



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

**Centro Biomédico**

**Faculdade de Ciências Médicas**

**Bruno Bessa Monteiro de Oliveira**

**Efeitos do exercício de vibração de corpo inteiro na funcionalidade, na  
ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e na  
dispneia em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica**

Rio de Janeiro

2024

Bruno Bessa Monteiro de Oliveira

**Efeitos do exercício de vibração de corpo inteiro na funcionalidade, na ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e na dispneia em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica**

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

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Danúbia da Cunha de Sá Caputo

Coorientador: Prof. Dr. Mario Bernardo Filho

Rio de Janeiro

2024

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

O48 Oliveira, Bruno Bessa Monteiro.  
Efeitos do exercício de vibração de corpo inteiro na funcionalidade, na ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e na dispneia em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica / Bruno Bessa Monteiro Oliveira – 2024.  
89f.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Danúbia da Cunha Sá Caputo  
Coorientador: Prof. Mario Bernardo Filho

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

1. Doença pulmonar obstrutiva crônica - Teses. 2. Dispneia. 3. Eletromiografia - Teses.  
4. Exercício físico. I. Caputo, Danúbia da Cunha Sá. II. Bernardo Filho, Mario. III.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Médicas. IV. Título.

CDU 616.5-002.52

Bibliotecária: Ana Rachel Fonseca de Oliveira  
CRB7/6382

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

---

Assinatura

---

Data

Bruno Bessa Monteiro de Oliveira

**Efeitos do exercício de vibração de corpo inteiro na funcionalidade, na ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e na dispneia em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica**

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

Aprovada em 29 de maio de 2024

Coorientador: Prof. Dr. Mario Bernardo Filho

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Danúbia da Cunha de Sá Caputo (Orientadora)

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Thaís Porto Amadeu

Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Claudia Henrique da Costa

Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

---

Prof. Dr. Gláucio Diré Feliciano

Universidade Estácio de Sá

---

Prof. Dr. José Alexandre Bachur

Universidade de Franca

Rio de Janeiro

2024

## DEDICATÓRA

Dedico esta tese ao meu pai (Ivanildo - *In memoriam*), à minha mãe (Socorro), aos meus familiares, à minha namorada (Cíntia) e a todos os antigos e atuais membros do Laboratório de Vibração de Corpo Inteiro (LAVIMPI) que contribuíram para a realização deste meu sonho chamado doutorado.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da minha vida. Sem Ele, a vida não faz sentido.

Ao meu pai Ivanildo (in memoriam) e à minha mãe Socorro, pelo apoio, suporte e amor. Eles são a base da minha vida acadêmica. Sem o suporte dos dois, eu não estaria onde estou. À minha irmã Milena e ao meu cunhado Henrique. À minha namorada Cíntia, pelo amor, carinho, preocupação e incentivo.

Aos meus orientadores, professora Dra. Danúbia e professor Dr. Mario, agradeço imensamente por terem acreditado em mim, pelo apoio e pelo conhecimento repassado durante este longo caminho chamado doutorado. Além disso, agradeço por terem me apoiado, confortado e estendido a mão amiga nos momentos bem difíceis pelos quais passei. Meus sinceros agradecimentos.

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental (FISCLINEX), ao secretário Diego, à professora Dra. Thais, revisora da minha tese e membro da banca, à professora Dra. Claudia e aos professores Dr. Gláucio e Dr. Bachur. Tenho certeza de que todas as contribuições foram fundamentais para enriquecer esta tese.

Aos amigos do grupo "DPOC", pela ajuda na coleta dos dados, no atendimento aos voluntários e nas risadas e lágrimas do dia a dia. Em especial, agradeço a Eliane Guedes, com quem tive o prazer de dividir a responsabilidade de comandar o grupo.

A todos os alunos do LAVIMPI, pela força, carinho e apoio. Afinal, somos uma grande família. No entanto, gostaria de destacar algumas alunas que me ajudaram em um momento muito difícil da minha vida: Aline, Márcia e Ana Carolina, vocês são muito especiais. Tenham certeza de que jamais esquecerei.

Em tudo dai graças ao Senhor, em toda e qualquer situação, porque esta é a vontade de Deus,  
no Cristo Jesus, a vosso respeito.

*Tessalonicenses 5:18*

## RESUMO

OLIVEIRA, Bruno Bessa Monteiro. *Efeitos do exercício de vibração de corpo inteiro na funcionalidade, na ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e na dispneia em indivíduos com doença pulmonar obstrutiva crônica*. 2024. 89 f. Tese (Doutorado em Fisiopatologia Clínica e Experimental) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A reabilitação pulmonar (RP) é uma estratégia de manejo para os sintomas pulmonares e extrapulmonares da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Na RP, são abordadas estratégias farmacológicas e não farmacológicas. Entre as estratégias não farmacológicas, está o exercício físico. O *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* recomenda o exercício de vibração de corpo inteiro (EVCI) como uma intervenção benéfica para esta população. A hipótese deste estudo é que o EVCI pode ser utilizado como uma intervenção que aumenta a funcionalidade sem aumentar a atividade neuromuscular dos músculos acessórios da respiração, conseqüentemente sem aumentar a percepção de dispneia em indivíduos com DPOC. O objetivo deste estudo foi investigar os efeitos do treinamento de EVCI por 6 semanas na funcionalidade, na ativação neuromuscular da musculatura acessória da respiração e na dispneia em indivíduos com DPOC. Cinquenta e dois indivíduos com DPOC foram recrutados e alocados em 5 grupos: grupo controle (GC), grupo submetido ao EVCI na posição sentada em frente à plataforma vibratória (PV) uma vez por semana (GS1) e duas vezes por semana (GS2), e grupo submetido ao EVCI uma vez por semana na posição ortostática (GP1) e duas vezes por semana (GP2). O protocolo de intervenção consistiu em 6 semanas de sessões na PV alternada, com 5 séries, frequência de 25 Hz, 2,5 mm de deslocamento pico-a-pico, 1 minuto exposto à vibração mecânica e 1 minuto de repouso. A funcionalidade foi avaliada pelo *Short Physical Performance Battery* (SPPB), a atividade neuromuscular dos músculos acessórios da respiração pela eletromiografia de superfície (EMGs) e a dispneia pela escala modificada de *Borg*. Após 6 semanas de intervenção, não foi observada alteração significativa na funcionalidade dos indivíduos, mas houve uma tendência de melhora na velocidade da marcha no GP2 ( $p=0,097$ ). Não foi observada ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração nem alteração na percepção de dispneia. Conclui-se que o EVCI é um exercício físico que não ativa a musculatura acessória da respiração nem aumenta a percepção de dispneia nesta população, sendo possível que melhore a funcionalidade em indivíduos com DPOC. No entanto, são necessários mais estudos para corroborar esses achados.

Palavras-chave: funcionalidade; DPOC; exercício físico; eletromiografia; falta de ar.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Bruno Bessa Monteiro. *Effects of whole-body vibration exercise on functionality, on neuromuscular activation of accessory respiratory muscle and on dyspnea in chronic obstructive pulmonary disease individuals*. 2024. 89 f. Tese (Doutorado em Fisiopatologia Clínica e Experimental) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024

Pulmonary rehabilitation (PR) is a management strategy for both the pulmonary and extrapulmonary symptoms of chronic obstructive pulmonary disease (COPD). In PR, pharmacological and non-pharmacological strategies are utilized, with physical exercise being among the non-pharmacological approaches. The Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease recommends whole-body vibration exercise (WBVE) as a beneficial intervention for this population. The hypothesis of this study posits that WBVE can serve as an intervention to enhance functionality without increasing the neuromuscular activity of accessory respiratory muscles, thereby not exacerbating dyspnea perception in individuals with COPD. The objective was to investigate the effects of 6 weeks of WBVE training on functionality, neuromuscular activation of accessory respiratory muscles, and dyspnea in COPD individuals. Fifty-two COPD individuals were recruited and assigned to 5 groups: an untreated control group (CG), a group undergoing WBVE in a seated position in front of a side-alternating vibrating platform (SAVP) alternating once a week (SitG1) and twice per week (SitG2), and a group undergoing WBVE once a week in a standing position (StandG1) and twice a week (StandG2). The intervention protocol consisted of 6 weeks of WBVE (5 sets, frequency of 25 Hz, 2.5 mm peak-to-peak displacement, 1 minute exposure to mechanical vibration, and 1 minute rest). Functionality was assessed using the Short Physical Performance Battery (SPPB), neuromuscular activity of accessory respiratory muscles was measured through surface electromyography (EMGs), and dyspnea was evaluated using the modified Borg scale. After 6 weeks of intervention, no significant changes in functionality were observed among the groups, although there was a trend towards improved gait speed in StandG2 ( $p=0.097$ ). There was no discernible neuromuscular activation of accessory respiratory muscles nor changes in dyspnea perception. In conclusion, WBVE appears to be a physical exercise that does not activate accessory respiratory muscles or worsen dyspnea perception in COPD individuals. Furthermore, it is possible that WBVE may improve functionality in individuals with COPD. However, further studies are required to validate these findings.

Keywords: functionality; COPD; physical exercise; electromyography; shortness of breath.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Representação da vibração mecânica por meio de onda sinusoidal e parâmetros biomecânicos.....	26
Figura 2 -	Plataformas vibratórias com resultante vertical e alternada.....	27
Figura 3 -	Desenho do estudo.....	31
Figura 4 -	Posicionamento na plataforma vibratória.....	32
Figura 5 -	Posicionamento dos eletrodos.....	34
Quadro 1	<i>Strings</i> utilizadas nas buscas em cada base de dados.....	37
Quadro 2	Definição dos níveis de evidências com base no <i>National Health and Medical Research Council Hierarchy of Evidence</i> .....	39
Figura 6 -	Fluxograma do estudo demonstrando o recrutamento e a análise final dos indivíduos.....	41
Figura 7 -	Fluxograma do Prisma.....	45
Figura 8 -	Risco de viés avaliado pela ferramenta de risco de viés Cochrane.....	48
Figura 9 -	Gráfico em floresta para teste de caminhada de 6 minutos e exercício de vibração de corpo inteiro.....	49
Figura 10 -	Gráfico em floresta para o teste sentar e levantar 5 vezes e exercício de vibração de corpo inteiro.....	50
Figura 11 -	Gráfico em floresta para o teste de <i>Romberg</i> e exercício de vibração de corpo inteiro.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Classificação espirométrica da gravidade da doença pulmonar obstrutiva crônica.....	20
Tabela 2 -	Caracterização da amostra.....	42
Tabela 3 -	Efeitos de 6 semanas de intervenção na funcionalidade e na dispneia...	42
Tabela 4 -	Efeitos de 6 semanas de intervenção no sentar e levantar 5 vezes.....	44
Tabela 5 -	Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos com escala PEDro.....	47
Tabela 6 -	Descrição das características dos estudos selecionados.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Apico	Aceleração de pico
AVC	Acidente vascular cerebral
BD	Broncodilatador
CID-10	Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde
CVF	Capacidade vital forçada
DM	Diferença de médias
DP	Desvio padrão
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
ECOM	Esternocleidomastóideo
ECR	Ensaio clínico randomizado
EMGs	Eletromiografia de superfície
EVCi	Exercício de vibração de corpo inteiro
FAT	Flexão anterior de tronco
FC	Frequência cardíaca
GBD	<i>Global Burden of Disease</i>
GOLD	<i>Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease</i>
GP	Grupo em pé
GS	Grupo sentado
GP1	Grupo em pé 1 vez na semana
GP2	Grupo em pé 2 vezes na semana
GS1	Grupo sentado 1 vez na semana
GS2	Grupo sentado 2 vezes na semana
HUPE	Hospital Universitário Pedro Ernesto
IC	Intervalo de confiança
IMC	Índice de massa corporal
NE	Nível de evidência

NHMRC	<i>National Health and Medical Research Council</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEDro	<i>Physiotherapy Evidence Database</i>
PPC	Policlínica Universitária Piquet Carneiro
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic review and metanálise'</i>
PROSPER	<i>International Prospective Registry of Systematic Reviews</i>
PV	Plataforma vibratória
ReBEC	Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos
RMS	<i>Root Mean Square</i>
RP	Reabilitação pulmonar
SLS 5	Teste de sentar e levantar cinco vezes
SpO <sub>2</sub>	Saturação periférica de oxigênio
SUS	Sistema Único de Saúde
SPPB	<i>Short Physical Performance Battery</i>
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
TC6m	Teste de caminhada de 6 minutos
TR	Treino resistido
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
VEF <sub>1</sub>	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VM	Vibração mecânica
3MGS	Teste de caminhada de 3 metros

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$D$	Deslocamento pico-a-pico
$A$	Amplitude
$F$	Frequência
IC	Intervalo de confiança
DM	Diferença de medias
$N$	Número de elementos
Mm	Milímetros
$>$	Maior
Hz	Hertz
$S$	Segundo
$G$	Gravidade
$\mu V$	Microvolts
$\alpha$	Alfa
$\leq$	Menor ou igual

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	18
2.1	<b>Geral</b> .....	29
2.2	<b>Específicos</b> .....	29
3	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	30
3.1	<b>Estudo 1</b> .....	30
3.1.1	<u>Desenho do estudo e considerações éticas</u> .....	30
3.1.2	<u>Participantes e recrutamento</u> .....	30
3.1.3	<u>Crítérios de elegibilidade</u> .....	31
3.1.4	<u>Protocolo de intervenção</u> .....	32
3.1.5	<u>Variáveis mensuradas</u> .....	33
3.1.5.1	Antropometria.....	33
3.1.5.2	Funcionalidade.....	33
3.1.5.3	Ativação neuromuscular da musculatura acessória da respiração.....	34
3.1.5.4	Dispneia.....	35
3.1.6	<u>Cálculo amostral e análise estatística</u> .....	35
3.2	<b>Estudo 2</b> .....	36
3.2.1	<u>Protocolo e Registro</u> .....	36
3.2.2	<u>Pergunta da revisão</u> .....	36
3.2.3	<u>Estratégia de pesquisa</u> .....	36
3.2.4	<u>Crítério de elegibilidade</u> .....	37
3.2.5	<u>Seleção de estudos e extração de dados</u> .....	37
3.2.6	<u>Risco de viés, qualidade metodológica e nível de evidência</u> .....	38
3.2.7	<u>Análise estatística</u> .....	39
3.3	<b>Estudo 3</b> .....	40
4	<b>RESULTADOS</b> .....	41
4.1	<b>Estudo 1</b> .....	41
4.2	<b>Estudo 2</b> .....	44
4.2.1	Busca dos resultados.....	44

4.2.2	<u>Estudos selecionados</u> .....	45
4.2.3	<u>Resultados principais</u> .....	46
4.2.4	<u>Avaliação metodológica</u> .....	46
4.2.5	<u>Resultados da metanálise</u> .....	49
4.2.5.1	Teste de caminhada de 6 minutos.....	49
4.2.5.2	Repetição de testes de sentar e levantar.....	49
4.2.5.3	Testes de equilíbrio.....	50
4.3	<b>Estudo 3</b> .....	55
5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	56
5.1	<u>EVCI e funcionalidade</u> .....	56
5.2	<u>EVCI e ativação neuromuscular dos músculos respiratórios acessórios</u> <u>dispneia</u> .....	58
5.3	<u>Limitações</u> .....	60
5.4	<u>Ponto forte</u> .....	60
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	62
	<b>ANEXO A</b> – Comitê de ética.....	75
	<b>ANEXO B</b> - Comprovação de submissão do 2 <sup>o</sup> estudo.....	78
	<b>ANEXO C</b> - Revisão sistemática publicada.....	79

## INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é uma doença pulmonar heterogênea caracterizada por sintomas respiratórios crônicos devido a anormalidades das vias aéreas e/ou alvéolos que causam obstrução persistente e irreversível, muitas vezes progressiva, do fluxo aéreo (GOLD, 2024). As manifestações clínicas da DPOC envolvem sintomas pulmonares e extrapulmonares. Os indivíduos com DPOC apresentam tosse produtiva ou não, secreção, chiado, aperto no peito e dispneia (GOLD, 2024). Os sintomas pulmonares são persistentes, progressivos e levam a redução da força muscular, que é frequente, dos músculos diafragma e acessórios da respiração.

