire Ferreira Frederico^{2,5}, Renata Marques Marchon²,
Anke Bergmann⁶, Trentham Furness⁷, Mario Bernardo-Filho²

¹ Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

² Departamento de Biofísica e Biometria, Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

³ Curso de Fisioterapia, Faculdade Bezerra de Araújo, Rio de Janeiro, RJ, Brazil;

⁴ Programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

⁵ Programa de Pós-Graduação em Biociências, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil;

⁶ Programa de Carcinogênese Molecular, Instituto Nacional de Câncer (INCA), Rio de Janeiro, Brazil;

⁷ Mental Health Nursing Research Unit, NorthWestern Mental Health & Australian Catholic University, Melbourne, Australia.

Summary

The purpose of this systematic review was to investigate the effects of whole body vibration (WBV) exercise in the management of cancer therapy-related morbidities. The PubMed and PEDro databases were used to access publications published in English about the use of whole body vibration (WBV) exercises in cancer patients until February 22nd 2017. The studies included were classified according to the level of evidence (LE) by the National Health and Medical Research Council Hierarchy of evidence and the methodological quality (MQ) by the PEDro scale. The four included studies (2 of them with "high" LE-II and MQ) were performed in patients with different types of cancer (*i.e.* breast, lung, prostate, solid or hematological), treated with WBV exercise to counteract the cancer therapy-related morbidities. The variables evaluated were muscle activity, subjective rate of perceived exertion, exercise capacity, muscle strength, quality of life, resting urinary incontinence and severity of peripheral neuropathy. Although WBV exercise appears to be a potential treatment procedure of cancer therapy-related morbidities, further additional studies are required to determine specific and tailored protocols to be used in the different stages of the disease.

Keywords: Whole body vibration, cancer, oncology, rehabilitation, exercise

1. Introduction

Cancer is a group of diseases that causes the growth of abnormal cells, which exceed their usual limits and can

invade adjacent parts of the body and/or spread to other organs (1). Although it actually represents one of the main causes of morbidity and mortality worldwide, with approximately 14 million new cases in 2012, the amount of cancer survivors is progressively increasing due to advances in early detection and treatment (2,3).

Cancer development and its treatment are usually associated with fatigue (4) pain (5), anxiety or depression (6), and sleep disturbances (7) which determine a decrease of physical and psychological functions and negatively affect the patients' quality of life (QoL) (8).

One way to promote health, to diminish the

*Address correspondence to:

Dr. Patricia Lopes de Souza, Departamento de Biofísica e Biometria, Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Av. 28 de Setembro, 87 Fundos - 4º andar, Vila Isabel- Rio de Janeiro, RJ. 20551030. Brazil.

E-mail: patricia.lopes.ppc@gmail.com

physiologic and psychological effects of cancer and its treatment, to achieve the maximum possible physical, social and vocational well-being is to acquire or maintain a healthy lifestyle, entailing physical activity as a component of cancer rehabilitation (9-11). Physical activity is any movement of the body that involves the muscles action with energy expenditure above rest and the exercise is this physical activity with planning (12). According to the American Cancer Society, cancer survivors should exercise at least 150 minutes per week, including strength training exercises at least 2 days per week (2). The exercise can be beneficial to counteract cancer-related fatigue (10,13-15), improve overall quality of life, as well as relief of symptoms and side effects (10) of the disease and/or of the treatment. In this respect, recent studies have shown the positive effect of physical activity on breast (16,17), prostate (18), ovarian (19) and lung cancer (20).

Among the different exercise modalities, whole body vibration (WBV) exercise (21) has gained progressive popularity, being safe and well accepted by the patients. WBV exercises are generated by mechanical vibrations produced in oscillating/vibratory platforms (OVP) and can be transmitted to the body of the individual when is in contact with the OVP (22-24).

Several authors have already demonstrated the effects of WBV exercise with different protocols in improving muscle strength (25,26), bone formation (25,27), balance (28), flexibility (29,30), function ability (26,27), relief of pain (31) and fatigue (32). Moreover, investigations have shown the WBV exercise benefits in the rehabilitation programs of patients with chronic diseases, such as metabolic syndrome (24), chronic obstructive pulmonary disease (33-35), fibromyalgia syndrome (36), multiple sclerosis (32,37), rheumatoid arthritis (27) and cancer therapy-related morbidities (39).

Due to the importance of the exercise in several clinical conditions, the aim of this systematic review was to investigate the effects of WBV exercise in the management of morbidities related to the cancer therapy. This is the first systematic review to assess whether WBV exercises are safe and beneficial in the management of morbidities for cancer patients.

2. Materials and Methods

2.1. Search strategy used to find the publications

Two databases were accessed in the *Universidade do Estado do Rio de Janeiro* on February 22nd 2017 and two searches were performed. The keywords "whole body vibration" and "cancer", and "whole body vibration" and "oncology" were searched in the PubMed and PEDro databases for three reviewers independently. This systematic review adheres to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and

Meta-Analysis (PRISMA) Statement (39).

2.2. Criteria to select the publications

All the publications were screened following inclusion and exclusion criteria.

Inclusion criteria: In the search, all the publications found in the databases (PubMed and PEDro) were preliminarily considered to be included in this current review. To be included in this review, all studies had to investigate effects of WBV on cancer patients. A flowchart (Figure 1), based in the PRISMA analysis, was done to show the steps in the selection of the full papers analyzed in this review (39).

Exclusion criteria: Exclusion criteria allowed the elimination of unnecessary publications. Papers were excluded if they were: (i) published in a language other than English; and (ii) findings not related to cancer.

2.3. Levels of evidence (LE) of the selected papers

The National Health and Medical Research Council Hierarchy of evidence (NHMRC, 2003-2007) (40) were used to classify the included studies in this systematic review (Figure 2). Each article was assigned to one reviewer and cross-checked by a second reviewer and where there was disagreement a third party was consulted and the issue discussed until consensus was reached. Moreover, the methodological quality of these studies was determined by the PEDRo scale (41). In the PEDRo scale, each publication was evaluated according to: (a) eligibility criteria, (b) subjects were randomly allocated to groups, (c) concealed allocation, (d) the groups with baseline similarity, (e) blinding of the patients, (f) blinding of the therapists, (g) blinding of all assessors, (h) measures obtained from more than 85% of the subjects, (i) all subjects received the treatment or control condition or, at least one key outcome was analyzed by "intention to treat", (j) results of the groups with statistical comparisons and (h) point measures and measures of variability of outcome. Those publications with a score of seven or greater in the PEDro scale were considered of 'high' methodological quality, those with a score of five to six would be of 'fair' quality and a score of four or below were classified as 'poor' quality (42).

3. Results

The steps to select the full papers analyzed in this systematic review are shown in the flowchart (Figure 1). Of the twelve papers firstly screened, only four have reached the inclusion criteria.

The characteristics of the participants, the protocols used, the aims of the studies, the tools for evaluation and the outcomes of the selected articles and the level of evidence of the selected papers and the methodological quality are shown in the Table 1.

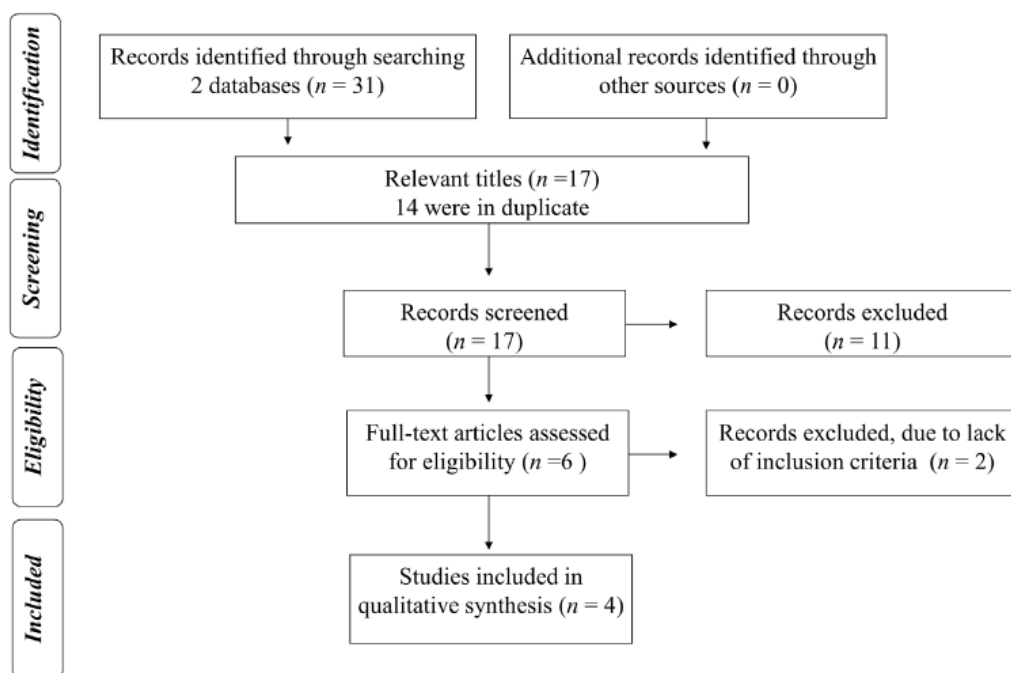
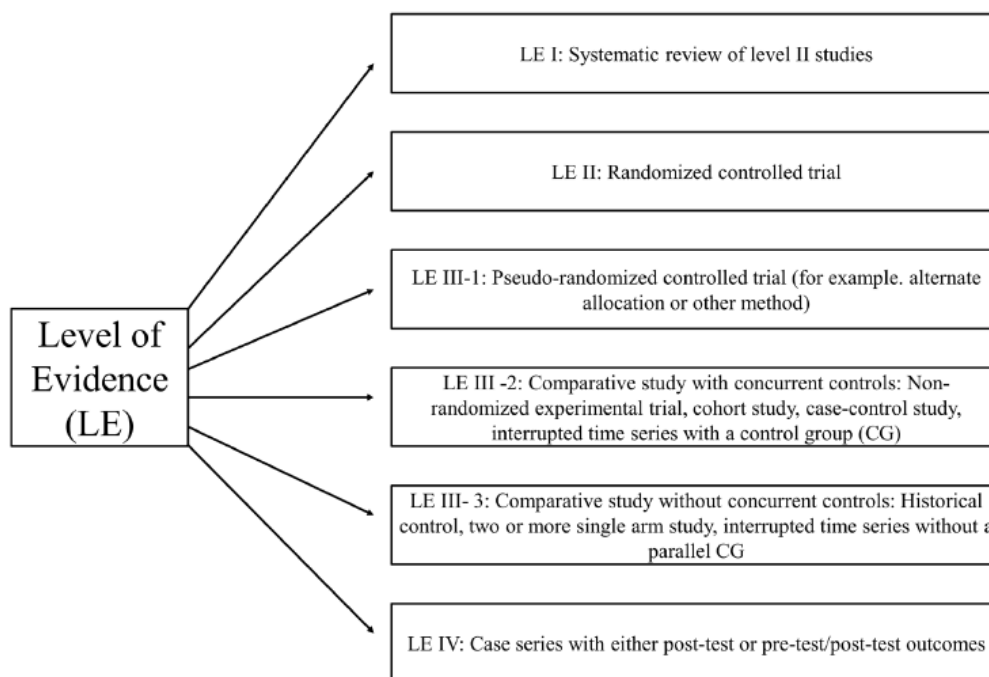


Figure 1. Flowchart indicating the steps to select the full papers analyzed in this review. A flowchart based in the PRISMA analysis, was done to show the steps in the selection of the full papers analyzed in this review.