Além dos sintomas pulmonares, a disfunção da musculatura respiratória e dos membros inferiores parece ser uma manifestação sistêmica extrapulmonar muito relevante na DPOC. Esses indivíduos são propensos à desnutrição devido à hipóxia crônica de longo prazo, distúrbios metabólicos e resposta inflamatória sistêmica (HORADAGODA et al., 2017). Além disso, podem apresentar sarcopenia, obesidade, obesidade sarcopênica (HAN et al., 2013; JONES et al., 2015; SEPÚLVEDA- LOYOLA et al., 2020), comprometimento da musculatura periférica, e déficit de controle postural em comparação com indivíduos saudáveis da mesma idade (MATTOS DE CASTRO et al., 2015). Há também alterações na estrutura muscular, incluindo tamanho das fibras, distribuição do tipo de fibra, densidade capilar e capacidade metabólica, assim como na função muscular, afetando força e resistência. Esses fatores contribuem para o comprometimento do equilíbrio e estão associados à mortalidade (NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE, 2013; MATHUR; BROOKS; CARVALHO, 2014; PORTO et al., 2017; LOUGHRAN et al., 2020).

A DPOC é responsável por mais de 50% da prevalência de doenças respiratórias crônicas entre adultos (SORIANO et al., 2020) e por 81,7% do número total de óbitos por doenças respiratórias crônicas (LEVINE; MARCINIUK, 2022). Atualmente, a DPOC é a terceira principal causa de óbito no mundo, afetando aproximadamente 10,1% da população global. Em 2017, foram registrados 3,2 milhões de óbitos relacionados à doença, e esse número continua a aumentar devido a diversos fatores, como poluição do ar e tabagismo, podendo atingir 4,4 milhões de óbitos anualmente até 2040 (CELLI; WEDZICHA, 2019). A taxa de letalidade do consumo de tabaco é de mais de 8 milhões de indivíduos a cada ano, sendo que 7 milhões dessas mortes são resultado do uso direto do tabaco, enquanto cerca de 1,2 milhão são atribuídas ao consumo passivo de indivíduos expostos ao fumo (OPAS/OMS, 2023).

Devido os sintomas extrapulmonares, os indivíduos com DPOC apresentam risco aumentado de quedas (ROIG et al., 2011). Estudos indicam que esses indivíduos têm histórico de quedas que pode variar de 33% a 50% (BEAUCHAMP et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2015a; PORTO et al., 2017). Em um estudo de coorte que avaliou mulheres idosas (n = 4.050), foi relatado que o diagnóstico de DPOC estava associado a um número maior de quedas, ficando atrás apenas do diagnóstico de osteoartrite como fator determinante para quedas (LAWLOR, 2003). Além disso, uma metanálise recente destacou que o risco de quedas em indivíduos com DPOC é quatro vezes maior em comparação com indivíduos saudáveis (LOUGHRAN et al., 2020).

A reabilitação pulmonar (RP) é composta por intervenções que incluem tanto abordagens farmacológicas quanto não farmacológicas. Na parte não farmacológica da intervenção, o indivíduo é orientado e estimulado a realizar mudanças nos hábitos de vida, como parar de fumar, recebe apoio psicológico, e é recomendada a prática de exercícios físicos. Estes exercícios são componentes essenciais deste programa de reabilitação (HOLLAND et al., 2021). A RP é reconhecida como o tratamento mais eficaz para o manejo dos sintomas e incapacidades associados à DPOC (VOGIATZIS et al., 2016). Seu objetivo principal é reduzir os sintomas respiratórios, otimizar o status funcional, melhorar a integração social e reduzir os custos de saúde, além de diminuir ou estabilizar as manifestações de doenças sistêmicas. A RP também promove a prática regular de exercícios físicos como parte fundamental do tratamento. (CORHAY et al., 2013; NOLAN; ROCHESTER, 2019; GOLD, 2024), o que ajuda a reduzir as hospitalizações e a mortalidade (BALKISSOON et al., 2011; CHEN et al., 2021).

Em 2020, A Organização Mundial da Saúde (OMS) (BULL et al., 2020) e a *Physical Activity Guidelines for Americans* (PIERCY et al., 2018) destacaram que o treinamento aeróbico de intensidade moderada a vigorosa e o treinamento resistido (TR) são altamente recomendados para adultos com condições crônicas. Estudos reportaram que TR ou TR associado ao treinamento aeróbico de intensidade moderada a vigorosa melhorou os sintomas respiratórios, a força muscular e a função pulmonar sem quaisquer eventos (LIAO et al., 2015; LI et al., 2021). No entanto, o TR e o treinamento aeróbico são frequentemente evitados por indivíduos com DPOC devido ao medo da dispneia, o que representa um obstáculo significativo para que se tornem mais ativos fisicamente (XIANG et al., 2022).

A *Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) (GOLD, 2024), em suas diretrizes, recomenda o exercício físico como uma intervenção não farmacológica positiva para esses indivíduos com DPOC e na qual o exercício de vibração de corpo inteiro (EVCI) está inserido nesta recomendação dentro de um programa de RP.

O EVCI é uma intervenção na qual os indivíduos são expostos a vibração mecânica, (VM) gerada por uma plataforma vibratória (PV) ligada, que é transmitida para o corpo do indivíduo (ARMSTRONG et al., 2008; FURNESS et al., 2013; VAN HEUVELEN et al., 2021). A VM é um estímulo físico caracterizado por um movimento oscilatório, sinusoidal e determinista em torno de um ponto de equilíbrio (RITTWEGGER, 2010; VAN HEUVELEN et al., 2021). Essa VM é transmitida por todo o corpo quando o indivíduo está com os pés em contato com a base de uma PV, seja em uma postura estática ou dinâmica (BEMBEN et al., 2018; VAN HEUVELEN et al., 2021) ou enquanto está sentado em uma cadeira auxiliar posicionada à frente da PV ou em pé sob a PV (VAN HEUVELEN et al., 2021; DA CUNHA DE SÁ-CAPUTO et al., 2022).

Os protocolos de EVCI levam em consideração parâmetros biomecânicos como: deslocamento pico-a-pico (D), amplitude (A), frequência ( $f$ ) e adicionalmente são ajustados outros parâmetros como: a escolha da PV que pode ser alternada, triplanar ou vertical, o tempo de exposição a VM, número de séries, tempo de repouso entre as séries, e a duração do protocolo (por exemplo agudo ou crônico) (RAUCH et al., 2010; VAN HEUVELEN et al., 2021).

Poucos estudos têm avaliado os efeitos do EVCI em indivíduos com DPOC, GLOECKL *et al.*, 2021 reportaram que o EVCI melhora o equilíbrio e a potência muscular em comparação com o treinamento de equilíbrio convencional (GLOECKL et al., 2021), Lage *et al.*, 2019 (LAGE et al., 2019) reportaram, após uma única sessão de EVCI, que os indivíduos com DPOC perceberam um leve aumento do esforço que promoveu resposta cardiorrespiratória no indivíduos com DPOC independentemente da postura adotada. Em outras populações há estudos que demonstram redução significativamente da dor, na incapacidade, no equilíbrio e na propriocepção em indivíduos com dor lombar crônica inespecífica (ZAFAR et al., 2024), um aumento da funcionalidade em mulheres pós-menopausadas (GUEDES DE AGUIAR et al., 2023), na redução do fator de risco cardiovascular, aumento da flexibilidade, melhora na funcionalidade, psicossociais, neuromusculares, emocionais e contribuindo, conseqüentemente, para melhorias na saúde metabólica em indivíduos com síndrome metabólica (COELHO-OLIVEIRA et al., 2023).

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

### Definição

A DPOC é a doença respiratória crônica mais comum, sendo evitável e tratável (GOLD, 2024). Seus sintomas iniciam de maneira gradual, pioram com exercício físico, são persistentes e tendem a aumentar em frequência. Além disso, os indivíduos com DPOC podem experimentar episódios de agravamento conhecidos como exacerbações, que geralmente duram alguns dias.

O principal fator de risco para o desenvolvimento da DPOC é o tabagismo, conforme destacado pela segunda a OMS. O tabagismo é considerado uma doença crônica causada pela dependência da nicotina e é classificado pela Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10) com o código identificador alfanumérico – F17 (WELLS et al., 2011). O consumo prolongado de cigarros e/ou produtos à base de tabaco pode causar danos pulmonares irreversíveis e a OMS descreve que a epidemia de tabaco é principal causa de morte, doença e empobrecimento no mundo (OPAS/OMS, 2023). Além do tabagismo, outros fatores de risco para a DPOC incluem a inalação de gases provenientes de atividades domésticas, poluição do ar, exposição a partículas tóxicas e, mais raramente, a deficiência da enzima alfa 1-antitripsina (GOLD, 2024). Esses fatores contribuem significativamente para a incidência da doença.

### Prevalência e incidência

No Brasil, durante o ano de 2020, o tabagismo foi responsável por 161.853 óbitos, o que equivale a uma média de 443 óbitos por dia. Esse dado representa aproximadamente 13% do total de óbitos registrados anualmente. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), utilizando a metodologia *Global Burden of Disease* (GBD) para o Brasil, a DPOC é a quinta causa de morte entre todas as idades (BRASIL, 2018). Quanto ao grupo de causas das mortes anuais atribuíveis ao tabagismo: 37.686 correspondem à DPOC; 33.179 às doenças cardíacas; 25.683 a outros cânceres; 24.443 ao câncer de pulmão; 18.620 ao tabagismo passivo e outras

causas; 12.201 à pneumonia e 10.041 ao acidente vascular cerebral (AVC) (INCA, 2022). Em uma metanálise recente, Cruz; Pereira, 2020 (CRUZ; PEREIRA, 2020) reportaram que a prevalência de DPOC no Brasil foi de 17% (IC95%: 13-22; I2 = 94%). A região com maior prevalência foi a Centro-Oeste (25%), seguida pela região Sudeste (23%), enquanto a região Sul apresentou a menor prevalência entre os estudos (12%). Esses números indicam que o Brasil possui uma alta ocorrência de DPOC, superior às estimativas da população latino-americana e mundial. O Sistema Único de Saúde (SUS) reportou que a DPOC foi a quinta maior causa de internação nas últimas décadas entre indivíduos com mais de 40 anos, resultando em cerca de 200.000 hospitalizações anuais e um custo aproximado de 72 milhões de reais por ano (RABAHI, 2013).

## **Diagnóstico**

Para realizar o diagnóstico da doença, é importante considerar várias condições e sintomas característicos: indivíduos com mais de 40 anos, história de tabagismo atual ou passado, presença de sintomas respiratórios crônicos como dispneia, sibilância/chiado no peito, tosse crônica e produção de escarro, exposição a fatores de risco para a doença, como exposição ocupacional ou ambiental a agentes nocivos (por exemplo, poeira, produtos químicos, fumaça), e histórico de infecções do trato respiratório baixo, que podem contribuir para o desenvolvimento ou agravamento da DPOC. No exame físico, os indivíduos com DPOC podem apresentar: cianose, tórax em barril ou hiperinsuflação pulmonar e tiragem da musculatura intercostal em fase avançada da doença, indicando esforço respiratório aumentado. (GOLD, 2024).

Além da presença de sintomas respiratórios crônicos e a exposição a fatores de risco, o diagnóstico da DPOC é confirmado por meio da espirometria. Este exame tem como objetivo avaliar o distúrbio ventilatório de tipo obstrutivo não completamente reversível, utilizando uma prova de função pulmonar completa com broncodilatador (BD). A espirometria é capaz de detectar a DPOC mesmo em indivíduos que ainda não apresentam sintomas. O critério principal utilizado é a relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e a capacidade vital forçada (CVF) após a administração de um BD. Um resultado de  $VEF_1/CVF$  pós-BD menor que 0,7 é essencial para estabelecer o diagnóstico de DPOC. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISOLOGIA, 2004; NICE, 2019; GOLD, 2024). Na

classificação da gravidade da obstrução ao fluxo aéreo na DPOC, a espirometria desempenha um papel fundamental. A partir dos valores obtidos, a doença é categorizada em diferentes estágios de acordo com a redução percentual em relação aos valores previstos conforme demonstrado na tabela 1 (GOLD, 2024).

Tabela 1 - Classificação espirométrica da gravidade da doença pulmonar obstrutiva crônica

<b>GOLD I (Leve)</b>	$VEF_1 \geq 80\%$ preditivo
<b>GOLD II (Moderado)</b>	$50\% \leq VEF_1 < 80\%$ preditivo
<b>GOLD III (Severo)</b>	$30\% \leq VEF_1 < 50\%$ preditivo
<b>GOLD IV (Muito severo)</b>	$VEF_1 < 30\%$ preditivo

Legenda: *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* – GOLD; volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ).

## Fisiopatologia

A DPOC é uma doença inflamatória crônica que compromete as vias aéreas periféricas e centrais, o parênquima pulmonar, os alvéolos e a vasculatura pulmonar. Essas alterações estruturais e fisiológicas são causadas devido a lesões e reparos repetidos. As alterações inflamatórias e estruturais no pulmão aumentam com a gravidade da doença e persistem mesmo após o cessar do tabagismo (AGUSTÍ; HOGG, 2019). As principais mudanças estruturais incluem: estreitamento e remodelação das vias aéreas, aumento do número de células caliciformes, aumento das glândulas muco-secretoras das vias aéreas centrais, perda alveolar e alterações no leito vascular que causam hipertensão pulmonar. A reação inflamatória responsável pelas alterações nas vias aéreas, nos alvéolos e nos vasos sanguíneos pulmonares é desencadeada em resposta aos estímulos inalatórios. Os leucócitos são ativados e desempenham papel central nesse processo. O estresse oxidativo e o excesso de proteases amplificam os efeitos da inflamação crônica. O remodelamento das vias aéreas provoca espessamento do epitélio, da lâmina própria, do músculo liso e da adventícia das vias aéreas com diâmetro inferior a 2 milímetros, resultando na perda progressiva dos bronquíolos terminais e transicionais (AGUSTÍ; HOGG, 2019).

O enfisema pulmonar é causado pela deterioração da elastina e a perda de integridade alveolar (KEATINGS et al., 1996; AGUSTÍ; HOGG, 2019). O excesso de secreção é causado pela disfunção ciliar e pelo aumento do tamanho e número das células caliciformes. A diminuição do recuo elástico e as alterações fibróticas no parênquima pulmonar, além da obstrução do lúmen das vias aéreas pelas secreções, contribuem para aumentar a resistência das vias aéreas, sendo esta a principal alteração física na DPOC. A limitação do fluxo respiratório

estimula a hiperinsuflação, que associada à destruição do parênquima pulmonar, predispõe os indivíduos com DPOC à hipóxia, principalmente durante atividades.

A hipóxia progressiva causa o espessamento do músculo liso vascular com subsequente hipertensão pulmonar, que é um desenvolvimento tardio que resulta em um prognóstico desfavorável (O'DONNELL; REVILL; WEBB, 2001; DOMEJ; OETLL; RENNER, 2014; AGUSTÍ; HOGG, 2019). A transferência reduzida de gás também pode causar hipercapnia à medida que a doença evolui. Mediadores inflamatórios sistêmicos podem contribuir para o enfraquecimento dos músculos esqueléticos e iniciar ou agravar comorbidades cardíacas, metabólicas e esqueléticas.

## **Funcionalidade**

A fisiopatologia primária da DPOC está relacionada a lesão ao sistema respiratório (AGUSTÍ; HOGG, 2019). No entanto, manifestações sistêmicas extrapulmonares como fraqueza muscular, distúrbios de equilíbrio, aumento do risco de quedas, inflamação, estresse oxidativo, comorbidades cardíacas e psicológicas, comprometimento do controle do equilíbrio, alterações nutricionais, funcionalidade reduzida e disfunção muscular dos membros são comuns na DPOC, (BEAUCHAMP et al., 2009; ROIG et al., 2009; PATEL; HURST, 2011; CAVAILLES et al., 2013; CIELEN; MAES; GAYAN-RAMIREZ, 2014; BARREIRO; GEA, 2015; GEA et al., 2015; ADELOYE et al., 2022) Essas manifestações contribuem para a diminuição da capacidade funcional e da qualidade de vida desses indivíduos (LEE et al., 2017).

O descondicionamento físico, causado pela dispneia durante esforços, leva ao sedentarismo. Indivíduos com DPOC apresentam equilíbrio reduzido em comparação com pessoas saudáveis, devido à maior perda de massa muscular nos músculos respiratórios e periférico (AGUSTÍ et al., 2001). Além do medo de quedas, que pode resultar em limitações nas atividades diárias, no autocuidado, no isolamento social, na introversão e na depressão, esses fatores podem severamente deteriorar a qualidade de vida e afetar diversos aspectos do prognóstico da doença (HELLSTRÖM et al., 2009; HAKAMY et al., 2018).

Estudos (OLIVEIRA et al., 2015b, 2017; ARAÚJO DE CASTRO et al., 2020) têm demonstrado que indivíduos com DPOC apresentam maior incidência anual de quedas em comparação com aqueles sem a doença. Isso reforça a necessidade de desenvolver protocolos específicos para reduzir a incidência de quedas nessa população.

Os testes de desempenho físico mais comumente usados na DPOC são os testes de caminhada em campo (HOLLAND et al., 2014). No entanto, esses testes requerem tempo, espaço e equipamento substanciais, o que pode limitar sua utilização em muitos ambientes. Uma alternativa é o *Short Physical Performance Battery* (SPPB), um teste projetado para avaliar o desempenho funcional dos membros inferiores (ROCCO; FERNANDES, 2020). O SPPB pode ser realizado em espaços pequenos e não requer estruturas específicas, sendo considerado um teste confiável, simples e validado no Brasil (ROCCO; FERNANDES, 2020).

O SPPB é composto por três subtestes: teste do equilíbrio estático, teste de caminhada de três metros (3MGS) e o teste de sentar e levantar cinco vezes (SLS5) (MADDOCKS et al., 2016; LARSSON et al., 2018). Cada subteste é pontuado de 0 a 4, e essas pontuações são somadas para obter a pontuação total do SPPB, que varia de 0 a 12 pontos. Essa pontuação permite classificar os indivíduos em desempenho baixo, moderado ou alto em mobilidade e equilíbrio (PATEL et al., 2014; BERNABEU-MORA et al., 2017; STOFFELS et al., 2020). O SPPB demonstrou ter uma boa confiabilidade entre observadores (MEDINA-MIRAPEIX et al., 2016) e é útil na predição de incapacidade e na triagem de sarcopenia na DPOC. (KATZ et al., 2010; EISNER et al., 2011; LAGE et al., 2021).

As pontuações nos subtestes 3MGS e SLS5 individualmente também podem prever baixa capacidade de exercício físico (JONES et al., 2013; KON et al., 2013; KARPMAN et al., 2014; BERNABEU MORA et al., 2015) e mortalidade (OZALEVLI et al., 2007; FERMONT et al., 2021) em indivíduos com DPOC. O teste SLS5 pode substituir o TC6m na identificação de indivíduos com DPOC com alto risco de internação hospitalar (MEDINA-MIRAPEIX et al., 2021). Alterações ao longo do tempo nesses testes também podem demonstrar a capacidade preditiva de cada indivíduo (VESTBO et al., 2008). Em particular, a redução da velocidade da marcha ao longo do tempo em casos de DPOC grave pode prever a mortalidade a curto prazo.

### **Ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração**

O impacto do envelhecimento saudável na linha de base do impulso neural inspiratório também é uma consideração importante, especialmente ao avaliar indivíduos com doenças respiratórias crônicas. Isso é particularmente relevante considerando a forte relação entre impulso neural inspiratório e dispneia (SINDERBY; SPAHIJA; BECK, 2001; O'DONNELL et al., 2019). A dispneia é a sensação desconfortável que ocorre quando o aumento do impulso

neural inspiratório não resulta ou não pode resultar em uma resposta mecânica ou ventilatória adequada (O'DONNELL et al., 2020). Embora não esteja presente durante a respiração corrente em repouso em condições saudáveis, o estresse do exercício físico ou os processos fisiopatológicos da doença geralmente provocam sensações de dispneia.

Muitas doenças respiratórias, com diversos mecanismos fisiopatológicos subjacentes, resultam em um impulso neural inspiratório elevado em repouso e em dispneia. Na DPOC, o impulso neural inspiratório em repouso aumenta até duas vezes o valor da eletromiografia diafragmática (EMGdi %max >20%) em comparação com indivíduos saudáveis da mesma faixa etária (JOLLEY et al., 2008).

A redução da pressão inspiratória máxima tem sido atribuída às desvantagens mecânicas resultantes do aumento do volume pulmonar e da fraqueza muscular generalizada (OTTENHEIJM; HEUNKS; DEKHUIJZEN, 2008). Portanto, os indivíduos com DPOC necessitam de maior pressão inspiratória para atingir determinado fluxo ou volume corrente, resultando em maior ativação neuromuscular dos músculos inspiratórios (JOLLEY et al., 2008).. Esse aumento do impulso neural para o diafragma está aumentado na DPOC grave e está intimamente relacionado à dispneia por esforço (JOLLEY et al., 2008). Os músculos acessórios da respiração são recrutados quando a demanda ventilatória aumenta (JUNG; KIM, 2016; RAMSOOK et al., 2016), sendo seu uso um sinal de padrão respiratório anormal ou difícil. Em comparação com indivíduos saudáveis, a demanda ventilatória é maior durante a respiração tranquila (em repouso) em indivíduos com DPOC (NEDER et al., 2017; LEE et al., 2021).

A eletromiografia de superfície (EMGs) é uma técnica não invasiva que mede os potenciais elétricos e o nível de recrutamento das fibras musculares em um músculo, sendo amplamente utilizada em pesquisa e prática clínica (DEVRIES, 1976; BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; LAVENEZIANA et al., 2019). Assim, a medição da eletromiografia diafragmática pode ser empregada para avaliar indiretamente o impulso nervoso da respiração, permitindo a análise do nível e do padrão de ativação muscular (DOMNIK; WALSTED; LANGER, 2020), aspectos essenciais no tratamento de doenças respiratórias. O sinal da EMG é captado por eletrodos, possibilitando a medição transcutânea da atividade elétrica dos músculos respiratórios. Essa abordagem facilita o monitoramento não invasivo não apenas do diafragma, mas também dos músculos intercostais, parasternais e escalenos (ROESTHUIS et al., 2020).

Com a EMG, foi demonstrado que os músculos inspiratórios do pescoço permanecem inativos em baixas taxas de fluxo inspiratório em uma ampla faixa de volumes pulmonares,

incluindo taxas de fluxo frequentemente utilizadas por indivíduos saudáveis durante a respiração tranquila (WASHINO; KANEHISA; YOSHITAKE, 2017). O músculo ECOM não é recrutado durante a respiração tranquila, ao contrário do músculo escaleno, que está sempre ativo. Em indivíduos saudáveis, o ECOM é ativado apenas durante respirações mais vigorosas, enquanto em indivíduos com DPOC, pode ser ocasionalmente recrutado durante a respiração tranquila (DE TROYER et al., 1994), sugerindo a presença de DPOC."

## **Dispneia**

A dispneia, sensação de falta de ar ou dificuldade respiratória, é uma sensação altamente desagradável e debilitante, altamente individualizada e o principal sintoma da DPOC. Sua intensidade geralmente aumenta conforme as necessidades ventilatórias se aproximam da capacidade ventilatória máxima (DEMPSEY et al., 2022). O estudo de Zhu 2019 (X ZHU, 2019) descreve que 98% dos indivíduos com DPOC apresentam sintomas de dispneia. A sensação de dispneia torna-se mais perceptível à medida que a obstrução das vias aéreas progride em indivíduos com DPOC moderada a grave, com 47% deles relatando medo das atividades diárias devido à dispneia (VARDAR-YAGLI et al., 2019).

A percepção da dispneia é influenciada por doenças das vias aéreas, pela sensibilidade interoceptiva individual e pela exposição prévia à dispneia (MILLER et al., 2024) Portanto, sua avaliação é subjetiva e apresenta dificuldades na aferição, especialmente considerando que a DPOC é uma doença heterogênea e há um viés de memória associado às crises de dispneia relatadas pelos indivíduos (PARSHALL et al., 2012).

Na DPOC, a redução da força muscular dos músculos respiratórios, incluindo o diafragma e os músculos intercostais, resulta no comprometimento da função muscular respiratória, redução da tolerância ao exercício e diminuição da qualidade de vida (O'DONNELL; LAVENEZIANA, 2007; NOLAN; ROCHESTER, 2019). Assim, a dispneia durante o esforço é o principal sintoma clínico que afeta a capacidade de exercício e a qualidade de vida em indivíduos estáveis com DPOC (O'DONNELL et al., 2020). A dispneia é um sintoma comum e frequentemente debilitante, afetando até 50% dos indivíduos com DPOC internados em hospitais de atendimento terciário agudo e um quarto dos indivíduos que procuram atendimento ambulatorial (PARSHALL et al., 2012).

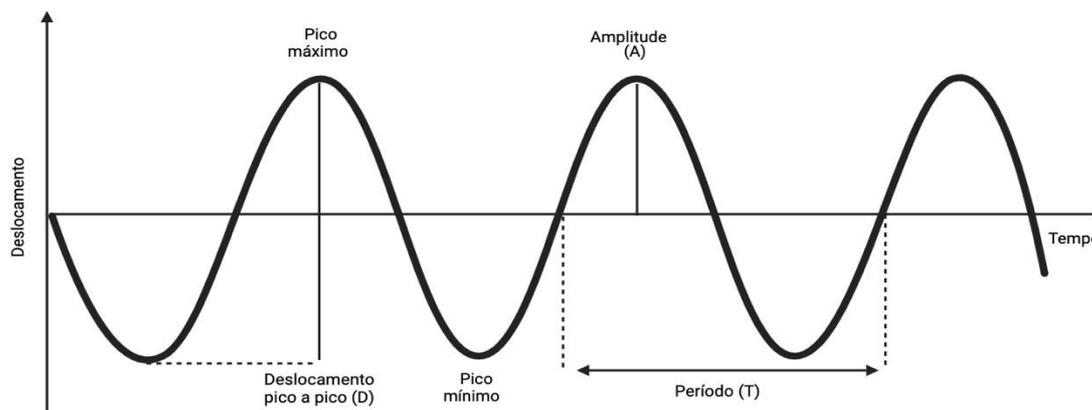
A mensuração da dispneia é um grande desafio e existem diversas escalas disponíveis, incluindo escalas visuais analógicas, escalas de categoria verbal e escalas híbridas. Em 1972, o sueco *Gunnar Borg* criou a Escala de Borg para mensurar a percepção subjetiva de esforço durante o exercício, utilizando valores que variam de 6 a 20 (BORG, 1974). Esta escala foi modificada em 1982 para a Escala Modificada de *Borg*, que difere da versão original ao adotar uma numeração de 0 a 10, onde cada número corresponde a uma descrição textual do grau de dispneia ("0" representa nenhum cansaço/dispneia e "10" representa cansaço máximo/dispneia máxima) (BORG, 1982). Dessa forma, a dispneia é medida de forma categorizada, seguindo uma escala vertical sequencial e gradual.

### **Exercício de vibração de corpo inteiro**

O EVCI é uma modalidade de exercício físico na qual os indivíduos são expostos a vibrações mecânicas (VM) geradas por uma plataforma vibratória (PV) (RITTWEGER, 2010; VAN HEUVELEN et al., 2021). No EVCI, a VM é transmitida ao corpo estimulando os fusos musculares a realizar contrações musculares, com respostas fisiológicas semelhantes às produzidas pelo exercício físico, tanto aeróbico quanto de treinamento de força muscular (ROBERTS, 2008; MARCINIUK et al., 2011). Além disso, tem sido sugerido que as vibrações mecânicas podem interagir com mecanorreceptores encontrados em todo o corpo, promovendo diversos efeitos biológicos (SÁ-CAPUTO et al., 2023).

Os protocolos de EVCI são definidos por parâmetros biomecânicos como:  $D$ , que é a medida perpendicular entre os pontos de deslocamento máximo e mínimo da VM no ciclo e é expresso em milímetros (mm);  $A$ , também expresso em mm, corresponde à metade do  $D$ ; e  $f$ , expressa em hertz (Hz), que representa o número de ciclos (período de duração de uma onda) por unidade de tempo, neste caso o segundo (s). A escolha da PV, o tempo de exposição ao exercício, número de séries, tempo de repouso entre as séries e o tipo de protocolo (por exemplo, agudo ou crônico) também são considerados (RAUCH et al., 2010; VAN HEUVELEN et al., 2021). A figura 1 mostra a onda sinusoidal correspondente à VM com os parâmetros utilizados para a elaboração de um protocolo de EVCI.