CG – control group, LE – level of evidence

* Adapted from National Health and Medical Research Council (NHMRC), Q5 2003-2007.

Figure 2. Designation of levels of evidence according to the intervention research question. The National Health and Medical Research Council Hierarchy of evidence (NHMRC, 2003-2007) were used to classify the included studies in this systematic review.

Table 1. Characteristics of the participants, protocols used, aims of the studies, tools for evaluation, outcomes of the selected articles, level of evidence of the selected papers and methodological quality

Study	Type of cancer/ Treatment performed/ number of individuals	Morbidities of the treatment	WBV Intervention	Aim	Tools for evaluation	Outcome (s)	Level of evidence/ methodological quality
Van Ruymbeke <i>et al.</i> , 2014	Breast cancer survivors/ all type of treatment. Breast cancer survivors (<i>n</i> = 20) and Control group- healthy woman (<i>n</i> = 20)	No comorbidity was reported	Two groups were undergoing vibration, the women were standing on a synchronous vibrating platform with a knee joint angle of 55°. Each condition: nonvibration condition (0Hz) and vibration condition at 20-30- 40-50Hz vibration frequencies (amplitude, 4mm) lasting for 30 s with 2-min rest between conditions.	To analyze muscle activity and subjectively rate of perceived exertion	Surface EMG analysis of the RF, VM, VL, TA and GT muscles. The level of subjectively perceived exertion was rating on a combination of a VAS and revised Borg.	The muscle activation did not differ between breast cancer survivors and healthy controls. There was a significant frequency × muscle interaction effect. For the VAS scores no significant group × frequency interaction was found and no significant main effect for the factor group, in contrast the factor frequency was significant. The values of perceived exertion in both groups increased with increasing frequency.	III- I/ Fair
Salhi <i>et al.</i> , 2015	Stages I-III lung cancer or mesothelioma/radical resection with or without a chemotherapy or radiotherapy CON group (<i>n</i> = 21), CRT group (<i>n</i> = 20), WBV group (<i>n</i> = 17)	Post-treatment QF was either equal or less than 70% of the predicted normal value or showed a decrease of at least 10% from the baseline value	CON group - patients were discouraged to improve their exercise tolerance. CRT group - 20 min of aerobic training on the bicycle and treadmill at 70% of the respective Wmax and speed plus resistance training on multigym equipment starting with three sets of eight repetitions for each exercise at 50% 1RM. WBV group - 20 min of aerobic training on the bicycle and treadmill at 70% of the respective Wmax and speed plus performed exercises on the synchronous vibration platform, three sets of 30 s for each exercise at 27 Hz. Patients trained three times a week for 12 weeks.	To assess the potential beneficial effect of rehabilitation	Exercise capacity with 6MWD and Wmax, muscle strength by the QF with isometric handheld dynamometer, and QoL with EORTC QLQ-C30	6MWD not increased in CON and in WBV group, and increased in CRT group. Wmax was significantly increased in both CRT and WBV group. QF significantly increased only in CRT group. For none of the groups, the score of EORTC QLQ-C30 Global changed significantly.	II/ High

Electromyography = EMG; Rectus Femoris = RF; Vastus medialis = VM; Biceps femoris BF; Tibialis anterior = TA; Gastrocnemius = GT; Visual analogue scale = VAS; Control = CON; Conventional resistance training = CRT; Whole Body Vibration = WBV; Quadriceps force = QF; One-repetition-maximum = 1RM; Maximal workload (Wmax); 6-min walking distance = 6MWD; Quality of life = QoL; European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Cancer Questionnaire = EORTC QLQ-C30; Chemotherapy-induced polyneuropathy = CIPN; Functional Assessment of Cancer Therapy/ Gynecologic Oncology Group neurotoxicity subscale = FACT/GOG-NTX; Warm detection threshold = WDT.

Table 1. Characteristics of the participants, protocols used, aims of the studies, tools for evaluation, outcomes of the selected articles, level of evidence of the selected papers and methodological quality (continued)

Study	Type of cancer/ Treatment performed/ number of individuals	Morbidities of the treatment	WBV Intervention	Aim	Tools for evaluation	Outcome (s)	Level of evidence/ methodological quality
Crevenna <i>et al.</i> , 2016	Prostate cancer/radical prostatectomy/Case report	Urinary incontinence	WBV- 20-26 Hz, synchronous platform plus performing pelvic floor exercises, supine position on the device, 2 times a week for a period of 6 weeks	To treat the disabling and isolating symptom incontinence	Number pads/day	After intervention, the number of pads decreased from 5 pads/day to 1 safety pad/day.	IV/ Poor
Schönsteiner <i>et al.</i> , 2017	Cancer patients- solid or hematological neoplasms /Chemotherapy/ Experimental group (n = 44), Standard group (n = 50)	CIPN grade II-III according to National Cancer Institute Common Toxicity Criteria	All patients received massage and passive mobilization in posture and transport layers for 30 min per side. Experimental group - training with WBV 9 Hz- 23Hz, alternate platform for 18 minutes alternating positions and frequencies. Standard group - Alternating training exercises with a focus on training of posture and transport movements were initiated including 21 separate exercises. patients were invited to practice the exercises at home on a daily basis and asked to document their efforts. In addition, all patients were motivated to walk as frequently and long as possible.	To evaluate the potential benefits of WBV to patients with CIPN	Severity of peripheral neuropathy was evaluated with chair- rising test, FACT/GOG- NTX, quality of life questionnaire (EORTC QLQ-C30), patellar tendon reflex and Achilles tendon reflex, quantitative evaluation of paresthesia by using a Rydel-Seiffer tuning fork (C64), and the quantitative sensory testing followed a standardized protocol.	The time needed for the chair-rising test decreased significantly over time and that patients treated in experimental arm had a significantly higher reduction in the time needed for the chair-rising test compared to those treated in standard arm. FACT/ GOG-NTX categories "tingling" as well as "discomfort" in the feet were significantly EORTC QLQ C30 improved over time but again without differences between the study groups. The neurological reflex, Achilles and patellar tendon reflexes, the difference did not reach statistical significance. Quantitative sensory testing before the intervention and after completion of the program revealed a significant reduction in the WDT in the experimental arm compared to the standard group.	II/ High

Electromyography = EMG; Rectus Femoris = RF; Vastus medialis = VM, Biceps femoris BF, Tibialis anterior = TA; Gastrocnemius = GT; Visual analogue scale = VAS; Control = CON; Conventional resistance training = CRT; Whole Body Vibration = WBV; Quadriceps force = QF; One-repetition-maximum = 1RM; Maximal workload (Wmax); 6-min walking distance = 6MWD; Quality of life = QoL; European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Cancer Questionnaire = EORTC QLQ-C30; Chemotherapy-induced polyneuropathy = CIPN; Functional Assessment of Cancer Therapy/ Gynecologic Oncology Group neurotoxicity subscale = FACT/GOG-NTX; Warm detection threshold = WDT.

Table 2. Quality evaluation of the studies according to the PEDro scale

Author/year	Van Ruymbeke <i>et al.</i> , 2014	Salhi <i>et al.</i> , 2015	Crevenna <i>et al.</i> , 2016	Schönsteiner <i>et al.</i> , 2017
Eligibility criteria were specified*	No	Yes	No	Yes
Subjects were randomly allocated to groups	Yes	Yes	No	Yes
Allocation was concealed	No	Yes	No	Yes
The groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators	Yes	Yes	No	Yes
There was blinding of all subjects	No	Yes	No	No
There was blinding of all therapists who administered the therapy	No	No	No	No
There was blinding of all assessors who measured at least one key outcome	No	No	No	Yes
Measures of at least one key outcome were obtained from more than 85 % of the subjects initially allocated to groups	Yes	Yes	Yes	Yes
All subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or data for at least one key outcome was analyzed by "intention to treat"	Yes	Yes	Yes	Yes
The results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome	Yes	Yes	No	Yes
The study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome	Yes	Yes	No	Yes
Total PEDro Scale	06	08	02	08

*It is not scored in the total score.

The level of evidence (NHMRC, 2003-2007) (40) of the two studies included in the current review (38,43) were considered LE II, one study (44) was considered LE III-1 and one study (45) was considered LE IV.

As far as the methodological quality evaluated following the PEDRO scale (Table 2) is concerned, two studies (38,43) were considered of "high" quality, one study (44) was considered of "fair" quality and one study (45) was considered of "poor" quality.

Individuals with different types of cancer, such as breast cancer (44) lung cancer or mesothelioma (43), prostate cancer (45) and solid or hematological neoplasms (38) were evaluated in these studies. The ages of the participants ranged from 18 up to 80 years old. Although different variables were investigated, the common aim of all the selected papers was to evaluate the effects of the WBV exercise on cancer therapy-related morbidities.

Van Ruymbeke *et al.*, 2014 (44) analyzed the muscle activity and subjectively rate of perceived exertion in breast cancer survivors and healthy women. The authors demonstrated that the muscle interaction effect and the values of perceived exertion significantly increased, being comparable in the two groups.

Salhi *et al.*, 2015 (43) evaluated the effects of whole body vibration on exercise capacity, muscle strength and QoL in patients with stages I-III lung cancer or mesothelioma undergone to radical treatment. Although 6-min walking distance (6MWD), muscle strength and QoL did not significantly increase, maximal workload (Wmax) significantly increased ($p = 0.002$).

Crevenna *et al.*, 2016 (45), have studied a patient suffering from severe urinary incontinence after radical prostatectomy due to prostate cancer. After whole body vibration therapy the patient regained continence, the urine loss almost stopped completely, the ability to work and to attend social and private activities

increased.

Schönsteiner *et al.*, 2017 (38) have evaluated the benefits of whole body vibration in chemotherapy-induced polyneuropathy. The authors reported a reduction of the time needed to complete the chair-rising test (CRT) in the individuals of the WBV group compared with individuals of a group with an intervention with other training exercises. In addition, a significant reduction in the quantitative sensory testing warm detection threshold (WDT) was found in the WBV group, and the categories "tingling" as well as "discomfort" in the feet of the program Functional Assessment of Cancer Therapy/ Gynecologic Oncology Group neurotoxicity subscale (FACT/GOG-NTX) were also significantly lower ($p < 0.001$, $p < 0.001$) in the WBV group. However, in the global status, functional, symptoms score and overall QoL, there was a significant improvement over time but no difference between the two groups.

The treated morbidities of the studies included on this review were functional exercise capacity reduction, fatigue, weakness, urinary incontinence and peripheral neuropathy. The WBV exercise frequencies ranged from 9 to 50 Hz, only one study was performed in one session, the others ranged from 12 to 36 sessions. The authors report no side effects during the interventions and among the studies that reported compliance, this ranged from 67 to 80%.

4. Discussion

The exercises have been used as one of the possibilities to rehabilitation for the morbidities caused for the treatment of the cancer survivors (46,47). This systematic review included articles in which WBV exercise was used to manage morbidities due to cancer treatment.

The WBV loads a mild cardiovascular exertion and its neural as well as muscular mechanisms may play a

role of fatigue (48,49). The frequency of mechanical vibration used to generate WBV exercise affects parts of the body through of which it is transmitted (50). The enhancement in muscle strength and power after vibration can be attributed to the increased muscle activity as a result of interaction of the mechanical vibration.

Authors have investigated the effects of frequency on the muscle activity (51,52). Herrero *et al.*, 2011 (51) verified an increase of the electromyography (EMG) activity of the vastus lateral (VL) and vastus medial (VM) muscles in patients with spinal cord injury (SCI) exposed to WBV. Liao *et al.*, 2016 (52) have also reported an increase of the vastus lateral and gastrocnemius (GS) muscle activity in patients with chronic stroke exposed to WBV. Similarly, to these findings, Van Ruymbeke *et al.*, 2014 (44) showed a muscle interaction effect with frequency of the mechanical vibration with an increase of the muscle activation in individuals with breast cancer after therapy.

Salhi *et al.*, 2015 (43) evaluated treated stages I-III lung cancer or mesothelioma performing aerobic training plus performed exercises on the synchronous vibration platform and found increase in maximal workload (Wmax) in these patients. In a study developed in the early phase after lung transplantation in which the patients remained in a static position on the platform and were exposed to WBV exercise, also revealed a significant improvement of the Wmax (53). It is relevant to consider that the Wmax might be a parameter to detect changes in aerobic endurance capacity (54) and it is suggested in this current revision that WBV exercise should be an important, safe and feasible intervention to improve aerobic capacity in individuals after cancer treatment.

The urinary incontinence is other morbidity that has been found after radical prostatectomy in prostate cancer patients (55). This dysfunction has noninvasive modalities considered first-line treatment during the first 6-12 months following prostatectomy and conservative modalities include pelvic floor muscle training (56). Pelvic muscle exercises are important to active retention strength of the striated muscles improving coordination of the contraction and relaxation process for better control and quality of muscle contraction (57). Crevenna *et al.*, 2016 (45) showed a benefit of the additional use of high-intensity whole body vibration therapy in a patient suffering from severe post radical prostatectomy urinary incontinence. WBV exercise also showed the beneficial effects in patients without cancer as women with stress urinary incontinence (58).

The neuropathic disease is common in cancer survivors and may result from the infiltration of nerve tissue by the tumor, radiation treatment, chemotherapy, or cancer-related surgery, leading to symptoms such as pain and functional impairment (59). Schönsteiner

et al., 2017 (38) have demonstrated the beneficial impact (symptoms relieve, physical fitness and sensory function) on chemotherapy-induced polyneuropathy (CIPN) of a program including massage, mobilization as well as physical exercises and WBV. Moreover, other studies have shown the positive effects (reduction of pain (60), enhanced muscles strength and balance (61,62) of WBV exercise on peripheral neuropathy in diabetic patients.

Several limitations of this review should be recognized. A relevant limitation is that we could not draw certain conclusions because there is still limited knowledge about WBV exercise on cancer patients. Moreover, it is difficult to prove the effects of whole body vibration on outcomes, because differences exist in multiple WBV parameters and morbidities among the studies. In addition, relevant studies published in other languages other than English may be missed; and there may be publication bias, due to the greater possibility of publication of studies with favorable intervention results.

Despite the limitations, it is important to consider that, in our knowledge, this is the first review about the use of suitable, non-invasive and simple procedure. Moreover, relevant findings are presented and demonstrated that the WBV exercise must be more understood and known to be used in the management of morbidities due to the cancer therapy.

In conclusion, the WBV exercise might be one modality of treatment to morbidities due cancer treatment for the benefits demonstrated, however other studies should be performed to determine the parameters and specific protocols that will be used to each morbidity.

Acknowledgements

The authors thank for the support of the Brazilian Government agencies (CNPq, FAPERJ) and UERJ.

References

1. World Health Organization. Cancer. <http://www.who.int/cancer/en/> (accessed February 27, 2017).
2. Rock CL, Doyle C, Demark-Wahnefried W, Meyerhardt J, Courneya KS, Schwartz AL, Bandera EV, Hamilton KK, Grant B, McCullough M, Byers T, Gansler T. Nutrition and physical activity guidelines for cancer survivors. *CA Cancer J Clin.* 2012; 62:243-274.
3. World Health Organization. World Cancer Report. <http://publications.iarc.fr/Non-Series-Publications/World-Cancer-Reports/World-Cancer-Report-2014>. (accessed February 27, 2017).
4. Bower JE. Cancer-related fatigue--mechanisms, risk factors, and treatments. *Nat Rev Clin Oncol.* 2014; 10:597-609.
5. Paice JA, Ferrell B. The management of cancer pain. *CA Cancer J Clin.* 2011; 61:157-182.
6. Linden W, Vodermaier A, Mackenzie R, Greig D. Anxiety and depression after cancer diagnosis: Prevalence rates

- by cancer type, gender, and age. *J Affect Disord.* 2012; 141:343-351.
7. Maltby KF, Sanderson CR, Lobb EA, Phillips JL. Sleep disturbances in caregivers of patients with advanced cancer: A systematic review. *Palliat Support Care.* 2017; 15:125-140.
 8. Ferrer RA, Huedo-Medina TB, Johnson BT, Ryan S, Pescatello LS. Exercise interventions for cancer survivors: A meta-analysis of quality of life outcomes. *Ann Behav Med.* 2011; 41:32-47.
 9. Blanchard CM, Courneya KS, Stein K, American Cancer Society's SCS II. Cancer survivors' adherence to lifestyle behavior recommendations and associations with health-related quality of life: Results from the American Cancer Society's SCS-II. *J Clin Oncol.* 2008; 26:2198-2204.
 10. Speck RM, Courneya KS, Masse LC, Duval S, Schmitz KH. An update of controlled physical activity trials in cancer survivors: A systematic review and meta-analysis. *J Cancer Surviv.* 2010; 4:87-100.
 11. Yang EJ, Chung SH, Jeon JY, Seo KS, Shin HI, Hwang JH, Lim JY. Current practice and barriers in cancer rehabilitation: Perspectives of Korean physiatrists. *Cancer Res.* 2015; 47:370-378.
 12. National Institutes of Health. National Heart, Lung, and Blood Institute. (accessed February 27, 2017).
 13. Al-Majid S, McCarthy DO. Cancer-induced fatigue and skeletal muscle wasting: The role of exercise. *Biol Res Nurs.* 2001; 2:186-197.
 14. Cramp F, Daniel J. Exercise for the management of cancer-related fatigue in adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008; 2:CD006145. doi: 10.1002/14651858.
 15. Brown JC, Huedo-Medina TB, Pescatello LS, Pescatello SM, Ferrer RA, Johnson BT. Efficacy of exercise interventions in modulating cancer-related fatigue among adult cancer survivors: A meta-analysis *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2011; 20:123-133.
 16. Ibrahim EM, Al-Homaidh A. Physical activity and survival after breast cancer diagnosis: Meta-analysis of published studies. *Med Oncol.* 2011; 28:753-765.
 17. Meadows R, Bonner T, Dobhal M, Borra S, Killion JA, Paxton R. Pathways between physical activity and quality of life in African-American breast cancer survivors. *Support Care Cancer.* 2017; 25:489-495.
 18. Kenfield SA, Stampfer MJ, Giovannucci E, Chan JM. Physical activity and survival after prostate cancer diagnosis in the health professionals follow-up study. *J Clin Oncol.* 2011; 29:726-732.
 19. Moorman PG, Jones LW, Akushevich L, Schildkraut JM. Recreational physical activity and ovarian cancer risk and survival. *Ann Epidemiol.* 2011; 21:178-187.
 20. Bade BC, Brooks MC, Nietert SB, Ulmer A, Thomas DD, Nietert PJ, Scott JB, Silvestri GA. Assessing the correlation between physical activity and quality of life in advanced lung cancer. *Integr Cancer Ther.* 2018; 17:73-79.
 21. Cochrane DJ. Is vibration exercise a useful addition to a weight management program? *Scand J Med Sci Sports.* 2012; 22:705-713.
 22. Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, Felsenberg D, Roth J, Schoenau E, Verschueren S, Rittweger JM. International Society of and I. Neuronal. Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2010; 10:193-198.
 23. 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.
 24. Sá-Caputo DC, Ronikeili-Costa P, Carvalho-Lima RP, Bernardo LC, Bravo-Monteiro MO, Costa R, Moraes-Silva J, Paiva DN, Machado CB, Mantilla-Giehl P, Amobio A, Marin PJ, Bernardo-Filho M. Whole body vibration exercises and the improvement of the flexibility in patient with metabolic syndrome. *Rehabil Res Pract.* 2014; 2014:628518.
 25. Cardinale M, Rittweger J. Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: Fact or fiction? *J Br Menopause Soc.* 2006; 12:12-18.
 26. Ritzmann R, Kramer A, Bernhardt S, Gollhofer A. Whole body vibration training-improving balance control and muscle endurance. *PLoS One.* 2014; 9:e89905.
 27. Pioreschi A, Tikly M, McVeigh JA. A three month controlled intervention of intermittent whole body vibration designed to improve functional ability and attenuate bone loss in patients with rheumatoid arthritis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014; 15:403.
 28. Tseng SY, Lai CL, Chang KL, Hsu PS, Lee MC, Wang CH. Influence of whole-body vibration training without visual feedback on balance and lower-extremity muscle strength of the elderly: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2016; 95:e2709.
 29. Karatrantou K, Gerodimos V, Dipla K, Zafeiridis A. Whole-body vibration training improves flexibility, strength profile of knee flexors, and hamstrings-to-quadriceps strength ratio in females. *J Sci Med Sport.* 2013; 16:477-481.
 30. Dallas G, Paradisis G, Kirialanis P, Mellos V, Argitaki P, Smirniotou A. The acute effects of different training loads of whole body vibration on flexibility and explosive strength of lower limbs in divers. *Biol Sport.* 2015; 32:235-241.
 31. Elfering A, Thomann J, Schade V, Radlinger L. Stochastic resonance whole body vibration reduces musculoskeletal pain: A randomized controlled trial. *World J Orthop.* 2011; 2:116-120.
 32. Alguacil Diego IM, Pedrero Hernandez C, Molina Rueda F, Cano de la Cuerda R. Effects of vibrotherapy on postural control, functionality and fatigue in multiple sclerosis patients. A randomised clinical trial. *Neurologia.* 2012; 27:143-153.
 33. Furness T, Bate N, Welsh L, Naughton G, Lorenzen C. Efficacy of a whole-body vibration intervention to effect exercise tolerance and functional performance of the lower limbs of people with chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulm Med.* 2012; 12:71.
 34. Gloeckl R, Heinzelmann I, Baeuerle S, Damm E, Schwedhelm AL, Diril M, Buhrow D, Jerrentrup A, Kenn K. Effects of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease – a randomized controlled trial. *Respir Med.* 2012; 106:75-83.
 35. Sa-Caputo D, Goncalves CR, Morel DS, Marconi EM, Froes P, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ, Amobio A, Asad NR, Marin PJ, Furness T, Bernardo-Filho M. Benefits of whole-body vibration, as a component of the pulmonary rehabilitation, in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A narrative review with a suitable approach. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2016; 10:1-7.
 36. Sanudo B, Carrasco L, Hoyo M, Oliva-Pascual-Vaca A, Rodriguez-Blanco C. Changes in body balance and