Figural - Representação da vibração mecânica por meio de onda sinusoidal e parâmetros biomecânicos

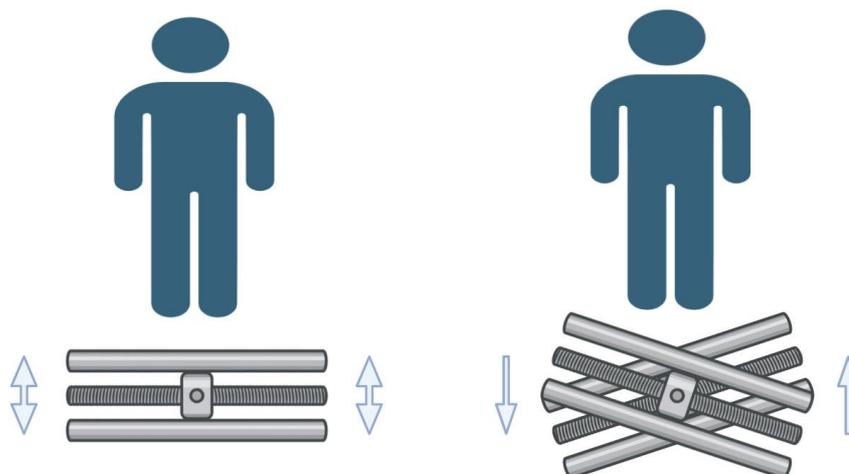


Legenda: A – Amplitude; D – deslocamento pico a pico, T – Período  
 Fonte: Próprio autor, 2024

O cálculo da aceleração de pico (apico) é fortemente recomendado para medir a magnitude do efeito da vibração mecânica (VM) transmitida ao indivíduo, padronizando e permitindo comparações entre estudos. A apico é expressa matematicamente pela equação:  $apico = 2 \times \pi^2 \times f^2 \times D$ . A apico é expressa em múltiplos da aceleração da gravidade (g) da Terra ( $1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ). Um exercício é considerado de baixa intensidade se a apico for menor que  $1 \text{ g}$ , e de alta intensidade se a apico for maior ou igual a  $1 \text{ g}$  (RAUCH et al., 2010; RITTWEGGER, 2010; BECK, 2015).

Segundo *Rauch et al.*, 2010 (RAUCH et al., 2010), A PV é classificada de acordo com a direção do movimento em sua base, podendo ser: sincrônica ou vertical, alternada e triplanar. Na PV sincrônica ou vertical, a base da plataforma move-se verticalmente, subindo e descendo de modo uniforme (RAUCH et al., 2010; ALOTAIBI; FEDERICO, 2017), Na PV alternada, a base da PV repousa sobre um fulcro central e movimenta-se como uma "gangorra", alternando a subida e a descida entre os lados (PRISBY et al., 2008; RAUCH et al., 2010; ALOTAIBI; FEDERICO, 2017) Na PV triplanar, o deslocamento da base ocorre em três planos (vertical, ântero-posterior e látero-lateral), resultando em um movimento predominante vertical (RAUCH et al., 2010; ALOTAIBI; FEDERICO, 2017). A figura 2 demonstra a PV com a resultante vertical e a PV alternada.

Figura 2 – Plataformas Vibratórias com resultante vertical e alternada



Fonte: O autor, 2024

Considerando os efeitos agudo do EVCI em indivíduos com DPOC, Guedes-Aguiar *et al.*, 2023 (GUEDES-AGUIAR *et al.*, 2023) relataram que o EVCI não altera a percepção de esforço para realizar a flexão anterior do tronco (FAT) e promove benefícios funcionais para indivíduos com DPOC após uma única sessão. No estudo de Lage *et al.*, 2019 (LAGE *et al.*, 2019), compararam o efeito agudo do EVCI em indivíduos saudáveis e naqueles com DPOC em diferentes frequências, e foi relatado que houve aumento do volume de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC) e saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) em indivíduos com DPOC, semelhante aos de indivíduos saudáveis, sem agravamento dos sintomas de dispneia após uma sessão de EVCI.

Os efeitos crônicos do EVCI são benéficos nesta população. No estudo de Gloeckl *et al.* 2017 (GLOECKL *et al.*, 2017), foi relatada melhora do desempenho do equilíbrio postural e da potência muscular após treinamento de EVCI de 3 semanas. A metanálise de Cardin *et al.*, 2016 (CARDIM *et al.*, 2016), concluiu que o EVCI pode beneficiar indivíduos com DPOC, melhorando sua capacidade funcional de exercício sem produzir efeitos adversos. Respostas benéficas também foram reportadas no estudo de Spielmanns *et al.*, 2017 (SPIELMANNNS *et al.*, 2017), que demonstrou que após 3 meses de treinamento com 2 sessões por semana, o programa de EVCI de baixa intensidade resultou em melhorias significativas e clinicamente relevantes na capacidade de exercício em comparação com exercícios calistênicos em indivíduos com DPOC leve a grave.

A melhora da densidade óssea foi reportada no estudo de CHEN; Y, 2022 (CHEN; Y, 2022), que avaliou densidade óssea, função e capacidade de exercício em idosos com DPOC estável com osteoporose. Concluiu-se que a adição de EVCI ao protocolo de reabilitação

pulmonar pode aumentar a densitometria óssea, função pulmonar e capacidade de exercício após 36 semanas de intervenção, realizada três vezes por semana.

Nesse contexto, o EVCI pode ser considerado uma modalidade de exercício físico para indivíduos com DPOC que necessitam de intervenções seguras e eficazes (GLOECKL et al., 2012; BRAZ et al., 2015b). A hipótese deste estudo é que o EVCI pode ser utilizado como uma intervenção que melhora a funcionalidade sem aumentar a atividade neuromuscular dos músculos acessórios da respiração, conseqüentemente sem aumentar a percepção de dispnéia em indivíduos com DPOC.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar as respostas do EVCI na funcionalidade, na ativação neuromuscular da musculatura acessória da respiração e na dispneia de indivíduos com DPOC.

### 2.2 Objetivos específicos

#### ■ Estudo 1

Analisar os efeitos crônicos do EVCI em indivíduos com DPOC nos seguintes parâmetros:

- a) Funcionalidade, por meio do SPPB;
- b) Atividade neuromuscular dos músculos intercostal externo e ECOM, por meio da EMGs;
- c) Dispneia, por meio da escala modificada de *Borg*.

#### ■ Estudo 2

Investigar, por revisão sistemática e metanálise, respostas biológicas do EVCI na funcionalidade e equilíbrio e EVCI em indivíduos com DPOC.

#### ■ Estudo 3

Elaborar uma revisão sistemática sobre EMGs e EVCI em idosos saudáveis.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Estudo 1

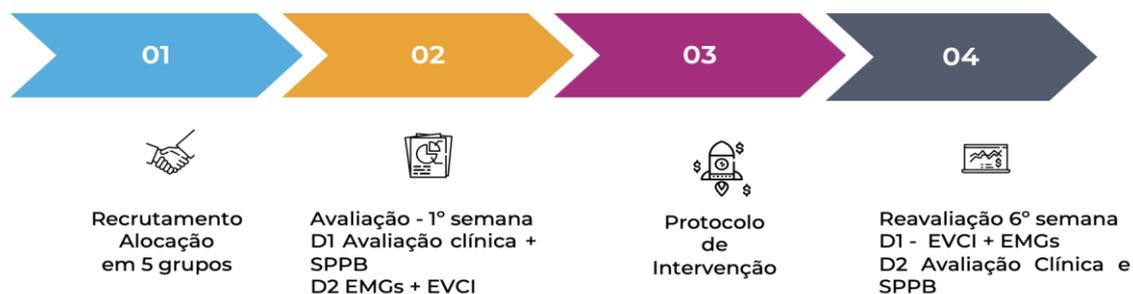
##### 3.1.1 Desenho do estudo e considerações éticas

O estudo foi um ensaio clínico não randomizado, longitudinal e simples-cego que avaliou o efeito do EVCI na funcionalidade, na ativação neuromuscular dos músculos respiratórios acessórios e na dispneia em indivíduos com DPOC. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Hospital Universitário Pedro Ernesto (HUPE) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e registrada na Plataforma Brasil sob o número CAAE: 49219115.3.0000.5259, acessível em [https://plataformabrasil.saude.gov.br/visao/pesquisador/gerirPesquisa/gerirPesquisaAgrupado\\_r.jsf](https://plataformabrasil.saude.gov.br/visao/pesquisador/gerirPesquisa/gerirPesquisaAgrupado_r.jsf), além de estar inscrita no Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos (ReBEC) sob o número RBR-72dqtm, com parecer substanciado do Comitê de Ética e Pesquisa sob o número 3.957.309. Os princípios da Declaração de Helsinque foram rigorosamente seguidos.

##### 3.1.2 Participantes e recrutamento

O recrutamento de cinquenta e dois indivíduos com DPOC foi realizado na Policlínica Universitária Piquet Carneiro (PPC) e teve início em outubro de 2021 e término em outubro de 2023. Os indivíduos foram avaliados por equipe multidisciplinar e os indivíduos que apresentaram diagnóstico positivo de DPOC, pela história clínica e exame espirométrico, foram elegíveis para o estudo. Após esta avaliação e diagnóstico confirmado, os indivíduos com DPOC foram encaminhados ao Laboratório de Vibração Mecânica e Práticas Integrativas (LAVIMPI) para realização da avaliação e intervenção com EVCI. A figura 3 demonstra o desenho do estudo.

Figura 3 – Desenho do estudo



Legenda: D = dia; EMGs = Eletromiografia de superfície; EVCI = Exercício de vibração de corpo inteiro; SPPB= *Short Physical Performance Battery*

Fonte: O autor, 2024.

Os indivíduos com DPOC foram atendidos no Serviço de Pneumologia do HUPE - UERJ e da PPC, onde receberam avaliação clínica e orientação laboratorial dos médicos, sob a coordenação da professora Dra. Cláudia Henrique da Costa.

### 3.1.3 Critérios de elegibilidade

Critérios de inclusão: (a) ambos os sexos; (b) idade superior a 40 anos e independência funcional; (c) em acompanhamento no Departamento de Pneumologia do PPC, com diagnóstico de DPOC; e (d) assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Critérios de exclusão: Indivíduos com exacerbação há menos de 3 meses; com labirintite; diagnosticados com osteoporose; outras doenças respiratórias; portadores de marca-passo; histórico de fraturas ou outras condições ortopédicas com implantação de material metálico; doença vascular periférica ou tromboembolismo; doença cardiovascular descompensada; aneurisma; hemorragia vítrea prévia; em estado de desnutrição; no pós-operatório agudo ou crônico; apresentando medo dos movimentos na Plataforma Vibratória (PV), conforme critério do investigador.

A avaliação dos indivíduos com DPOC foi realizada em dois dias. No primeiro dia, o pesquisador orientou os indivíduos sobre os termos e objetivos da pesquisa, e após concordância, cada indivíduo assinou o TCLE. Foram coletados dados pessoais durante a *anamnese*, incluindo idade, sexo, estatura, massa corporal, índice de massa corporal (IMC),

histórico de tabagismo, classificação do VEF<sub>1</sub> pelo GOLD, comorbidades, outras condições médicas, uso de medicamentos e histórico familiar. Após a *anamnese*, cada indivíduo com DPOC realizou o SPPB.

Os indivíduos com DPOC foram convenientemente alocados em 5 grupos: o 1º grupo foi designado como grupo controle (Con), sem tratamento; o 2º grupo foi submetido à EVCI uma vez por semana na posição sentada em frente ao PV (GS1); o 3º grupo foi submetido a EVCI duas vezes por semana na posição sentada em frente ao PV (GS2); o 4º grupo foi submetido a EVCI uma vez por semana na posição ortostática (GP1); e o 5º grupo foi submetido a EVCI duas vezes por semana na posição ortostática (GP2). As posições sentada e em pé são demonstradas nas figuras 4a e 4b, respectivamente

Figura 4 - Posicionamento na plataforma vibratória



Legenda: (a) Indivíduo com DPOC sentado em uma cadeira com as mãos mantidas em contato com os joelhos e os pés na base da PV. (b) Indivíduo DPOC em pé sob a PV.

Fonte: O autor, 2024.

### 3.1.4 Protocolo de intervenção

O programa de treinamento consistiu em 6 semanas com frequência semanal de 1 ou 2 vezes conforme alocação nos grupos. Os indivíduos foram avaliados antes da primeira e após a última sessão. Os indivíduos com DPOC realizaram a intervenção utilizando a PV alternada (*Novaplate® Fitness Evolution*, São Paulo, Brasil). O protocolo de EVCI consistiu em 5 séries com 1 minuto de descanso e 1 minuto de exposição à VM, totalizando 10 minutos de treinamento, (*f*) fixa de 25 Hz e D de 2,5 mm.

Os indivíduos alocados no grupo sentado (GS) estavam posicionados em uma cadeira com altura ajustada, mantendo as mãos em contato com os joelhos, com flexão de 120-130

graus medida por um goniômetro (Carci®, São Paulo, Brasil). Já os indivíduos alocados no grupo em pé (GP) permaneceram em pé sobre a PV alternada, com os joelhos flexionados entre 120 e 130 graus, e as mãos apoiadas na PV. Em ambos os posicionamentos, os indivíduos estavam descalços.

A intervenção e os protocolos foram supervisionados e monitorados por um fisioterapeuta experiente. Os indivíduos com DPOC foram orientados a relatar qualquer desconforto durante ou após a intervenção..

### 3.1.5 Variáveis mensuradas

#### 3.1.5.1 Antropometria

Os dados antropométricos (massa corporal, estatura) dos indivíduos foram avaliados utilizando uma balança com estadiômetro (Micheletti MIC 200PPA, São Paulo, Brasil). O IMC foi calculado dividindo-se a massa corporal em quilogramas pela estatura ao quadrado em metros, conforme descrito por Lohman, Roche e Martorell (LOHMAN; ROCHE; MARTORELL, 1988).

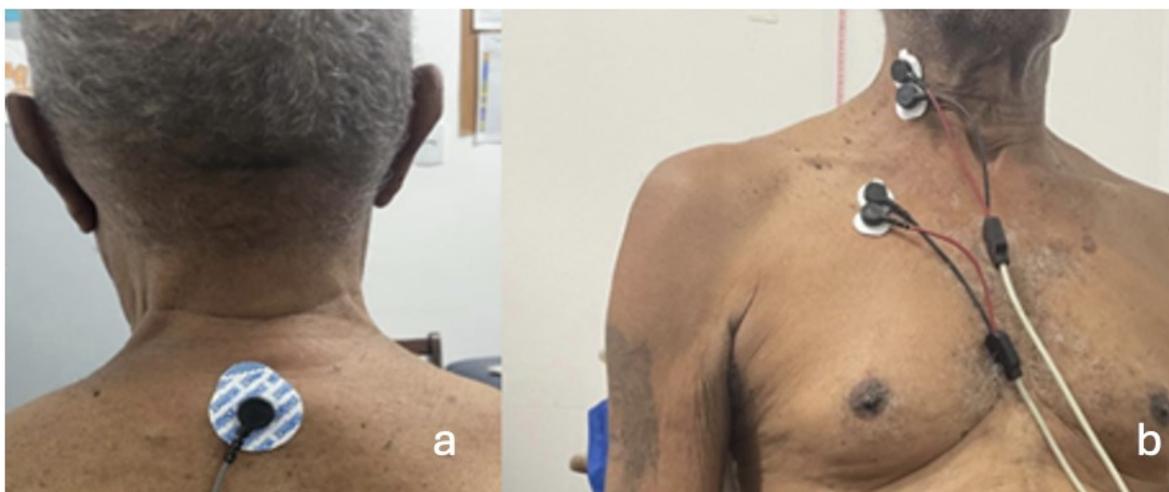
#### 3.1.5.2 Funcionalidade

O SPPB foi utilizado para avaliar a funcionalidade dos participantes. Este teste é composto por três domínios principais: (1) teste de equilíbrio, que avalia o equilíbrio em pé de forma hierárquica; (2) teste de velocidade de marcha de 3 metros (3 MGS); e (3) teste de levantar-se e sentar-se 5 vezes (SLS5) de uma cadeira (ROCCO; FERNANDES, 2020).

### 3.1.5.3 Ativação neuromuscular da musculatura acessória da respiração

A atividade neuromuscular foi avaliada utilizando EMGs (EMG832WF, *EMGSystem*®, São Paulo, Brasil) utilizando 2 canais do aparelho. com a utilização de 2 canais do aparelho. Os músculos acessórios da respiração analisados foram o ECOM e o músculo intercostal externo, com o eletrodo de referência posicionado no processo espinhoso de C7 (conforme mostrado na Figura 5a). Após a limpeza da pele com álcool 70%, os eletrodos foram colocados conforme descrito por Wu *et al.*, 2017 (WU et al., 2017), conforme ilustrado na Figura 5b. Os EMGs foram registrados utilizando eletrodos de pequeno disco Ag/AgCl (Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda – Porto Alegre /RS – Brasil).

Figura 5 - Posicionamento dos eletrodos



- (a) Posicionamento do eletrodo de referência no processo espinhoso de C7  
(b) Posicionamento dos eletrodos nos músculos ECOM e intercostal externo.  
Fonte: O autor, 2024.

O sinal EMG foi coletado em microvolts ( $\mu\text{V}$ ) utilizando o sistema EMG832WF da *EMGSystem*® (São Paulo, Brasil) e foi analisado através do *Root Mean Square* (RMS). Os indivíduos permaneceram sentados em uma cadeira em repouso por dez minutos e, em seguida, foram submetidos à avaliação por EMGs durante um minuto. Durante o teste, os indivíduos com DPOC foram instruídos a permanecer sentados e a respirar calmamente, sem alterar o ritmo respiratório. Se precisassem tossir, falar ou espirrar, o teste era interrompido e uma nova avaliação era realizada posteriormente. A amplitude RMS foi registrada tanto na primeira semana quanto após a sexta semana de intervenção. A taxa total de rejeição de modo comum

foi de 110 dB, e os dados foram filtrados utilizando filtros passa-baixo (10 - 500 Hz) e taxa de amostragem de 2.000 Hz.

#### 3.1.5.4 Dispneia

A escala modificada de *Borg* foi utilizada antes e após o protocolo de EVCI com o objetivo de quantificar o nível de dispneia dos indivíduos. Esta escala numérica varia de “0” a “10”, onde “0” representa a ausência de dispneia e “10” indica dispneia máxima. (BORG, 1982).

#### 3.1.6 Cálculo amostral e análise estatística

O tamanho da amostra foi calculado utilizando o *software G-Power®* (Franz Faul, *Universitat Kiel*, Alemanha), baseado no estudo de Dareh-deh et al., 2022 (DAREH-DEH et al., 2022), com um poder de 95% e um valor de  $\alpha$  bicaudal de 0,05, considerando a atividade eletromiográfica do músculo ECOM. O cálculo indicou a necessidade de uma amostra total de 70 indivíduos, sendo 14 em cada grupo. Contudo, prevendo uma perda de cerca de 20%, foram recrutados 85 indivíduos, distribuídos em 17 por grupo.

Os dados foram digitados e armazenados no *Microsoft® Excel*. A análise estatística foi realizada no programa *GraphPad Prism 6.0*. O teste de *Shapiro-Wilk* foi utilizado para verificar a normalidade dos dados e o teste de *Levene* para verificar a homogeneidade das variâncias. Para variáveis paramétricas, foi utilizada a ANOVA para comparar diferenças entre os grupos, seguida pelo teste t pareado para avaliar mudanças antes e depois da intervenção dentro dos grupos. Para variáveis não paramétricas, foi utilizado o teste de Wilcoxon pareado.

Os resultados foram apresentados como média e desvio padrão (DP) ou número e percentual da amostra total. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas quando  $p \leq 0,05$ . O coeficiente *d* de *Cohen* foi calculado para estimar o tamanho do efeito das mudanças nas pontuações do SPPB, sendo que um *d* de 0,2 indica um tamanho de efeito pequeno, 0,5 médio e 0,8 grande (COHEN, 1992). Para calcular o tamanho do efeito foi utilizada uma calculadora *online* (DUNLAP et al., 1996; LENHARD, 2016).

### 3.2 **Estudo 2**

### 3.2.1 Protocolo e Registro

A atual revisão sistemática e metanálise foi registrada no *International Prospective Registry of Systematic Reviews* (PROSPERO), sob o número CRD42022353962 (PACHECO et al., 2018) e conduzida de acordo com os *Protocolos Preferred Reporting Items for Systematic review and metanalise* (PRISMA) (PAGE et al., 2021).

### 3.2.2 Pergunta da revisão

A pergunta desta revisão sistemática e metanálise foi formulada conforme o acrônimo PICOS (COSTANTINO; MONTANO; CASAZZA, 2015): Participantes (P) = indivíduos com DPOC; Intervenção (I) = EVCI; Comparação (C) = grupo controle ou qualquer tipo de exercício; Resultado (O) = equilíbrio e funcionalidade; Desenho do estudo (E) = ensaio clínico randomizado (ECR). Assim, esta revisão sistemática com metanálise busca responder à seguinte pergunta: Quais são os benefícios do EVCI no equilíbrio e na funcionalidade em indivíduos com DPOC?

### 3.2.3 Estratégia de pesquisa

Foram realizadas buscas eletrônicas nas bases de dados *Medline/PubMed*, *Scopus*, *Web of Science* e EMBASE, além de uma busca manual nas referências dos artigos incluídos. As buscas foram conduzidas em 22 de novembro de 2023, utilizando as seguintes *strings* de busca. O quadro 1 apresenta as estratégias específicas utilizadas para cada banco de dados:

Quadro 1 – *Strings* utilizadas nas buscas em cada base de dados

<i>PubMed</i>	<i>((chronic obstructive pulmonary disease) OR (COPD) OR (COAD) OR (Chronic Obstructive Lung Disease)) AND ((balance) or (Posture Balance)) AND ((functionality) OR (function)) AND ((whole body vibration) OR (WBV) or (systemic vibratory therapy) OR (svt) OR (systemic vibratory therapy))</i>
---------------	--

<i>Scopus</i>	<i>( TITLE-ABS-KEY ( "chronic obstructive pulmonary disease" ) OR TITLE-ABS-KEY ( COPD ) OR TITLE-ABS-KEY ( COAD ) OR TITLE-ABS-KEY ( "chronic obstructive lung disease" ) AND TITLE-ABS-KEY ( balance ) OR TITLE-ABS-KEY ( "posture balance" ) AND TITLE-ABS-KEY ( functionality ) OR TITLE-ABS-KEY ( function ) AND TITLE-ABS-KEY ( "whole body vibration" ) OR TITLE-ABS-KEY ( WBV ) OR TITLE-ABS-KEY ( "systemic vibration therapy" ) OR TITLE-ABS-KEY ( STV ) OR TITLE-ABS-KEY ( "systemic vibratory therapy" ) )</i>
<i>Web of Science</i>	<i>((("chronic obstructive pulmonary disease" OR COPD OR coad OR "chronic obstructive lung disease") AND ((balance OR "posture balance" OR equilibrium) AND (functionality OR function))) AND ("whole body vibration" OR WBV OR "systemic vibration therapy"OR STV OR "systemic vibratory therapy"))</i>
<i>Embase</i>	<i>('chronic obstructive pulmonary disease'/exp OR 'chronic obstructive pulmonary disease' OR 'COPD'/exp OR COPD OR COAD OR 'chronic obstructive lung disease'/exp OR 'chronic obstructive lung disease') AND ('balance'/exp OR balance OR 'posture balance' OR 'equilibrium'/exp OR equilibrium) AND ('functionality'/exp OR functionality OR 'function'/exp OR function) AND ('whole body vibration'/exp OR 'whole body vibration' OR WBV OR 'systemic vibration therapy' OR STV OR 'systemic vibratory therapy')</i>

### 3.2.4 Critério de elegibilidade

Os critérios de inclusão foram os seguintes: (i) investigações sobre os efeitos do EVCI no equilíbrio e na funcionalidade de indivíduos com DPOC; (ii) estudos ECR; (iii) publicações independentes do ano; e (iv) publicações em inglês. Os critérios de exclusão das publicações foram: (i) respostas, editoriais, cartas, resumos de congressos, resenhas, livros, comunicações curtas; (ii) estudos que não utilizaram EVCI como intervenção; e (iii) estudos realizados com animais (pesquisa experimental).

### 3.2.5 Seleção de estudos e extração de dados

Dois revisores independentes (BBMO/ACCO) exportaram todas as publicações das bases de dados. Os estudos duplicados foram removidos utilizando o programa *EndNote*. Quaisquer discordâncias foram resolvidas por um terceiro revisor (DC). A revisão sistemática e metanálise foi conduzida em três etapas: (i) identificação dos registros através de busca nas bases de dados e triagem de referências (Identificação); (ii) revisão independente dos títulos e resumos pelos dois revisores (BBMO/ACCO), com exclusão de estudos irrelevantes com base nos critérios de elegibilidade (Triagem); e (iii) resolução de discordâncias por um terceiro revisor (DC). Os mesmos revisores foram responsáveis pela extração dos dados dos estudos incluídos. Foram coletados dados referentes às informações do estudo (autor e ano), dados

demográficos (tamanho da amostra, idade, sexo e IMC), protocolos de intervenção com EVCI, resultados, risco de viés, qualidade metodológica e nível de evidência (NE).

### 3.2.6 Risco de viés, qualidade metodológica e nível de evidência

A ferramenta de colaboração Cochrane (RoB2) foi utilizada para avaliar o risco de viés. Esta ferramenta classifica os artigos em baixo, incerto e alto risco de viés, representados pelas cores verde, amarelo e vermelho, respectivamente (HIGGINS et al., 2011).

A escala *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro) é uma ferramenta amplamente utilizada para avaliar a qualidade metodológica de estudos na área de fisioterapia e reabilitação (MAHER et al., 2003; DE MORTON, 2009). Composta por onze critérios, dos quais dez são considerados para a pontuação final, a qualidade metodológica é classificada como baixa se a pontuação for menor ou igual a 4, regular se variar de 5 a 6, e alta se for maior ou igual a 7 (MAHER et al., 2003; DE MORTON, 2009).

O *National Health and Medical Research Council* (NHMRC) foi utilizado para avaliar o Nível de Evidência (NE) de cada artigo selecionado, conforme definido no quadro 2 (MAHER et al., 2003; DE MORTON, 2009). A qualidade metodológica, NE e o risco de viés foram avaliados por dois revisores (BBMO/ABF), que revisaram os estudos de forma cega um em relação ao outro. Em caso de divergências, um terceiro revisor (DC) foi consultado para decisão final.

Quadro 2 - Definição dos níveis de evidências com base no *National Health and Medical Research Council Hierarchy of Evidence*

Nível de Evidência	Definição
I	Revisão sistemática de estudos de nível I.

<b>II</b>	Ensaio clínico randomizado.
<b>III 1</b>	Ensaio pseudo-randomizado controlado (alocação alternativa, como um estudo cruzado ou algum outro método semelhante).
<b>III 2</b>	Estudo comparativo com controles concorrentes (ensaio experimental não randomizado, estudo de coorte, estudo de caso-controle, série temporal interrompida com um grupo controle).
<b>III-3</b>	Estudo comparativo sem controle concorrente (controle histórico, dois ou mais estudos de braço único, séries temporais interrompidas sem um grupo de controle paralelo).
<b>IV</b>	Série de casos com resultados pós-teste ou pré-teste/pós-teste.

### 3.2.7 Análise estatística

O *software Review Manager* (RevMan5.2) foi utilizado para realizar a metanálise. Todos os dados contínuos obtidos dos artigos foram incluídos nesta análise. Os dados pré e pós-treinamento para cada grupo foram relatados como média, desvio padrão (DP) e tamanho da amostra (N). A análise foi conduzida utilizando um modelo de efeitos aleatórios devido à heterogeneidade entre os estudos. A diferença média (DM) e o intervalo de confiança de 95% (IC) foram utilizados para avaliar os resultados dos estudos.

A heterogeneidade entre os estudos foi avaliada pela estatística  $I^2$ , onde valores acima de 75% indicam alta heterogeneidade, valores em torno de 50% indicam heterogeneidade moderada, e valores  $\leq 25\%$  indicam baixa heterogeneidade. Além disso, um valor de  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

## 3.3 Estudo 3

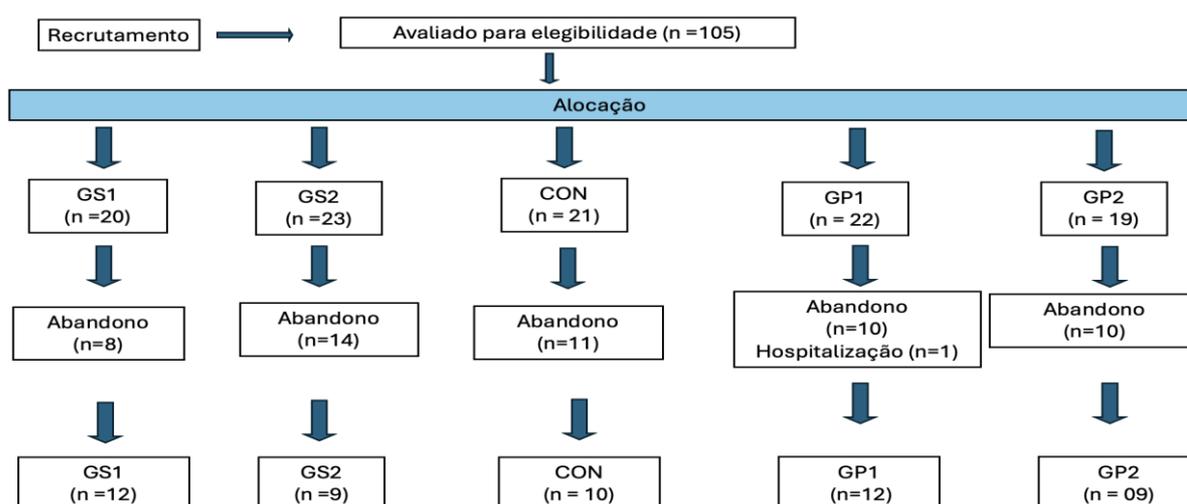
Artigo publicado em 26 de outubro de 2021 na revista *Disability and Rehabilitation* (fator de impacto 3,304, e QUALIS A1 – Medicina II), *Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review*, volume 44, página 7368-7377. Verificar ANEXO A.

#### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Estudo 1

No total, 105 indivíduos com DPOC foram recrutados para elegibilidade e foram alocados em 5 grupos: grupo CON (n=21), GS1 (n=20), GS2 (n=23), GP1 (n=22) e GP2 (n=19). Ao longo do tratamento, 53 indivíduos abandonaram o tratamento e 52 indivíduos foram analisados. O fluxograma é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma do estudo demonstrando o recrutamento e a análise final dos indivíduos



Cinquenta e dois indivíduos com DPOC nos estágios GOLD I-IV foram incluídos na análise final. As características antropométricas e os dados clínicos dos indivíduos com DPOC agrupados no início do estudo são apresentados na Tabela 2. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos.