- functional performance following whole-body vibration training in patients with fibromyalgia syndrome: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med.* 2013; 45:678-684.
37. Santos-Filho SD, Cameron MH, Bernardo-Filho M. Benefits of whole-body vibration with an oscillating platform for people with multiple sclerosis: A systematic review. *Mult Scler Int.* 2012. doi: 10.1155/2012/274728.
 38. Schonsteiner SS, Missbach HB, Benner A, *et al.* A randomized exploratory phase 2 study in patients with chemotherapy-related peripheral neuropathy evaluating whole-body vibration training as adjunct to an integrated program including massage, passive mobilization and physical exercises. *Exp Hematol Oncol.* 2017; 6:5.
 39. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, 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; 62:1-34.
 40. Merlin T, Weston A, Toohar R. Extending an evidence hierarchy to include topics other than treatment: Revising the Australian 'levels of evidence'. *BMC Med Res Methodol.* 2009; 9:34.
 41. PEDRo Scale. Physiotherapy Evidence Database. <https://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/pedro-scale/> (accessed March 22, 2017).
 42. Walser RF, Meserve BB, Boucher TR. The effectiveness of thoracic spine manipulation for the management of musculoskeletal conditions: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Man Manip Ther.* 2009; 17:237-246.
 43. Salhi B, Haenebalcke C, Perez-Bogerd S, Nguyen MD, Ninane V, Malfait TL, Vermaelen KY, Surmont VF, Van Maele G, Colman R, Derom E, Meerbeek JP. Rehabilitation in patients with radically treated respiratory cancer: A randomised controlled trial comparing two training modalities. *Lung Cancer.* 2015; 89:167-174.
 44. Van Ruymbeke JB, Coorevits P, Vanderstraeten G, Bourgois J. Whole-body vibration in breast cancer survivors: A pilot study exploring its effects on muscle activity and subjectively perceived exertion. *Int J Rehabil Res.* 2014; 37:371-374.
 45. Crevenna R, Cenik F, Margreiter M, Marhold M, Sedghi Komanadj T, Keilani M. Whole body vibration therapy on a treatment bed as additional means to treat postprostatectomy urinary incontinence. *Wien Med Wochenschr.* 2017; 167:139-141.
 46. Campbell KL, Pusic AL, Zucker DS, McNeely ML, Binkley JM, Chevillat AL, Harwood KJ. A prospective model of care for breast cancer rehabilitation: Function. *Cancer.* 2012; 108:2300-2311.
 47. Sandler CX, Goldstein D, Horsfield S, Bennett BK, Friedlander M, Bastick PA, Lewis CR, Segelov E, Boyle FM, Chin MTM, Webber K, Barry BK, Lloyd AR. Randomized evaluation of cognitive-behavioral therapy and graded exercise therapy for post-cancer fatigue. *J Pain Symptom Manage.* 2017; 54:74-84.
 48. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol.* 2000; 9:134-142.
 49. Figueroa A, Kalfon R, Madzima TA, 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.* 2014; 28:118-122.
 50. Cidem M, Karacan I, Cakar HI, Cidem M, Sebik O, Yilmaz G, Turker KS, Karamehmetoglu SS. Vibration parameters affecting vibration-induced reflex muscle activity. *Somatosens Mot Res.* 2017; 34:47-51.
 51. Herrero AJ, Menendez H, Gil L, Martin J, Martin T, Garcia-Lopez D, Gil-Agudo A, Marin PJ. Effects of whole-body vibration on blood flow and neuromuscular activity in spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2011; 49:554-559.
 52. Liao LR, Ng GY, A. Y. Jones AY, Huang MZ, Pang MY. Whole-body vibration intensities in chronic stroke: A randomized controlled trial. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48:1227-1238.
 53. Brunner S, Brunner D, Winter H, Kneidinger N. Feasibility of whole-body vibration as an early inpatient rehabilitation tool after lung transplantation-a pilot study. *Clin Transplant.* 2016; 30:93-98.
 54. Arts FIP, Kuipers H, Jeukendrup AE, Saris WHM. A short cycle ergometer test to predict maximal workload and maximal oxygen uptake. *Int J Sports Med.* 1993; 14:460-464.
 55. Karlsen RV, Hvarness EBPH, Bagi P, Friis Lippert E, Permild R, Giraldo A, Lawaetz A, Krause E, Due U, Johansen C. Feasibility and acceptability of couple counselling and pelvic floor muscle training after operation for prostate cancer. *Acta Oncol.* 2017; 56:270-277.
 56. Rajkowska-Labon E, Bakula S, Kucharzewski M, Sliwinski Z. Efficacy of physiotherapy for urinary incontinence following prostate cancer surgery. *Biomed Res Int.* 2014. doi: 10.1155/2014/785263.
 57. Bernardo-Filho M, Barbosa Junior ML, Sa-Caputo DC, Aguiar EO, Lima RP, Santos-Filho SD, Paoli S, Presta GA, Monteiro MOB, Tavares A. The relevance of the procedures related to the physiotherapy in the interventions in patients with prostate cancer: Short review with practice approach. *Int J Biomed Sci.* 2014; 10:73-84.
 58. Farzinmehr A, Moezy A, Koohpayehzadeh J, Kashanian M. A comparative study of whole body vibration training and pelvic floor muscle training on women's stress urinary incontinence: Three-month follow-up. *J Family Reprod Health.* 2015; 9:147-154.
 59. McCarberg B, D'Arcy Y, Parsons B, Sadosky A, Thorpe A, Behar R. Neuropathic pain: A narrative review of etiology, assessment, diagnosis, and treatment for primary care providers. *Curr Med Res Opin.* 2017; 33:1361-1369.
 60. Kessler NJ and Hong J. Whole body vibration therapy for painful diabetic peripheral neuropathy: A pilot study. *J Body Mov Ther.* 2013; 17:518-522.
 61. Kordi Yoosefinejad A, Shadmehr A, Olyaei G, Talebian S, Bagheri H. The effectiveness of a single session of Whole-Body Vibration in improving the balance and the strength in type 2 diabetic patients with mild to moderate degree of peripheral neuropathy: A pilot study. *J Body Mov Ther.* 2014; 18:82-86.
 62. Lee K, Lee S, Song C. Whole-body vibration training improves balance, muscle strength and glycosylated hemoglobin in elderly patients with diabetic neuropathy. *Tohoku J Exp Med.* 2013; 231:305-314.

(Received June 24, 2018; Revised August 24, 2018; Accepted August 25, 2018)

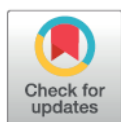
ANEXO C – Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model (Artigo publicado)



RESEARCH ARTICLE

Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model

Eloá Moreira-Marconi^{1,2*}, Marcia Cristina Moura-Fernandes^{1,2}, Patrícia Lopes-Souza^{2,3}, Ygor Teixeira-Silva^{2,3}, Aline Reis-Silva^{2,4}, Renata Marques Marchon^{2,4}, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar^{2,5}, Laisa Liane Paineiras-Domingos^{2,3,6}, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo^{2,3,6,7}, Danielle Soares Morel², Carla Fontoura Dionello², Sérgio Oliveira De-Carvalho², Mario José dos Santos Pereira², Arlete Francisca-Santos², Gefferson Silva-Costa², Marcio Olímpio-Souza², Tânia Regina Lemos-Santos², Nasser Ribeiro Asad², Vinicius Layter Xavier⁸, Redha Taiar⁹, Anelise Sonza¹⁰, Adérito Seixas¹¹, Darryl J. Cochrane¹², Mario Bernardo-Filho^{1,2}



OPEN ACCESS

Citation: Moreira-Marconi E, Moura-Fernandes MC, Lopes-Souza P, Teixeira-Silva Y, Reis-Silva A, Marchon RM, et al. (2019) Evaluation of the temperature of posterior lower limbs skin during the whole body vibration measured by infrared thermography: Cross-sectional study analysis using linear mixed effect model. PLoS ONE 14(3): e0212512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512>

Editor: Caroline Sunderland, Nottingham Trent University, UNITED KINGDOM

Received: October 18, 2018

Accepted: February 4, 2019

Published: March 13, 2019

Copyright: © 2019 Moreira-Marconi et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: All relevant data are within the manuscript and its Supporting Information files.

Funding: This work was supported by research grants (finance code 001 to EMM and MCMF) from the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

1 Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 2 Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas—LAVIMPI, Instituto Biologia Roberto Alcântara Gomes e Policlínica Américo Piquet Carneiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 3 Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 4 Mestrado Profissional em Saúde, Medicina Laboratorial e Tecnologia Forense, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 5 Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brazil, 6 Faculdade Bezerra de Araújo, Rio de Janeiro, Brazil, 7 Centro Universitário Serra dos Órgãos, Teresópolis, Rio de Janeiro, Brazil, 8 Departamento de Estatística, Instituto de Matemática e Estatística, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, 9 Groupe de Recherche en Sciences pour l'Ingénieur (GRESPI)/Université de Reims Champagne Ardenne, France, 10 Universidade Estadual de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil, 11 Escola Superior de Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 12 School of Sport, Exercise & Nutrition, Massey University, Palmerston North, New Zealand

* eloamarconi@gmail.com

Abstract

Background

Whole body vibration exercise (WBVE) has been shown to improve muscular strength and power, and increase peripheral blood flow. The aim of this study was to evaluate the behavior of the skin temperature (Tsk) on regions of the lower limbs from an acute bout of WBVE.

Methods and findings

Cross-sectional study approved by local ethics committee (*Certificado de Apresentação para Apreciação Ética—CAAE—19826413.8.0000.5259*) and Trial registration (*Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos—REBEC—RBR-738wng*). Using Infrared thermography (IRT), Tsk and thermal symmetry of the posterior lower extremities (thigh, knee, calf and heel) were examined in 19 healthy participants. IRT was assessed during 60-second WBVE exposures of 0, 30 and 50 Hz. From the adjusted linear mixed effects model, vibration

(CNPq), the Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), and the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ). The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

frequency, time and regions of the lower extremity were significant ($p < 0.001$). However, the variable laterality was not significant ($p = 0.067$) and was excluded from the adjusted statistical model. The adjusted model was significant ($p < 0.00001$) and all variables in the model were significant ($p < 0.01$) indicating that Tsk decreases with time, independently of the vibration frequency. The value of the Pseudo-R-Squared for the model was 0.8376. The presented mathematical model of the current study may be useful to justify the patterns observed for all vibration frequencies between and 0 and 50 Hz. The main limitations of the study were the reduced time of the intervention and not having evaluated other regions of the body.

Conclusions

The acute exposure of 60-second mechanical vibration has effect on the behavior of Tsk of the posterior region of the lower limbs, which is likely to be associated with a decrease on the blood flow due to WBVE. It is speculated that during WBVE a greater supply of blood is required where the body responds by shunting blood flow from the skin to working muscle in the first seconds of exercise. Further investigative work is required to verify this hypothesis.

Introduction

It is well established that the skin, the largest organ of the body, is highly implicated in the thermoregulation process [1]. The human body is homeothermic, in which thermal cutaneous signals provide feedback to the thermoregulation system, reducing its response time and making body core temperature more stable. There is evidence that the autonomic nervous system is the primary regulator of blood circulation in the skin, that acts as the main regulator of thermal emission [1]. However, the regulation of skin temperature (Tsk) depends on the rate of blood flow, structures of the subcutaneous tissue and the activity of the autonomic nervous system [2]. Change in Tsk may be an indicator of abnormalities, such as a disease [2,3]. Ring and Ammer [3] and Lahiri *et al.* [4] have reported that thermal imaging has been used to study diseases where Tsk can reflect the presence of inflammation in underlying tissues, or where blood flow is increased or decreased due to a clinical abnormality.

The use infrared thermography (IRT) is growing in popularity as a diagnostic tool for applied medicine or as outcome measure for clinical trials [5–8]. IRT allows imagining of the body surface temperature in real time with high sensitivity (up to 0.025°C) and accuracy up to 1% without physical contact [9–11]. This technology quantifies the infrared radiation emitted by a surface and converts the intensity of radiation to temperature values, allowing the monitoring of dynamical variations of temperature and is considered an emerging methodological alternative to analyzing Tsk [10]. Its use has also included the monitoring of sports training and in the assessment of the workload quantification [12–14]. Additionally, IRT has been utilized to monitor physiological reactions induced by non-pharmacological interventions such as massage [15,16], manual therapy [17,18] and physical exercise [7,19,20]. Therefore, IRT is a promising tool to detect changes in Tsk caused by exercise by monitoring body surface temperature before, during and after movement [14,20,21]. This is especially important when determining the authenticity of new exercise modalities, such as whole body vibration exercise (WBVE). For instance, there has been a growing interest in the use of WBVE. It has been suggested as a complementary modality to traditional exercise where it is acknowledged as a viable

option in sport and health care [22]. However, the physiological effects of WBVE are still not fully understood and its efficacy for safe clinical application requires further research. Generally, WBVE is performed by standing on a commercially manufactured machine with an oscillating-vibratory platform (OVP) where the physiological effects are influenced by parameters such as, vibration frequency, peak-to-peak displacement, work and rest times, total exposure time, number of bouts per session, periodicity of sessions and body position [23]. The load on the neuromuscular system is imposed by biomechanical vibration parameters and according to Luo *et al.* [24] vibration frequencies between 30 Hz and 50 Hz optimize muscle activity. Moreover, performing WBVE in a squat position increases perfusion, which requires it to comply with higher muscle demands—as a result muscular activity increases to attenuate the imposed vibration. This muscular activity elicits rhythmic muscle contractions that increases peripheral circulation by increasing the diameter size of small vessels in the quadriceps and gastrocnemius [25,26]. Additionally, Lythgo *et al.* [27] demonstrated that isometric squatting alone can significantly increase leg blood flow and that higher vibration frequencies can further enhance leg blood flow.

The effect of WBVE on Tsk remains equivocal. Previous researchers have reported a significant increase [28,29], non-significant change [30,31] and a significant decrease in Tsk [32,33], however the intervention and assessment protocols have widely been heterogeneous. Moreover, there is a limited number of studies that have assessed the effect of different vibration frequencies on Tsk [32], and this would be highly relevant. Given the lack of agreement among the studies and the dearth of research comparing the effects of different vibration frequencies on Tsk, the aim of this study was to evaluate the effects of WBVE in healthy individuals exposed to a single session of 0, 30 and 50 Hz. The hypothesis is that the effect of WBVE, evaluated by the Tsk, would be related to frequency, time, laterality (right and left legs) and regions of interest (ROI) over 60-seconds. Moreover, Tsk symmetry would be similar in right and left legs.

Materials and methods

Study design

This was a cross-sectional study performed in a single session. The local ethics committee approved the study (*Certificado de Apresentação para Apreciação Ética—CAAE—19826413.8.0000.5259*) and Trial registration (*Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos—REBEC—RBR-738wng*) and it was conducted in accordance with the Resolution 158 N 466/12 of the National Health Council and the Declaration of Helsinki. The protocol was deposited in “protocols.io” ([dx.doi.org/10.17504/protocols.io.wqhfdt6](https://doi.org/10.17504/protocols.io.wqhfdt6)). All volunteers gave written informed consent to participate in the work. To detect a before-and-after difference in lower limb temperature of 1.5 ± 0.9 °C, with a two-sided 5% significance level at a power of 90%, with an anticipated dropout rate of 10%, a minimum sample size of 19 participants was required [34].

Participants

Nineteen participants (physiotherapists, physicians, biologists) volunteered for the study (15 females and 7 males). The participants had to meet the following inclusion criteria of aged 20 to 45 years old and healthy. The exclusion criteria were; joint pain and/or implants, musculoskeletal diseases, vertigo and other clinical diseases that could involve some risk or discomfort during WBVE, other declared disease. To reduce bias the order of the exposure was randomized using colored cards (Fig 1), and those assessing the outcomes and the participants do not know order of the frequencies.

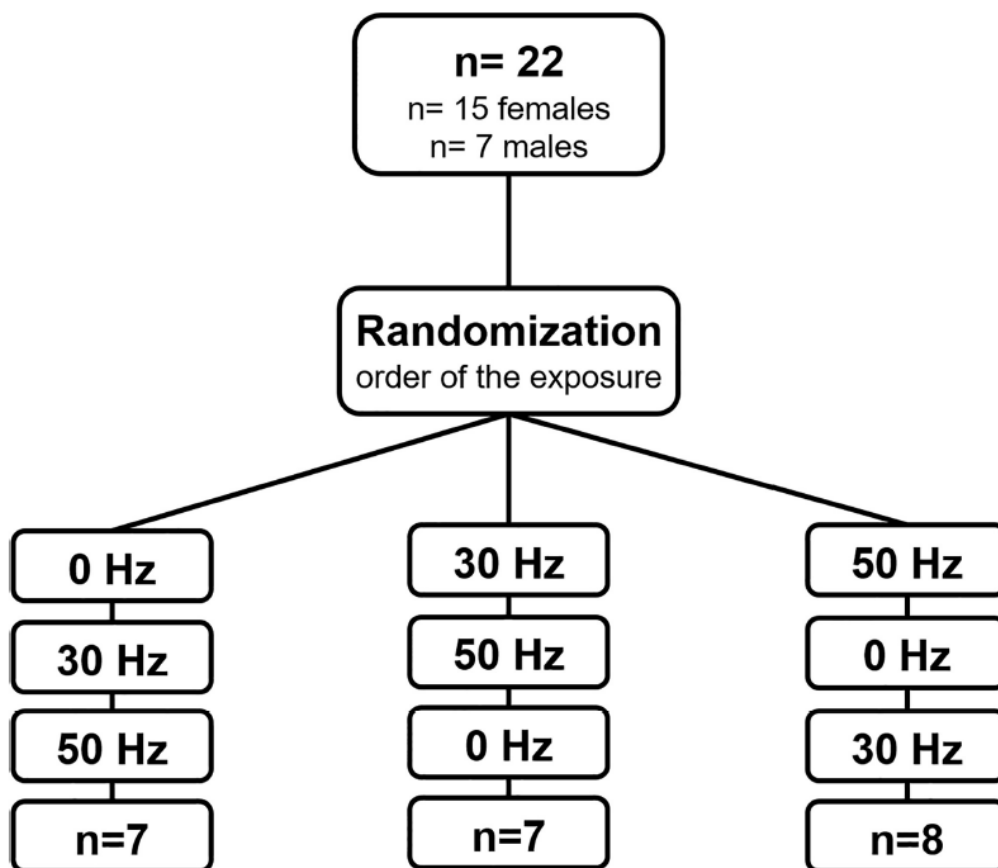
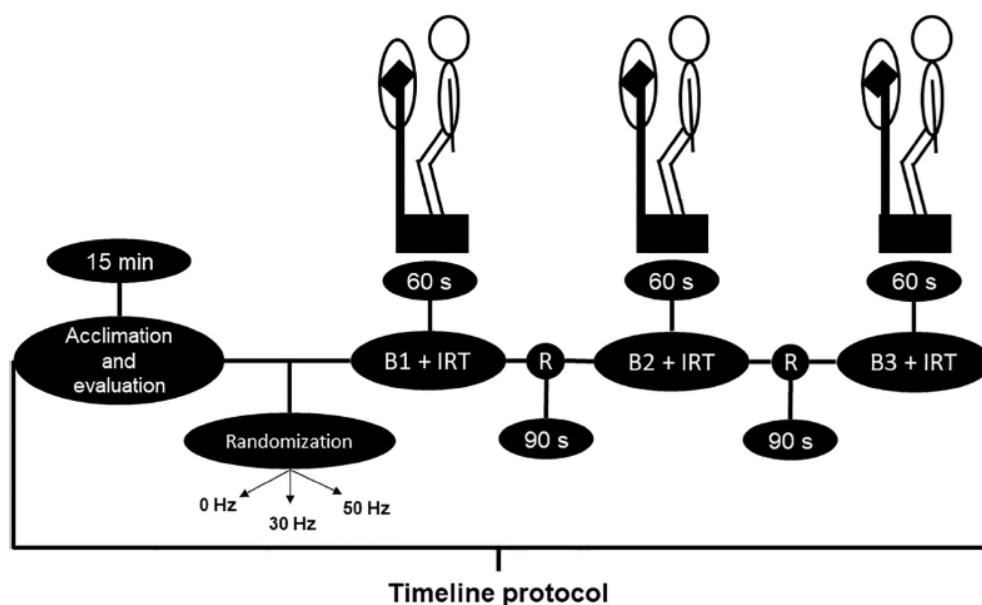


Fig 1. Flowchart.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512.g001>

Intervention

The intervention was performed in the *Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas (LAVIMPI)*, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) at December 27th, 2017 with controlled ambient temperature ($25.5 \pm 0.35^\circ\text{C}$) and relative humidity ($50.5 \pm 2.16\%$). All procedures were followed by health professionals (physicians, physiotherapists and biologists). Before the intervention, all participants were provided with a 15-minute acclimation period to ensure Tsk was stabilized. To avoid any effect of circadian rhythm participants performed the intervention session between 1–5 pm. A health-activity interview about the caffeine intake, smoking (nicotine) and sports training, at least, in the previous four hours before the intervention was conducted. The measurement of body mass and height and the determination of the body mass index were carried out [35] prior to the intervention. During the intervention, participants wore shorts, t-shirt and were barefooted.