Tabela 2 - Caracterização da amostra

CON	GS1	GS2	GP1	GP2	<i>p</i> -valor
(n=10)	(n=12)	(n=9)	(n=12)	(n=9)	

<b>Mulheres (%)</b>	7 (70)	7 (58,3)	6 (66,6)	6 (50)	5 (55,5)	--
<b>Homens (%)</b>	3 (30)	5 (41,7)	3 (33,4)	6 (50)	4 (44,5)	--
<b>Idade (anos)</b>	67,3 ( $\pm$ 1,70)	68 ( $\pm$ 1,6)	66,8 ( $\pm$ 1,50)	68,7 ( $\pm$ 1,10)	68 ( $\pm$ 1,10)	0,865
<b>Estatura (m)</b>	1,61 ( $\pm$ 0,03)	1,61 ( $\pm$ 0,02)	1,6 ( $\pm$ 0,03)	1,57 ( $\pm$ 0,02)	1,6 ( $\pm$ 0,03)	0,859
<b>Massa corporal (kg)</b>	74 ( $\pm$ 3,80)	72,8 ( $\pm$ 7,50)	64,1 ( $\pm$ 4,70)	65,6 ( $\pm$ 6)	57,9 ( $\pm$ 4,50)	0,301
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	28,8 ( $\pm$ 1,40)	27,4 ( $\pm$ 2,20)	25,35 ( $\pm$ 1,80)	26 ( $\pm$ 1,70)	22,5 ( $\pm$ 1)	0,166
<b>GOLD I (%)</b>	1 (9,20)	1 (8,30)	1 (11,10)	2 (16,70)	2 (22,30)	--
<b>GOLD II (%)</b>	6 (54,50)	7 (58,40)	6 (66,60)	6 (50)	4 (44,40)	--
<b>GOLD III (%)</b>	4 (36,30)	3 (25,00)	2 (22,30)	4 (33,30)	3 (33,30)	--
<b>GOLD IV (%)</b>	--	1 (8,3)	--	--	--	--
<b>FEV<sub>1</sub> (%)</b>	58,8 ( $\pm$ 4,5)	60,4 ( $\pm$ 5,4)	62 ( $\pm$ 5,2)	59,6 ( $\pm$ 5,6)	63 ( $\pm$ 6,2)	0,984

Legenda: IMC = Índice de massa corporal; FEV<sub>1</sub> = Volume expiratório forçado no primeiro segundo; Con = Controle; GS1 = Grupo sentado 1x na semana; GS2 = Grupo sentado 2x na semana; GP1 = Grupo em pé 1 x na semana; GP2 = Grupo em pé 2 x na semana; GOLD = *Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD*. Os dados são expressos em média ( $\pm$  desvio padrão), frequência (porcentagem).

A Tabela 3 apresenta os resultados de funcionalidade e dispneia antes e após a intervenção. Não foi observada melhora nos subdomínios funcionais nem na pontuação final, e após 6 semanas de intervenção, a sensação de dispneia permaneceu inalterada.

Tabela 3 - Efeitos de 6 semanas de intervenção na funcionalidade e na dispneia (continua)

	N	Pré-teste	Pós-teste	Alteração	p-valor	Effect size
<b>SPPB pontuação total</b>						
<b>COM</b>	11	8,4 ( $\pm$ 1,3)	8,1 ( $\pm$ 1,6)	-0,3 ( $\pm$ 0,26)	0,298	0,2
<b>GS1</b>	12	7,9 ( $\pm$ 1,4)	8 ( $\pm$ 1)	0,1 ( $\pm$ 0,30)	0,586	0,0
<b>GS2</b>	9	8,2 ( $\pm$ 1,3)	8,7 ( $\pm$ 2,1)	0,5 ( $\pm$ 0,34)	0,167	0,2
<b>GP1</b>	12	8 ( $\pm$ 1,6)	8,5 ( $\pm$ 1,2)	0,4 ( $\pm$ 0,36)	0,305	0,3
<b>GP2</b>	9	8,6 ( $\pm$ 0,7)	9,1 ( $\pm$ 0,6)	0,4 ( $\pm$ 0,34)	0,240	0,7
<b>SPPB subtestes</b>						
<b>Equilíbrio</b>						
<b>COM</b>	11	3,8 ( $\pm$ 0,4)	3,8 ( $\pm$ 0,4)	0 ( $\pm$ 0,4)	1,000	0,0
<b>GS1</b>	12	4 ( $\pm$ 0)	4 ( $\pm$ 0)	0	0,000	0,0
<b>GS2</b>	9	3,8 ( $\pm$ 0,3)	3,7 ( $\pm$ 0,7)	-0,1 ( $\pm$ 0,3)	1,000	0,1

Tabela 3 - Efeitos de 6 semanas de intervenção na funcionalidade e na dispneia (continua)

<b>GP1</b>	12	3,6 ( $\pm$ 0,8)	3,9 ( $\pm$ 0,3)	0,3 ( $\pm$ 0,9)	0,586	0,5
<b>GP2</b>	9	3,7 ( $\pm$ 0,4)	4 ( $\pm$ 0)	0,3 ( $\pm$ 0,4)	0,345	0,5

<b>Sentar e Levantar 5x (s)</b>						
<b>COM</b>	11	21 (± 8,0)	20,6 (± 6,7)	-0,4 (± 3,5)	0,910	0,0
<b>GS1</b>	12	27,1 (± 10,2)	25,3 (± 8,0)	-1,7 (± 6,8)	0,392	0,1
<b>GS2</b>	9	22,2 (± 7,3)	19 (± 6,6)	-3,2 (± 6,1)	0,460	0,4
<b>GP1</b>	12	21,3 (± 4,7)	21,8 (± 6,6)	0,4 (± 9,2)	0,850	0,0
<b>GP2</b>	9	17,2 (± 7,2)	19,5 (± 4,2)	2,3 (± 8,3)	0,425	0,5
<b>Velocidade de marcha (m/s<sup>2</sup>)</b>						
<b>CON</b>	11	0,87 (± 0,06)	0,83 (± 0,07)	-0,04 (± 0,1)	0,402	0,6
<b>GS1</b>	12	0,79 (± 0,07)	0,84 (± 0,06)	0,06 (± 0,2)	0,507	0,7
<b>GS2</b>	9	0,85 (± 0,05)	0,87 (± 0,07)	0,02 (± 0,3)	0,807	0,3
<b>GP1</b>	12	0,86 (± 0,05)	0,87 (± 0,05)	0,01 (± 0,2)	0,883	0,2
<b>GP2</b>	9	0,83 (± 0,07)	0,95 (± 0,06)	0,12 (± 0,2)	0,097	1,8
<b>Escala modificada de Borg</b>						
<b>CON</b>	11	0,85 (± 1,5)	0,75 (± 1,3)	-0,1 (± 1,1)	0,875	0,0
<b>GS1</b>	12	1,83 (± 2,3)	1,3 (± 1,8)	-0,4 (± 2,6)	0,561	0,2
<b>GS2</b>	9	1,72 (± 1,5)	0,88 (± 1,3)	-0,6 (± 1,2)	0,176	0,5
<b>GP1</b>	12	0,96 (± 1,5)	1,25 (± 2,1)	0,3 (± 1,0)	0,436	0,1
<b>GP2</b>	9	1,22 (± 2,4)	1,87 (± 2,2)	0,4 (± 2,2)	0,670	0,2

Legenda: CON = Controle; GS1 = Grupo sentado 1x na semana; GS2 = Grupo sentado 2x na semana; GP1 = Grupo em pé 1 x na semana; GP2 = Grupo em pé 2 x na semana; SPPB = *Short Physical Performance Balance*. Os dados são expressos em média, (± desvio padrão), frequência (porcentagem).

Houve tendência de melhora na velocidade de caminhada no grupo GP2, ou seja, os indivíduos deste grupo reduziram o tempo necessário para caminhar 3 metros, mas sem significância estatística ( $p=0,097$ ).

Em relação à frequência da tarefa de sentar-se e levantar-se de uma cadeira, ou seja, quanto tempo, em segundos, o indivíduo precisa para sentar e levantar apenas uma vez, não foi observada melhora significativa, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4- Efeitos de 6 semanas de intervenção no sentar e levantar 5 vezes

N	Pré-teste	Pós-teste	Alteração	p-valor	Effect size
<b>Sentar e levantar (frequência)</b>					

<b>COM</b>	11	4,2 ( $\pm$ 1,5)	4,1 ( $\pm$ 1,3)	-0,1 ( $\pm$ 0,7)	0,910	0,0
<b>GS1</b>	12	5,4 ( $\pm$ 2)	5 ( $\pm$ 1,6)	-0,3 ( $\pm$ 1,3)	0,518	0,2
<b>GS2</b>	9	4 ( $\pm$ 0,9)	3,8 ( $\pm$ 1,3)	-0,2 ( $\pm$ 1,2)	0,582	0,1
<b>GP1</b>	12	4,2 ( $\pm$ 0,9)	4,3 ( $\pm$ 1,3)	0,1 ( $\pm$ 1,8)	0,862	0,0
<b>GP2</b>	9	3,6 ( $\pm$ 1,1)	3,9 ( $\pm$ 0,8)	-0,3 ( $\pm$ 1,2)	0,496	0,3

Legenda: COM = Controle; GS1 = Grupo sentado 1x na semana; GS2 = Grupo sentado 2x na semana; GP1 = Grupo em pé 1 x na semana; GP2 = Grupo em pé 2 x na semana. Os dados são expressos em média ( $\pm$  desvio padrão) e frequência (porcentagem).

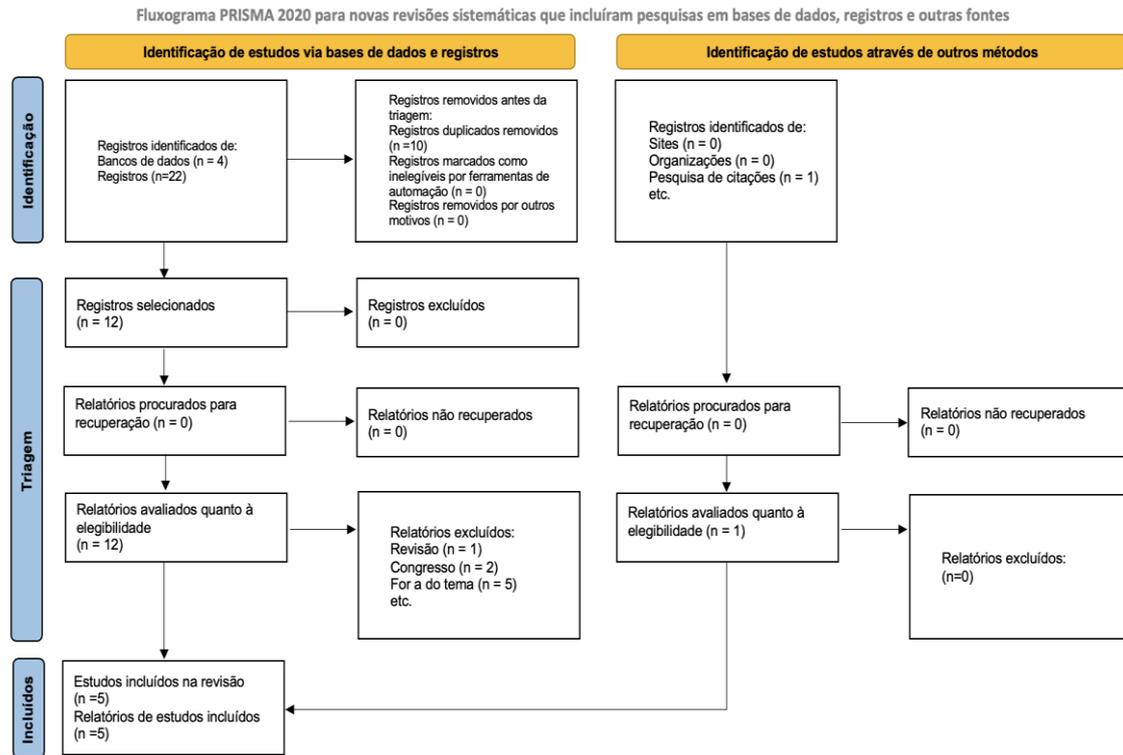
Em relação à ativação neuromuscular avaliada pela EMGs, foi observado ruído em todos os indivíduos com DPOC antes e após a última intervenção. Portanto, não foi possível realizar análise estatística do RMS.

## 4.2 Artigo 2

### 4.2.1 Busca dos resultados

Um total de 22 estudos foram inicialmente identificados através da pesquisa em bases de dados. Após a remoção de duplicatas, restaram 12 estudos. Após uma análise criteriosa, sete estudos foram excluídos: um era um artigo de revisão, cinco não estavam relacionados ao tema da revisão sistemática com metanálise, e dois eram resumos de conferências. Um estudo foi adicionado manualmente e, finalmente, cinco estudos foram incluídos na revisão sistemática com metanálise. O processo de seleção está detalhado na figura 7.

Figura 7 - Fluxograma do Prisma



#### 4.2.2 Estudos selecionados

Um total de 281 indivíduos com DPOC foram recrutados nos estudos selecionados. Destes, 133 eram homens e 100 eram mulheres. Gloeckl *et al.* 2021 (GLOECKL et al., 2021) avaliaram 48 indivíduos, mas não especificaram a distribuição por gênero. A média de idade dos participantes com DPOC foi de 63,25 anos. O estudo de Ezzat *et al.* 2021 (EZZAT et al., 2021) relatou uma idade média de  $51,87 \pm 4,64$  anos para o grupo controle e  $52,50 \pm 4,45$  anos para o grupo intervenção (EVCI) e Spielmanns *et al.* (SPIELMANNNS et al., 2017) encontraram uma média de idade mais alta, 69 anos para o grupo intervenção (EVCI) e 70 anos para o grupo controle. Os protocolos de intervenção com EVCI estão descritos na Tabela 3, incluindo configurações dos parâmetros ( $f$ ,  $A$  e  $D$ ), tipo PV, posicionamento e detalhes do protocolo de intervenção.

Considerando os parâmetros biomecânicos, a PV alternada foi o tipo de PV utilizada por quatro estudos (GLOECKL et al., 2012, 2017, 2021; SPIELMANNNS et al., 2017) enquanto um estudo (EZZAT et al., 2021) não especificou o tipo de PV utilizada. O  $D$  variou de 4 e 6 mm, um estudo utilizou 5 mm (GLOECKL et al., 2017), dois estudos utilizaram 6 mm

(GLOECKL et al., 2012; EZZAT et al., 2021) , um estudo variou e 4 a 6 mm (SPIELMANNNS et al., 2017), e um estudo variou de 4 a 5 mm (GLOECKL et al., 2021). A  $f$  variou de 5 a 35 Hz. Todos os estudos utilizaram uma faixa de frequência variável no EVCI. A faixa de  $f$  em dois estudos foi de 24-26 Hz (GLOECKL et al., 2012, 2017), em um estudo entre 6 -24 Hz (SPIELMANNNS et al., 2017), em um estudo foi de 5 a 26 Hz (GLOECKL et al., 2021) e em um estudo foi de 25 a 30 Hz (EZZAT et al., 2021).