B – bout, R – rest, IRT - Infrared thermography

Fig 2. Whole body vibration exercise intervention.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512.g002>

The acute intervention was performed on a commercial machine (Power Plate pro5™, Power Plate International Ltd, The Netherlands) that had a vertical tri-planar OVP. The intervention consisted of a single session with three bouts of 60-seconds with 90-seconds rest separating each bout. Participants assumed a squat position on the base of the OVP with 130° knee flexion (measured by a manual goniometer), the distance of the feet followed the line of the shoulders and the arms to the side (Fig 2). Participants were exposed to three experimental protocols of squat position + without vibration (0 Hz); squat position + WBVE 30 Hz (frequency), 1.20 mm (amplitude) and squat position + WBVE 50 Hz (frequency), 0.77 mm (amplitude).

A three-axial accelerometer (Vibration Datalogger DT-178A, Ruby Electronics, Saratoga, USA) was fixed on the base of the OVP to verify the peak acceleration and gravitational force of the OVP. The vibration frequency of 30 and 50 Hz with 1.20 and 0.77 mm of amplitude produced a gravitational force of 2.22 g and 4.40 g at a peak acceleration of 21.73 m/s² and 43.11 m/s², respectively.

Lower limb temperature assessment. Skin temperature was assessed using IRT and data collection followed the recommendations of previously published studies [36,37]. An infrared camera (FLIR Systems, E40, Wilsonville, OR, USA), with a sensor array size of 160 x 120 pixels and noise equivalent temperature difference (NETD) of 70mK at 30°C and had ±2% repeatability of the overall reading. The camera's emissivity was set to 0.98 and images were captured and processed using the software FLIR ResearchIR Max (version 4.40.4.17, Sweden).

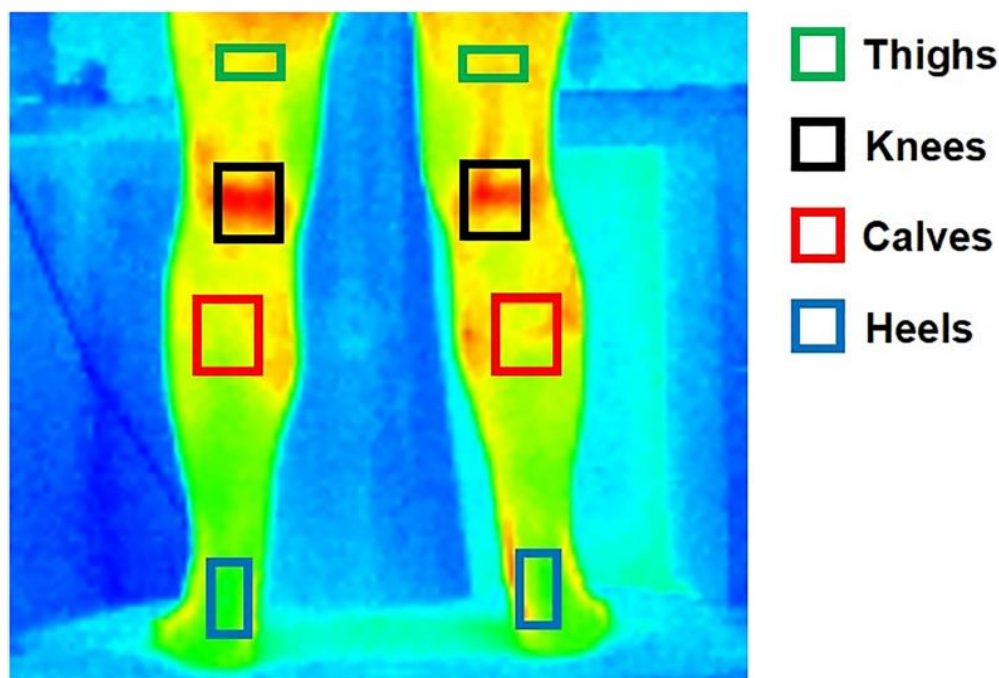


Fig 3. Regions of interest (ROI).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512.g003>

The camera was placed at an angle of approximately 90° to the surface and 2 m from the WBVE machine to provide a full view of the lower limbs. The height of the camera varied according to the height of each participant corresponding to 10 cm below the popliteal line of the right leg of each individual.

Fig 2 also illustrates the sequence of the different steps of the various procedures starting with the acclimation of the participants up to the acquisition of the IRT, as presented in the timeline.

A sequence of images of the posterior aspect of the lower limbs was automatically recorded for 1 minute in each bout at 30 frames per second. These 1800 images were divided in five equal ranges with 360 frames each. The average of the area selected, consisted of 12 seconds of duration, were obtained to represent the mean time of range (6, 18, 30, 42, and 54 seconds, respectively). In all time frames a focal line was used to assess the same ROI. Fig 3 shows the ROI used in the analysis (left and right thighs, left and right knees, left and right calves, left and right heels).

Statistical analysis

A linear mixed effects model was adjusted using temperature as a dependent variable. Due to the repeated measures for each participant and individual difference in basal body temperature, the participants were set as the random effect component in the model. The fixed effect

included the variables of frequency, time, laterality and ROI. The categorical variable ROI had four levels (thighs, knees, calves and heels). The level of the heels was set as the baseline due to it having the lowest temperature. The regression was performed with the intention to estimate the effect of frequency, time, laterality and ROI in Tsk. All statistical analysis was performed using R software, version 3.5.0 (R Foundation of Statistical Computing, Vienna, Austria) and the R libraries [38,39]. Results are considered statistically significant if the p-value is under 0.01.

Results

All the individuals declared, in the health-activity interview, no caffeine intake, no smoking (nicotine) and no sports training, at least, in the previous four hours before the intervention. The characteristics of the participants were mean (\pm standard deviation) age 37.0 ± 4.24 year; height 1.66 ± 0.04 m; body mass 73.49 ± 0.64 kg; body mass index 26.6 ± 1.48 kg/m². All the individuals included in this study, concluded it.

Fig 4 illustrates the pattern of the variation, in three individuals, of Tsk in different regions of interest on the right and on the left lower limbs (heels, thighs, knees and calves) with the exposure time at three vibration frequencies (0, 30 and 50 Hz) of WBVE. In almost of all participants, Tsk decreased with time, independently of the tested vibration frequency.

In the adjusted linear mixed effects model, variables of vibration frequency, time and ROI were significant ($p < 0.001$), however the variable laterality was not significant ($p = 0.067$). Thus, this variable was excluded of the model and a new model was adjusted. The F-test of overall significance determines whether the regression model is statistically significant and the Pseudo-R-Squared is a statistical measure of how close the data are to the fitted regression line. Table 1 shows the result of the linear mixed effects model without the variable laterality. The adjusted model was significant (F-test, $p < 0.00001$) and all variables in the model were significant (Intercept, Time, Thighs, Calves and Knees, $p < 0.001$, Frequency $p < 0.01$). The value of the Pseudo-R-Squared for this model was 0.8376.

The intercept (28.588) represents the standard temperature of the heels, which was set as the baseline. To estimate the mean temperature for each location considering a specific vibration frequency and a specific time, add the value of the coefficient intercept (28.588) to the value of the coefficient of the location (thighs = 2.841, calves = 1.994, knees = 3.022) plus the specific frequency multiplied by the coefficient frequency (-0.002) plus the specific time multiplied by the coefficient time (-0.003), according to the following regression model equation:

$$\text{Tsk} = 28.588 + \text{Coefficient of the location} + \text{Frequency} \cdot (-0.002) + \text{Time} \cdot (-0.003)$$

Discussion

The purpose of this study was to evaluate the behavior of Tsk on WBVE using IRT. We hypothesized Tsk symmetry would be similar in right and left legs, which was confirmed by our results. The autonomic nervous system controls the blood flow of the skin so that it is anatomically and histologically symmetrical [40,41]. This symmetry can also occur in Tsk. The difference between the contralateral ROI tends to be minimal [40,41]. This fact may be responsible for the similar results in the right and left lower limbs, with laterality not being a significant variable in the adjusted statistical model. Chudecka *et al.* [42] have reported that in the scullers, the mean Tsk was always lower post than pre exercise, with no significant differences in an average temperature drop between the opposite sides, indicating that the work of the muscles involved in the physical exertion on the rowing ergometer was symmetrical. In

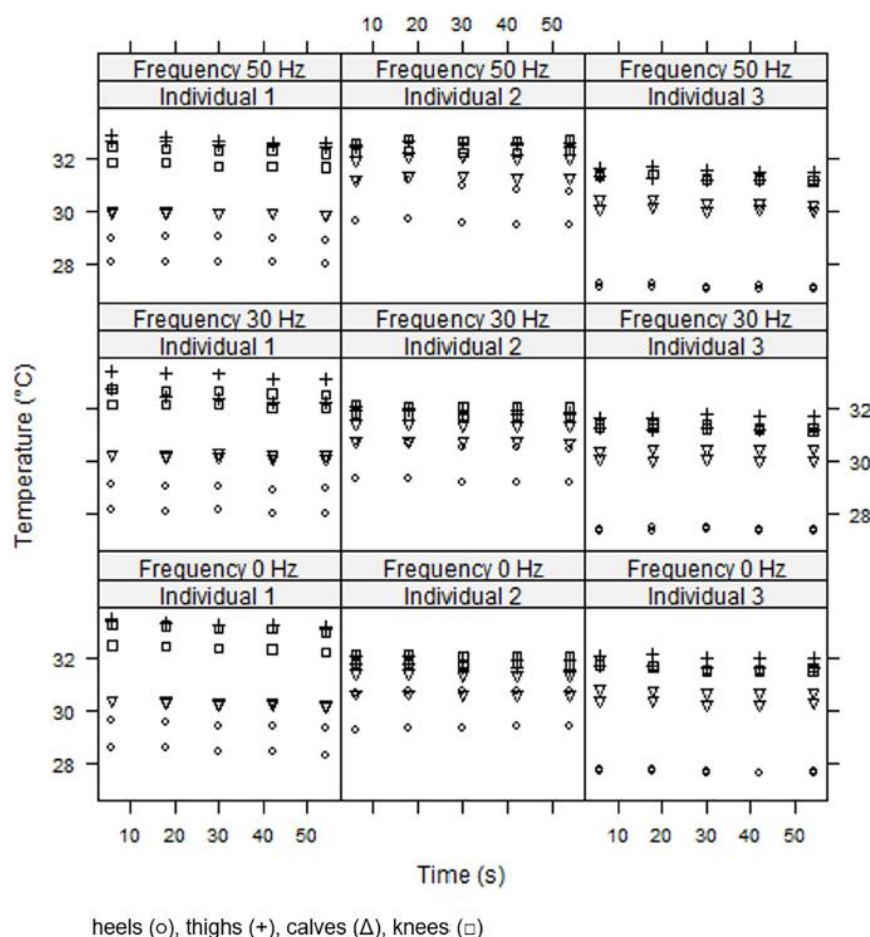


Fig 4. Illustration of the effect of whole body vibration exercise (three individuals) on skin temperature of the posterior area of the lower limbs.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512.g004>

In addition, in the handball players, the Tsk in symmetric areas over the asymmetrically working muscles showed statistically significant differences between sides, which was associated with the functional asymmetry of training. Selve *et al.* [43] reported that a difference greater than 1°C between body symmetry may indicate pathophysiological manifestation. This illustrates that thermal symmetry between limbs is essential in evaluating uniformity. The current result suggests that the oscillating nature of WBVE was not detrimental to participants in promoting a negative response. Due to the action of the mechanical vibration, WBVE is associated with higher muscle activity [44,45], increased motor unit recruitment [46], enhanced blood flow [47], increased cutaneous sensitivity [48], and improved balance [44,49]. Moreover, this finding is in agreement with the results of Chudecka *et al.* [42] with scullers.

Table 1. The linear mixed effects model—dependent variable Tsk.

Variable	Coefficient	p-value
Intercept	28.588	<0.0001
Frequency (Hz)	-0.002	0.0036
Time (s)	-0.003	<0.0001
thighs	2.841	<0.0001
calves	1.994	<0.0001
knees	3.022	<0.0001

Pseudo-R-Squared = 0.8376

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212512.t001>

In the present study, Tsk in the posterior region decreased in all experimental conditions ($p < 0.001$). The Tsk variation pattern was similar in all conditions, corresponding to a Tsk decrease, independently of the vibration frequency. This observation may be explained by the fact that WBVE initiates a rapidly and repeating eccentric-concentric action that evokes muscular work and elevates the body's metabolic rate [50] increasing in intramuscular temperature [31]. This modifies the thermal balance that activates the mechanism responsible for heat loss, which is mediated by the hypothalamic feedback system [51]. This change causes a redistribution of blood flow from inactive to active areas. Subsequently, with the continuation of WBVE the redirection of blood flow to the skin occurs, allowing heat exchange with the environment [52,53]. This process aims to cool the skin so that the blood that is perfused returns to the internal body regions at a lower temperature, thus avoiding a dangerous state of hyperthermia [54]. Another plausible explanation is that mechanical vibration induces a vasoconstrictor response to decrease Tsk [34]. The present results are in agreement with Seixas *et al.* [32] who reported a significant decrease in Tsk after 5-minutes of WBVE (frequency = 35 and 45 Hz, amplitude = 5–6 mm) of the anterior thighs, that included lateral and medial areas. In contrast, Cochrane *et al.* [31] and Cochrane *et al.* [30] observed non-significant Tsk change, however [28], and Hazel *et al.* [29] reported a significant Tsk increase. It is important to note that the interventions and assessment protocols were heterogeneous, which may explain the discrepancies among the studies.

Seixas *et al.* [32] reported no significant difference in Tsk from WBVE, however it was not documented that there was a significant difference in Tsk between the groups before the commencement of WBVE. Together with the small sample size of each group ($n = 6$) and the small increment in vibration frequency (5 Hz) may have led to the non-significant finding. Although no significant differences in Tsk after the exposure to WBVE were reported, the study examined 20 ROI (in both lower limbs) and in the group exposed to 35 Hz Tsk significantly decreased in only 6 ROI while in the group exposed to 40 Hz Tsk significantly decreased in all ROI. In addition, Seixas *et al.* [32] study did not evaluate the temporal behavior of WBVE. In contrast, the current findings revealed that both 30 Hz and 50 Hz significantly decreased Tsk in calves, thighs and knees. A plausible explanation is that during WBVE a greater supply of blood is required in the active musculature where the body responds by shunting blood flow from the skin to working muscle in the first seconds of the 60-second exercise bout. In support of the current findings Sonza *et al.* [34] observed a decrease in Tsk of the lower limb temperature during 15 minutes and 10 minutes following WBVE of different vibration frequencies (31, 35, 40 and 44 Hz).

The presented mathematical model of the current study may be useful to justify the patterns observed for all vibration frequencies between and 0 and 50 Hz. Furthermore, this statement can justify and is in agreement with the results obtained by Sonza *et al.* [34] that have observed

a decrease of Tsk of both legs due to WBVE in frequencies of the interval from 31 up to 44 Hz. The main limitations of the study were the reduced time of the intervention and not having evaluated other regions of the body.

Conclusion

In conclusion, acute exposure of 60-second mechanical vibration has effect on the behavior of Tsk of the posterior region of the lower limbs, which is likely to be associated with a decrease on the blood flow due to WBVE. It is speculated that during WBVE a greater supply of blood is required where the body responds by shunting blood flow from the skin to working muscle in the first seconds of exercise. Further investigative work is required to verify this hypothesis.

Supporting information

S1 Fig. Trial registration (*Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos—REBEC—RBR-738wng*). (PDF)

S2 Fig. Trend statement (TREND) checklist. (PDF)

Author Contributions

Data curation: Eloá Moreira-Marconi, Marcia Cristina Moura-Fernandes, Patrícia Lopes-Souza, Ygor Teixeira-Silva, Aline Reis-Silva, Renata Marques Marchon, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Danielle Soares Morel, Carla Fontoura Dionello, Sérgio Oliveira De-Carvalho, Arlete Francisca-Santos, Gefferson Silva-Costa, Marcio Olímpio-Souza, Tânia Regina Lemos-Santos, Nasser Ribeiro Asad.

Formal analysis: Eloá Moreira-Marconi, Sérgio Oliveira De-Carvalho, Mario José dos Santos Pereira, Vinicius Layter Xavier.

Funding acquisition: Laisa Liane Paineiras-Domingos.

Investigation: Eloá Moreira-Marconi, Marcia Cristina Moura-Fernandes, Patrícia Lopes-Souza, Ygor Teixeira-Silva, Aline Reis-Silva, Renata Marques Marchon, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo, Danielle Soares Morel, Carla Fontoura Dionello, Sérgio Oliveira De-Carvalho, Mario José dos Santos Pereira, Gefferson Silva-Costa, Tânia Regina Lemos-Santos, Nasser Ribeiro Asad, Vinicius Layter Xavier, Anelise Sonza, Adérito Seixas, Darryl J. Cochrane.

Methodology: Eloá Moreira-Marconi, Patrícia Lopes-Souza, Ygor Teixeira-Silva, Aline Reis-Silva, Renata Marques Marchon, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo, Danielle Soares Morel, Carla Fontoura Dionello, Sérgio Oliveira De-Carvalho, Arlete Francisca-Santos, Gefferson Silva-Costa, Marcio Olímpio-Souza, Tânia Regina Lemos-Santos, Nasser Ribeiro Asad, Redha Taiar, Anelise Sonza, Adérito Seixas, Darryl J. Cochrane.

Software: Sérgio Oliveira De-Carvalho, Mario José dos Santos Pereira, Vinicius Layter Xavier.

Supervision: Mario Bernardo-Filho.

Visualization: Sérgio Oliveira De-Carvalho, Mario José dos Santos Pereira, Vinicius Layter Xavier.

Writing – original draft: Eloá Moreira-Marconi, Danielle Soares Morel, Nasser Ribeiro Asad, Vinicius Layter Xavier, Redha Taiar, Anelise Sonza, Adérito Seixas, Darryl J. Cochrane, Mario Bernardo-Filho.

Writing – review & editing: Eloá Moreira-Marconi, Marcia Cristina Moura-Fernandes, Patrícia Lopes-Souza, Ygor Teixeira-Silva, Aline Reis-Silva, Renata Marques Marchon, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo, Danielle Soares Morel, Carla Fontoura Dionello, Sérgio Oliveira De-Carvalho, Mario José dos Santos Pereira, Arlete Francisca-Santos, Gefferson Silva-Costa, Marcio Olímpio-Souza, Tânia Regina Lemos-Santos, Nasser Ribeiro Asad, Vinicius Layter Xavier, Redha Taiar, Anelise Sonza, Adérito Seixas, Darryl J. Cochrane, Mario Bernardo-Filho.