Quanto ao posicionamento na PV, dois estudos utilizaram o agachamento estático (SPIELMANNNS et al., 2017; EZZAT et al., 2021), dois estudos utilizaram o agachamento dinâmico (GLOECKL et al., 2012, 2017) e um estudo utilizou tanto agachamento dinâmico quanto estático (GLOECKL et al., 2021). Além disso, todos os estudos avaliaram os efeitos crônicos do EVCI. O tempo de intervenção variou de 3 semanas a 12 semanas. Em dois estudos utilizaram protocolo de 5 semanas, 3 vezes por semana (GLOECKL et al., 2012, 2017), em um estudo utilizaram 3 semanas de intervenção, 6 vezes por semana (GLOECKL et al., 2021); em dois estudos de 12 semanas a intervenção foi 2 vezes por semana (SPIELMANNNS et al., 2017) e em um estudo aplicou 3 vezes por semana (EZZAT et al., 2021).

O equilíbrio e a funcionalidade foram avaliados pelos seguintes testes: (i) teste de caminhada de seis minutos (TC6m) (GLOECKL et al., 2012, 2017, 2021; SPIELMANNNS et al., 2017); (ii) Teste Sentar-Levantar (TSL) (GLOECKL et al., 2012, 2021; SPIELMANNNS et al., 2017); (iii) Teste de equilíbrio (Posição semi tandem/olhos/Fechados; Postura Romberg/olhos fechados; Postura unipodal/olhos abertos; Salto com contramovimento) (SPIELMANNNS et al., 2017; GLOECKL et al., 2021); (iv) equilíbrio postural dinâmico com *Biodex Balance System* (BBS) (EZZAT et al., 2021); (v) Teste de *Berg* (SPIELMANNNS et al., 2017); (vi) Plataforma de força de reação terrestre (GLOECKL et al., 2017); (vii) Apoio Unipodal (SPIELMANNNS et al., 2017) e (viii) teste de velocidade de marcha de 4m (4-MGST) (GLOECKL et al., 2021).

#### 4.2.3 Resultados principais

Em relação aos principais achados, após o EVCI houve uma melhora significativa no grupo EVCI no TC6m (GLOECKL et al., 2012, 2021), o tempo para 5STS diminuiu mais no grupo EVCI do que no grupo controle (GLOECKL et al., 2012), o grupo EVCI melhorou

significativamente o equilíbrio postural em vários domínios em comparação ao grupo controle (GLOECKL et al., 2017, 2021; SPIELMANNNS et al., 2017), o 4MGST aumentou significativamente apenas no Grupo EVCI (GLOECKL et al., 2021).

Do total, 4 estudos reportaram dados comparáveis de linha de base e pós-intervenção tanto para o grupo de intervenção quanto para o grupo de controle, e foram incluídos na metanálise. Destas, três publicações foram publicadas pelo mesmo grupo Gloeckl *et al.*, (GLOECKL et al., 2012, 2017, 2021) e um estudo foi publicado por Spielmanns *et al.*, 2017 (SPIELMANNNS et al., 2017).

#### 4.2.4 Avaliação metodológica

A pontuação média da qualidade metodológica dos 6 estudos selecionados, segundo a escala PEDro, foi de seis pontos, classificada como regular. Um estudo foi classificado com qualidade “ruim” (SPIELMANNNS et al., 2017), enquanto outro estudo foi classificado com qualidade metodológica “alta” (GLOECKL et al., 2017). O nível de evidência (NE) da revisão sistemática com metanálise foi considerado como II, indicando que todos os estudos foram avaliados nesta categoria pelo NHMRC (GLOECKL et al., 2012, 2017, 2021; SPIELMANNNS et al., 2017; EZZAT et al., 2021).

Tabela 5 - Avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos com escala PEDro

Referência	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Pontuação
Gloeckl <i>et al.</i> , 2012	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6/10
Gloeckl <i>et al.</i> , 2017	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	7/10
Spielmanns M <i>et al.</i> , 2021	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	5/10
Gloeckl <i>et al.</i> , 2021	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6/10
Ezzat <i>et al.</i> , 2021	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	6/10

(2) – os sujeitos foram alocados aleatoriamente em grupos (em um estudo cruzado, os sujeitos foram alocados aleatoriamente na ordem em que os tratamentos foram recebidos);

(3) – a alocação foi ocultada;

(4) – os grupos eram semelhantes no início do estudo em relação aos indicadores prognósticos mais importantes;

(5) – houve cegamento de todos os sujeitos;

(6) – houve cegamento de todos os terapeutas que administraram a terapia;

(7) – houve cegamento de todos os avaliadores que mediram pelo menos um resultado-chave;

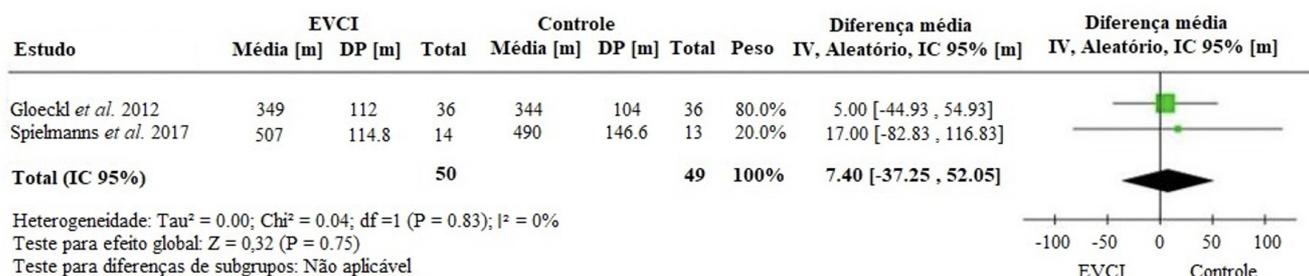


### 3.2.5 Resultados da metanálise

#### 3.2.5.1 Teste de caminhada de 6 minutos

Na metanálise para TC6m, foram incluídos 99 indivíduos com diagnóstico de DPOC. O TC6m foi realizado de acordo com o padrão técnico oficial da *European Respiratory Society/American Thoracic Society*: testes de caminhada de campo nas diretrizes para doenças respiratórias crônicas. A metanálise não demonstrou resultados significativos para o TC6m ( $n = 99$ ;  $SMD = 7,40$ ;  $IC\ 95\% [-37,25; 52,05]$ ;  $I^2 = 0\%$ ;  $p = 0,75$ ).

Figura 9 - Gráfico em floresta para teste de caminhada de 6 minutos e exercício de vibração de corpo inteiro

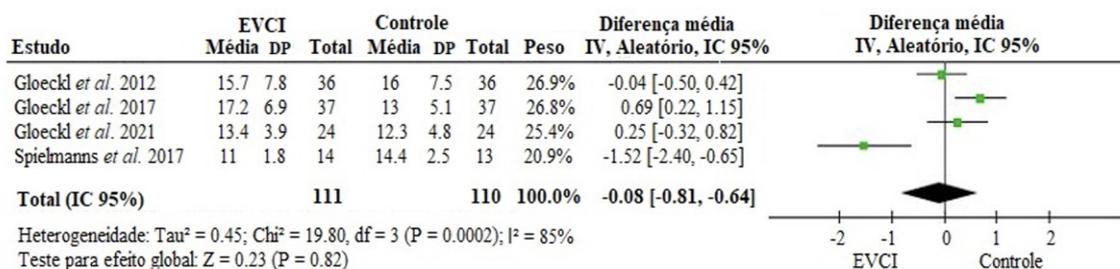


Legenda: EVCI = Exercício de vibração de corpo inteiro; DP = Desvio padrão; m= metros; IC = intervalo de confiança

#### 4.2.5.2 Repetição de testes de sentar-se e levantar

A metanálise do STS5 incorporou 221 participantes; 101 homens, 72 mulheres (GLOECKL *et al.* 2012; Gloeckl *et al.* 2017; SPIELMANNNS; *et al.*, 2017; Gloeckl *et al.* 2021) e para 48 participantes o sexo não foi especificado (GLOECKL *et al.*, 2021). Os indivíduos realizaram um 5STS antes e depois do EVCI e do grupo controle e foi registrado o tempo em segundos para completar o teste. A metanálise não demonstrou resultados significativos para o 5STS ( $n=221$ ;  $SMD=0,32$ ;  $IC95\% [-3,23, 3,88]$ ;  $I^2=88\%$ ;  $p= 0,82$ ).

Figura 10 - Gráfico em floresta para o teste sentar e levantar 5 vezes e exercício de vibração de corpo inteiro



Abreviações: EVCI = Exercício de vibração de corpo inteiro; DP = Desvio padrão; IC = intervalo de confiança

#### 4.2.5.3 Testes de equilíbrio

Um total de 122 indivíduos foram submetidos ao teste de *Romberg* antes e depois da intervenção nos grupos exercício e controle. Dos indivíduos incluídos, 50 eram homens, 24 eram mulheres e 48 não eram especificados. Os indivíduos foram submetidos à avaliação do equilíbrio no topo de uma plataforma de força e foram orientados a permanecer imóveis em três posições diferentes, mantendo os braços próximos ao corpo, por pelo menos 10 segundos.

##### A) Postura de *Romberg* (olhos fechados): pés lado a lado

Para o teste de apoio de *Romberg* (olhos fechados), com os pés lado a lado, foram observadas melhorias significativas (n = 61; DP= -78,17; IC95% [-137,22, -19,13]; I<sup>2</sup>=0%; p= 0,009) para a intervenção do grupo de EVCI (Figura 11).

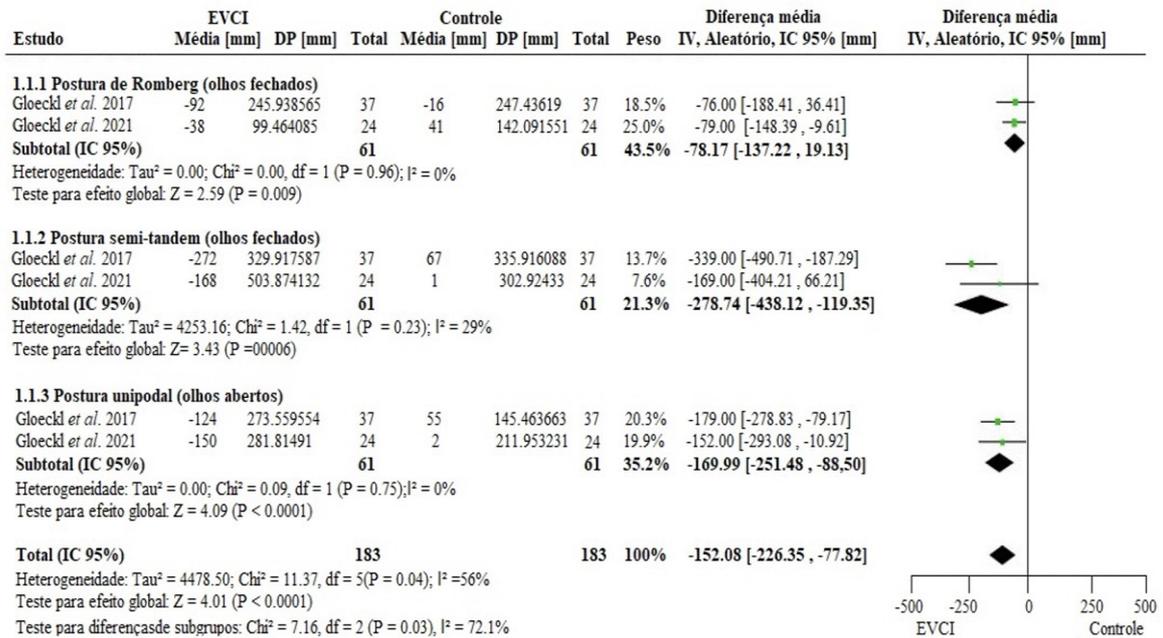
##### B) Postura semi-tandem (olhos fechados): pé atrás e próximo ao outro

Da mesma forma, para a postura *semi-tandem* (olhos fechados), com um pé atrás e ao lado do outro, foram verificadas melhorias significativas (n = 61; DP= -278,74; IC 95% [-438,12, -119,35]; I<sup>2</sup>= 29%; p=0,0006), sugerindo efeitos positivos para a intervenção no grupo de EVCI (Figura 11).

##### C) Postura unipodal (olhos abertos)

Conforme mostrado na figura 11, para a postura unipodal (olhos abertos), melhorias significativas também foram observadas no grupo de EVCI (n = 61; SMD = -169,99; IC 95% [-251,48, -88,50]; I<sup>2</sup> = 0%;

Figura 11 - Gráfico em floresta para o teste de *Romberg* e exercício de vibração de corpo inteiro



Legenda: EVCI = Exercício de vibração de corpo inteiro; DP = Desvio padrão; IC = intervalo de confiança

Tabela 6 - Descrição das características dos estudos selecionados (continua)

<b>Autor</b>	<b>Medidas demográficas</b>	<b>Protocolo de intervenção</b>	<b>Parâmetros do EVCI</b>	<b>Testes de equilíbrio e funcionalidade</b>	<b>Resultados</b>	<b>NE</b>
Gloeckl <i>et al.</i> , 2012	Grupo EVCI N= 36 Idade: 64 ±11 anos Gênero: 18 H / 18 M IMC: 24 ± 5 kg/m <sup>2</sup> GOLD 4 FEV1 % 39±11 Grupo Controle N= 36 Idade: 65 ±7 anos Gênero: 19 H / 17 M IMC: 27 ± 6 kg/m <sup>2</sup> GOLD 3 - 4 FEV <sub>1</sub> % 38±12	5 x por semana 3 semanas RP = cuidados médicos, terapia respiratória. Exercício 15 min de ciclismo a 60% de pico de Watt e treinamento de força – 4 – 6 exercícios 3 x 20 repetições no máximo. O grupo controle fez treino de agachamento com o mesmo protocolo do grupo EVCI, mas o treino foi feito no solo.	PV=Alternada Galileo F = 24 – 26 Hz D = 6 mm 3 séries x 3 min de exercícios de agachamento dinâmico bilateral por 3 semanas	TC6m 5STST Master Screen Pletismógrafo corporal CRQ Índice BODE	A melhora no TC6m foi maior no grupo EVCI. O tempo para STS5 diminuiu mais no grupo EVCI do que no grupo CON. As melhorias na qualidade de vida foram semelhantes em ambos os grupos.	<b>II</b>
Gloeckl <i>et al.</i> , 2017	Grupo EVCI N= 37 Idade: 65 ±8 anos Gênero: 27 H / 10 M IMC: 25,2 ± 5,2 kg/m <sup>2</sup> GOLD 3 - 4 FEV1 % 33,6 ± 8,5 Grupo Controle N= 37 Idade: 63 ±9 anos Gênero: 23 H / 14 M IMC: 25,6 ± 6,3 kg/m <sup>2</sup> GOLD 3- 4 FEV <sub>1</sub> % 36,6 ± 11,7	5x por semana 3 semanas RP = assistência médica, terapia respiratória. Exercício 15 min de ciclismo a 60% de pico de Watt e treinamento de força 4 – 6 exercícios 3 x 20 repetições no máximo. O grupo controle fez treino de agachamento com o mesmo protocolo do grupo EVCI, mas o treino foi feito no solo	PV= Alternada F = 24 – 26 Hz D = 5 mm 4 séries x 2 min de exercícios de agachamento dinâmico bilateral durante 3 semanas	Plataforma de força de reação do solo Teste de equilíbrio Postura Romberg/olhos fechados, Postura semi tandem/olhos fechados, Postura semi tandem/olhos abertos, Postura unipodal/olhos abertos, Salto com duas pernas Extensão do joelho, pico de força 5STST TC6m	O grupo EVCI melhorou significativamente o equilíbrio postural em vários domínios em comparação ao grupo controle.	<b>II</b>