References

1. Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: How it works, when it does not, and why. *Mayo Clinic Proceedings*. 2003; 78(5):603–612. <https://doi.org/10.4065/78.5.603> PMID: 12744548
2. Romanovsky AA. Skin temperature: Its role in thermoregulation. *Acta Physiologica*. 2014; 210(3): 498–507. <https://doi.org/10.1111/apha.12231> PMID: 24716231
3. Ring EFJ, Ammer K. Infrared thermal imaging in medicine. *Physiol Meas*. 2012; 33: 33–46. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/33/3/R33> PMID: 22370242
4. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics and Technology*. 2012; 55(2012) 221–235. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
5. Sivanandam S, Anburajan M, Venkatraman B, Menaka M, Sharath D. Medical thermography: A diagnostic approach for type 2 diabetes based on non-contact infrared thermal imaging. *Endocrine*. 2012; 42: 343–351. <https://doi.org/10.1007/s12020-012-9645-8> PMID: 22411072
6. Skorupska E, Rychlik M, Pawelec W, Bednarek A, Samborski W. Trigger point-related sympathetic nerve activity in chronic sciatic leg pain: a case study. *Acupunct Med*. 2014; 32: 418–422. <https://doi.org/10.1136/acupmed-2013-010504> PMID: 24970043
7. Fernandes A de A, Amorim PR dos S, Brito CJ, Sillero-Quintana M, Marins JCB. Regional skin temperature response to moderate aerobic exercise measured by infrared thermography. *Asian J Sports Med*. 2016; 7(1): e29243. <https://doi.org/10.5812/asjism.29243> PMID: 27217931
8. Magalhaes C, Vardasca R, Mendes J. Recent use of medical infrared thermography in skin neoplasms. *Skin Research and Technology*. 2018; 24(4):587–591. <https://doi.org/10.1111/srt.12469> PMID: 29575378
9. Andal R, Deporte M, Espa T. Variation of skin temperature during and after contrast bath therapy. *Rev Andal Med Deport*. 2011; 4(4):129–134.
10. Vargas JVC, Briochi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordonez JC, et al. Normalized methodology for medical infrared imaging. *Infrared Phys Technol*. 2009; 52(1): 42–47. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2008.11.003>
11. Luhmann T, Piechel J, Roelfs T. Geometric calibration of thermographic cameras. *Remote Sensing and Digital Image Processing*. 2013. 17:27–42. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6639-6_2
12. Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine, 4th ed. Brukner Peter, Karim Khan Sydney: McGraw-Hill Australia; 2012
13. Neves EB, Reis VM. Fundamentos da Termografia para o Acompanhamento do Treinamento Desportivo. *Rev UNIANDRADE*. 2014; 15: 79–86. <https://doi.org/10.18024/1519-5694/revuniandrade.v15n2p79-86>
14. Ferreira JJA, Mendonça LCS, Nunes LAO, Andrade Filho ACC, Rebelatto JR, Salvini TF. Exercise-associated thermographic changes in young and elderly subjects. *Ann Biomed Eng*. 2008; 36: 1420–1427. <https://doi.org/10.1007/s10439-008-9512-1> PMID: 18470619
15. Sefton JM, Yazar C, Berry JW, Pascoe DD. Therapeutic Massage of the Neck and Shoulders Produces Changes in Peripheral Blood Flow When Assessed with Dynamic Infrared Thermography. *J Altern Complement Med*. 2010; 16(7):723–732. <https://doi.org/10.1089/acm.2009.0441> PMID: 20590481
16. Holey LA, Dixon J, Selfe J. An exploratory thermographic investigation of the effects of connective tissue massage on autonomic function. *J Manipulative Physiol Ther*. National University of Health Sciences; 2011; 34:457–462. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2011.05.012> PMID: 21875520

17. Roy RA, Boucher JP, Comtois AS. Paraspinal Cutaneous Temperature Modification After Spinal Manipulation at L5. *J Manipulative Physiol Ther.* National University of Health Sciences; 2010; 33:308–314. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2010.03.001> PMID: 20534318
18. Wu CL, Yu KL, Chuang HY, Huang MH, Chen TW, Chen CH. The Application of Infrared Thermography in the Assessment of Patients With Coccygodynia Before and After Manual Therapy Combined With Diathermy. *J Manipulative Physiol Ther.* National University of Health Sciences; 2009; 32:287–293. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2009.03.002> PMID: 19447265
19. Escamilla-Galindo VL, Estal-Martínez A, Adamczyk JG, Brito CJ, Amaiz-Lastas J, Sillero-Quintana M. Skin temperature response to unilateral training measured with infrared thermography. *J Exerc Rehabil.* 2017; 13:526–534. <https://doi.org/10.12965/jer.1735046.523> PMID: 29114526
20. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng.* 2010; 38:158–163. <https://doi.org/10.1007/s10439-009-9809-8> PMID: 19798579
21. Hardaker NJ, Moss AD, Richards J, Jarvis S, McEwan I, Selfe J. The relationship between skin surface temperature measured via Non-contact thermal imaging and intra-muscular temperature of the Rectus Femoris muscle. *Thermol Int.* 2007; 17:45–50.
22. Cochrane DJ. Vibration exercise: The potential benefits. *Int J Sports Med.* 2011; 32: 75–99. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268010> PMID: 21165804
23. 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; 10(3):193–198. PMID: 20811143
24. Luo J, McNamara B, Moran K. The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Medicine.* 2005; 35(1):23–41. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00003> PMID: 15651911
25. Rittweger J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *European Journal of Applied Physiology.* 2010; 108(5):877–904. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1303-3> PMID: 20012646
26. Kerschman-Schindl K, Grampp S, Henk C, Resch H, Preisinger E, Fialka-Moser V, et al. Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol.* 2001; 21:377–382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2001.00335.x> PMID: 11380538
27. Lythgo N, Eser P, De Groot P, Galea M. Whole-body vibration dosage alters leg blood flow. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2009; 29:53–59. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2008.00834.x> PMID: 19125731
28. Games KE, Sefton JM. Whole-body vibration influences lower extremity circulatory and neurological function. *Scand J Med Sci Sport.* 2013; 23: 516–523. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01419.x> PMID: 22107331
29. Hazell TJ, Thomas GWR, DeGuire JR, Lemon PWR. Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 104:903–908. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0847-y> PMID: 18712407
30. Cochrane DJ, Stannard SR, Firth EC, Rittweger J. Comparing muscle temperature during static and dynamic squatting with and without whole-body vibration. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010; 30: 223–229. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.00931.x> PMID: 20491843
31. Cochrane DJ, Stannard SR, Sargeant AJ, Rittweger J. The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103:441–448. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0736-4> PMID: 18392845
32. Seixas A, Vardasca R, Gabriel J. The Effect of Different Vibration Frequencies in the Skin Temperature in Healthy Subjects. 2014 IEEE Int Symp Med Meas Appl. 2014;1–5. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2014.6860150>
33. Seixas A, Silva A, Gabriel J, Vardasca R. The effect of whole-body vibration in the skin temperature of lower extremities in healthy subjects. *Thermol Int.* 2012; 22:59–66.
34. Sonza A, Robinson CC, Achaval M, Zaro MA. Whole body vibration at different exposure frequencies: Infrared thermography and physiological effects. *Sci World J.* Hindawi Publishing Corporation. 2015; 2015:452657. <https://doi.org/10.1155/2015/452657> PMID: 25664338
35. World Health Organisation (WHO). BMI classification [Internet]. [cited 27 May 2018]. http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html
36. Schwartz RG, Elliott R, Goldberg GS, Govindan S, Conwell T, Hoekstra PP, et al. Guidelines for neuro-musculoskeletal thermography. *Thermology International.* 2006; 16(1):5–9.
37. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJEE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement on the measurement of

- human skin temperature. *J Therm Biol.* 2017; 69:155–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.006> PMID: 29037377
38. Pinheiro J, Bates D, DebRoy S, Sarkar D, R Core Team. Linear and Nonlinear Mixed Effects Models [R package nlme version 3.1–137]. Comprehensive R Archive Network (CRAN); <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html>
 39. Bartoň K. MuMIn: Multi-Model Inference [Internet]. 2018 [cited 30 Aug 2018]. <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html>
 40. Vardasca R, Ring F, Plassmann P, Jones C, Ring EFJ, Plassmann P, et al. Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. *Thermology International.* 2012; 22(2):53–60.
 41. Niu HH, Lui PW, Hu JS, Ting CK, Yin YC, Lo YL, et al. Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2001; 64: 459–68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11720145> PMID: 11720145
 42. Chudecka M, Lubkowska A, Leźnicka K, Krupecki K. The use of thermal imaging in the evaluation of the symmetry of muscle activity in various types of exercises (Symmetrical and Asymmetrical). *J Hum Kinet.* 2015; 49: 141–147. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0116> PMID: 26839614
 43. Selfe J, Whitaker J, Hardaker N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. *Thermology International.* 2008; 18(2):51–54.
 44. Kim Y-Y, Park S-E. Comparison of whole-body vibration exercise and plyometric exercise to improve isokinetic muscular strength, jumping performance and balance of female volleyball players. *J Phys Ther Sci.* 2016; 28:3140–3144. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.3140> PMID: 27942136
 45. Yu CH, Kang SR, Kwon TK. Fundamental study of lower limb muscle activity using an angled whole body vibration exercise instrument. *Biomed Mater Eng.* 2014; 24: 2437–2445. <https://doi.org/10.3233/BME-141057> PMID: 25226944
 46. Dionello CFCF, De Souza PLPL, Sá-Caputo D, Morel DSDS, Moreira-Marconi E, Paineiras-Domingos LLLL, et al. Do whole body vibration exercises affect lower limbs neuromuscular activity in populations with a medical condition? A systematic review. *Restorative Neurology and Neuroscience.* 2017; 35(6): 667–681. <https://doi.org/10.3233/RNN-170765> PMID: 29172012
 47. Button C, Anderson N, Bradford C, Cotter JD, Ainslie PN. The effect of multidirectional mechanical vibration on peripheral circulation of humans. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2007; 27(4):211–216. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2007.00739.x> PMID: 17564669
 48. Sonza A, Maurer C, Achaval M, Zaro MA, Nigg BM. Human cutaneous sensors on the sole of the foot: Altered sensitivity and recovery time after whole body vibration. *Neurosci Lett.* 2013; 533:581–5. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.11.036> PMID: 23201635
 49. Smith DT, Judge S, Malone A, Moynes RC, Conviser J, Skinner JS. Effects of biodensity training and power plate whole-body vibration on strength, balance, and functional independence in older adults. *J Aging Phys Act.* 2016; 24(1):139–48. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0057> PMID: 26215362
 50. Riittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol.* 2000; 20:134–142. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.2000.00238.x> PMID: 10735981
 51. Shibasaki M. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol.* 2006; 100:1692–1701. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.011124.2005> PMID: 16614366
 52. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol.* 2010; 109:1221–1228. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00298.2010> PMID: 20448028
 53. Mekjavic IB, Eiken O. Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans. *J Appl Physiol.* 2006; 100:2065–2072. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01118.2005> PMID: 16410380
 54. Pascoe DD, Mercer JD, Weerd L. Physiology of thermal signals. *Medical In.* Diakides NA, Bronzin JD, editors. *Medical Infrared imaging.* Boca Raton: CRC Press; 2008.

ANEXO D – Effects of Passive Whole- Body Vibration and Auriculotherapy on the Surface Electromyographic Pattern of the Vastus Lateralis Right Muscle in Individuals with Knee Osteoarthritis (Aceito para publicação)


[International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies](#)

IHIET 2019: [Human Interaction and Emerging Technologies](#) pp 665-671 | [Cite as](#)

Effects of Passive Whole-Body Vibration and Auriculotherapy on the Surface Electromyographic Pattern of the Vastus Lateralis Right Muscle in Individuals with Knee Osteoarthritis

Authors

[Authors and affiliations](#)

Eloá Moreira-Marconi, Adriana Lírio , Marcia Cristina Moura-Fernandes, Alexandre Meirelles, Tânia Lemos Santos, Luiz Felipe Ferreira de Souza, Maria Eduarda S. Melo-Oliveira, Renata Marchon, Ygor Teixeira Silva, Patrícia Lopes-Souza, Arlete Francisca-Santos, Aline Reis-Silva, Eliane de Oliveira Guedes-Aguiar, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Danúbia da Cunha Sá-Caputo, [show 3 more](#)