Tabela 6 - Descrição das características dos estudos selecionados (continuação)

<i>Spielmanns M et al., 2017</i>	<p>Grupo EVCI N= 14 Idade: 69 (IIQ 65,3 - 73) anos Gênero: 7 H / 7 M IMC 27,2 (IQQ 24,6 - 34) kg/m<sup>2</sup> GOLD 1 - 3 FEV<sub>1</sub> 1,5 (IQR 1–1,8) Grupo Controle N= 13 Idade: 70 (IIQ 66 – 78) a Gênero: 7 H / 6 M IMC: 30,6 (IIQ 29 – 32,5) kg/m<sup>2</sup> GOLD 1 -3 FEV<sub>1</sub> % 30,6 (IIQ 29–32,5)</p>	<p>2 sessões x 30 min/semana 3 meses. EVCI Aquecimento (10 min de caminhada em esteira ou bicicleta de baixa intensidade, alongamento e EVCI (15 min) e resfriamento (5 min). Grupo controle. Realizou treinamentos de relaxamento e reciclagem respiratória em combinação com exercícios calistênicos.</p>	<p>PV=Alternada F = 6–10Hz D 4-6 mm A posição do corpo em todos os casos foi agachamento isométrico com ângulo de joelho de 150° Semana 1 – 4 2 x semana 3 semanas Trabalho: 3 min Descanso: 2 min F = 6 – 10Hz Semana 5 - 8 2x semana 3 semanas Trabalho: 3 min Descanso: 2 minutos F = 12 – 18Hz Semana 9 – 12 2x semana 3 semanas Trabalho: 3 min Descanso: 2 min F = 21 – 24Hz</p>	<p>TC6m 5STST Força máxima do leg press. Área transversal muscular Escala de Berg Postura de perna única SGRQ. COPD Assessment Test. Teste de função pulmonar.</p>	<p>O grupo EVCI melhorou significativamente o equilíbrio postural vs controle; unipodal: EVCI vs. controle.</p>	<b>II</b>
<i>Gloeckl et al., 2021</i>	<p>Grupo EVCI N= 24 Idade: 65 ±7 anos IMC: 25,3 ± 5,1 kg/m<sup>2</sup> GOLD 3 - 4 FEV<sub>1</sub> % 33,6 ± 8,5 Grupo TCE N= 24 Idade: 66 ±8 anos IMC: 26 ± 5,2 kg/m<sup>2</sup></p>	<p>6 sessões semanais 3 semanas O programa de RP consistiu em assistência médica, treinamento de resistência, treinamento de força, fisioterapia respiratória, educação, aconselhamento nutricional e psicológico. Para obter detalhes sobre o programa padronizado de</p>	<p>PV = Alternada F= 5 –26 Hz D 4-5 mm Exercício dinâmico e estático</p>	<p>Postura Romberg/olhos fechados, Postura semi tandem/olhos fechados, Postura semi tandem/olhos abertos, Postura unipodal/olhos abertos, Salto de contramovimento TC6m</p>	<p>O equilíbrio estático melhorou significativamente no grupo EVCI. O TC6m melhorou de forma semelhante em ambos os grupos, enquanto o 4MGST aumentou significativamente apenas no grupo EVCI.</p>	<b>II</b>

Tabela 6 - Descrição das características dos estudos selecionados (conclusão)

	GOLD 3- 4 FEV <sub>1</sub> % 36,6 ± 11,7	treinamento de resistência e força e treinamento de equilíbrio em 3 dias não consecutivos por semana.		4MGST Extensão do joelho, pico de força 5STST	
Ezzat <i>et al.</i> , 2021	Grupo A N= 30 Idade: 51,87 ± 4,64 anos Gênero M: 13 (43,3%) H: 17 (56,7%) IMC: 30 ± 3,6 kg/m <sup>2</sup> GOLD 2 - 3 FEV <sub>1</sub> % 36,2 ± 8,4 Grupo B N= 30 Idade: 52,50 ± 4,45 anos Gênero M: 13 (43,3%) H: 17 (56,7%) IMC: 29 ± 2,9 kg/ m <sup>2</sup> GOLD 2 - 3 FEV <sub>1</sub> % 38,0 ± 6,3	12 semanas Frequência do treino 3 x por semana, 3 séries 3 min T= 9 min por dia.	PV = não informada F= 25-35 Hz D 6 mm Indivíduo em pé com agachamento estático	BBS APSI MLSI OSI	Houve redução significativa II na oscilação postural, MLSI, APSI e OSI.

Legenda: 4MGST= 4-meter gait speed; TC6m= teste de caminhada de 6 minutos; APSI = *Anterior- Posterior Stability Index*; BBS = Sistema de Equilíbrio Biodex; IMC= Índice de massa corporal; TCE = treinamento convencional de equilíbrio; IMC = índice de massa corporal; F= frequência; M= mulheres; GOLD = *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*; H= Homem; VEF<sub>1</sub> = Volume expiratório forçado no primeiro segundo; MIN= minuto; MLSI= *Medial- Lateral Satability Index*; IOE = *Overall Stability Index*; D=Deslocamento pico a pico; SGRQ= *St. George's Respiratory Questionnaire*; 5STS = *Five Times Sit to Stand Test*; PV = plataforma vibratória; EVCI= exercício de vibração de corpo inteiro.

## 4.2 Estudo 3

Verificar Anexo A

## 5 DISCUSSÃO

Os efeitos benéficos do EVCI estão bem estabelecidos em diversas populações, incluindo indivíduos com DPOC. No entanto, existem poucos estudos que avaliam a funcionalidade e a ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração, assim como a dispneia após um protocolo de treinamento de seis semanas.

A hipótese sugerida foi a de que o EVCI poderia aumentar a funcionalidade sem aumentar a ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração, conseqüentemente não aumentando a sensação de dispneia, o que o tornaria uma intervenção segura e eficaz para ser utilizada dentro de um programa de RP. Após analisar os efeitos de seis semanas de intervenção, observou-se uma tendência de aumento na velocidade da marcha no grupo GP2, porém sem diferença estatisticamente significativa. Quanto à ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e à percepção da dispneia, não foi observada ativação neuromuscular desses músculos, ou seja, não houve recrutamento das fibras dos músculos respiratórios acessórios após a intervenção, nem aumento na sensação de dispneia.

### 5.1 EVCI e funcionalidade

Existem alguns estudos que avaliam os efeitos do EVCI na funcionalidade em indivíduos com DPOC. Neste estudo, observou-se uma tendência de aumento na velocidade da marcha no grupo que praticou EVCI duas vezes por semana em pé (GP2), porém sem diferença estatisticamente significativa. Em um estudo conduzido por Gloeckl *et al.*, 2021 (GLOECKL *et al.*, 2021), foi relatado um aumento significativo na velocidade da marcha no teste de 4 metros no grupo que praticou EVCI ( $0,08 \text{ m/s}^2$ ,  $p = 0,018$  vs.  $0,01 \text{ m/s}^2$ ,  $p = 0,715$ ). Além disso, o desempenho do equilíbrio estático melhorou significativamente ( $p = 0,032$ ) e houve aumento na força muscular ( $p = 0,001$ ) neste grupo após 48 indivíduos com DPOC realizarem o protocolo de EVCI. O protocolo incluiu exercícios de equilíbrio em PV alternada em  $f$  variada (5–26 Hz), realizado três vezes por semana durante duas séries de um minuto cada.

Observando os protocolos utilizados nos estudos, a diferença nos resultados entre este estudo e o de Gloeckl *et al.*, 2021 (GLOECKL *et al.*, 2021), pode ser atribuída à intensidade do EVCI. No estudo de Gloeckl *et al.*, 2021 (GLOECKL *et al.*, 2021) foi realizado três vezes

por semana, com uma  $f$  progressiva (5–26 Hz) que pode ter evitado acomodação muscular, e o tempo total da sessão foi de 20 minutos, o dobro do tempo deste estudo (10 minutos). Portanto, parece que um protocolo com maior frequência de sessões (três vezes por semana),  $f$  progressiva e maior duração por sessão pode ser mais eficaz para impactar significativamente a velocidade de marcha em pacientes com DPOC.

Outro estudo reforça os achados de Gloeckl *et al.*, 2021 (GLOECKL *et al.*, 2021), Braz *et al.*, 2015 (BRAZ *et al.*, 2015a) relataram que o EVCI aumentou a capacidade funcional avaliada através do TC6m. O protocolo de EVCI incluiu exercícios de alongamento para membros superiores e inferiores por 10 minutos, seguido de EVCI com  $f$  de 35 Hz por 30 a 60 segundos, utilizando amplitude baixa (2 mm) ou alta amplitude (4 mm) por 12 semanas em uma plataforma *Power Plate*. No entanto, este estudo apresenta limitações relacionadas ao grupo controle, que não realizou nenhuma intervenção simulada. Além disso, uma metanálise conduzida por Cardim *et al.*, 2016 (CARDIM *et al.*, 2016) também apoia os achados de (GLOECKL *et al.*, 2021). A metanálise mostrou que o EVCI melhorou a capacidade funcional de exercício em indivíduos com DPOC, sem apresentar efeitos adversos significativos, com um nível de recomendação forte, mas com qualidade de evidência moderada.

Esses estudos destacam a eficácia potencial do EVCI como uma intervenção segura e eficaz para melhorar a capacidade funcional em indivíduos com DPOC, embora seja importante considerar as variações nos protocolos utilizados e as limitações específicas de cada estudo.

A velocidade da marcha é um preditor significativo de declínio funcional, incapacidade física, mortalidade, institucionalização e hospitalização em idosos. Esse indicador também pode ser útil para avaliar a capacidade funcional em indivíduos com DPOC, especialmente porque está associado a um aumento na mortalidade em casos graves dessa condição respiratória. O teste de velocidade da marcha é simples, mas promissor, fornecendo informações importantes sobre vários aspectos funcionais do paciente com DPOC. Portanto, melhorar a velocidade de caminhada desses indivíduos poderia potencialmente melhorar sua capacidade funcional e influenciar positivamente o curso da doença.

## 5.2 EVCI e ativação neuromuscular dos músculos respiratórios acessórios e dispneia

O presente estudo demonstra que não houve ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração nem aumento na percepção de dispneia após a realização do protocolo de EVCI. Na análise da dispneia utilizando a escala modificada de *Borg*, nossos resultados corroboram os achados de Furness *et al.*, 2013 (FURNESS *et al.*, 2014), que avaliaram os efeitos de um protocolo de pesquisa não randomizado em 16 indivíduos com DPOC estável.

O estudo de Furness *et al.*, 2013 (FURNESS *et al.*, 2014), consistiu em 14 semanas de intervenção, divididas em 6 semanas de intervenção com o grupo EVCI, 6 semanas com um grupo que realizou simulação de EVCI (denominado grupo *sham*) e 2 semanas de descanso para eliminar os efeitos da intervenção. O treinamento foi realizado duas vezes por semana. No grupo EVCI, a *f* foi ajustada para 25 Hz com uma *A* de 2,0 mm. No grupo *sham*, a PV era um protótipo e os indivíduos puderam ouvir o motor funcionando e sentir alguma vibração, porém a *f* foi ajustada para 25 Hz e a *A* foi de 0,0 mm. Foi informado aos participantes que a vibração era "ultrabaixa" e que era diferente do grupo EVCI. Após o protocolo, foi relatado que o EVCI não teve efeitos negativos na tolerância ao exercício nem exacerbou a dispneia, enquanto melhorou o desempenho funcional dos membros inferiores em testes simulados de atividades da vida diária, como levantar-se, virar-se e andar.

Indivíduos com DPOC muitas vezes têm medo de praticar exercícios físicos devido ao receio de aumentar a dispneia (XIANG *et al.*, 2022). No presente estudo, não houve ativação dos músculos acessórios da respiração, o que sugere que o EVCI é uma intervenção segura para essa população, pois não aumenta o recrutamento de fibras musculares após um protocolo de treinamento. Frazão *et al.*, 2021 (FRAZÃO *et al.*, 2021), avaliaram a ativação do diafragma em indivíduos com DPOC após diferentes cargas de exercício em ciclo-ergômetro e não encontraram aumento na ativação muscular com carga de exercício de 25%, mas observaram um aumento significativo na ativação do diafragma com uma carga de exercício aumentada para 50%.

Analisando os protocolos de exercício desses estudos, pode-se inferir que uma maior intensidade de carga de exercício é necessária para uma ativação eficaz do diafragma. Os parâmetros biofísicos utilizados em nosso protocolo (*f* de 25 Hz e *A* de 2,5 mm) podem não ter sido suficientes para promover essa ativação, especialmente quando comparados aos protocolos de exercícios que utilizaram 50% da carga de trabalho no ciclo-ergômetro (FRAZÃO *et al.*, 2021) e que usaram uma *f* e *D* mais altos do que usamos em nosso estudo.

A intolerância ao exercício é uma consequência incapacitante da DPOC e geralmente aumenta com a progressão da doença. Indivíduos com DPOC apresentam, mesmo em repouso, um desequilíbrio entre o aumento da carga imposta ao sistema respiratório (devido à hiperinsuflação pulmonar) e a diminuição da capacidade dos músculos respiratórios. Durante o exercício, parece haver uma sobrecarga dos músculos inspiratórios torácicos nesses indivíduos.

Embora não haja estudos que tenham avaliado a atividade neuromuscular nos músculos acessórios da respiração, há evidências de que o EVCI pode melhorar significativamente a atividade dos músculos dos membros inferiores Abrassi *et al.*, 2017 (ABASI *et al.*, 2017) reportaram diferenças significativas entre o pré e pós-intervenção com EVCI (A de 3 mm e  $f$  de 30 Hz), observando aumento na atividade neuromuscular do músculo semitendíneo durante semi-agachamentos e flexão plantar do tornozelo. Além disso, os valores do RMS do músculo sóleo em flexão plantar do tornozelo também aumentaram.

Outro estudo de Liu; Fan; Chen. 2023 (LIU; FAN; CHEN, 2023) recrutou 15 mulheres de meia-idade e idosas, randomizadas em dois grupos: um realizando agachamentos estáticos associados ao EVCI e outro realizando agachamentos dinâmicos associados ao EVCI. No grupo de agachamento estático, os indivíduos permaneceram parados na posição de agachamento, enquanto no grupo de agachamento dinâmico, os agachamentos foram realizados a um ritmo de 4 segundos por repetição (2 segundos de agachamento, 1 segundo em pé e 1 segundo de pausa). As  $f$  foram ajustadas para 0 Hz, 30 Hz e 40 Hz, e as A para 0 mm, 2 mm e 4 mm. Cada indivíduo participou do EVCI com 5 combinações de  $f$  e A em padrões de semi-agachamento estático e dinâmico. Os padrões foram: 0 Hz 0 mm, 30 Hz 2 mm, 30 Hz 4 mm, 40 Hz 2 mm, 40 Hz 4 mm. Foi relatado que o agachamento dinâmico com EVCI melhorou significativamente a ativação do vasto medial em comparação com o padrão de agachamento estático. Comparado ao grupo controle, o EVCI melhorou significativamente a atividade dos músculos dos membros inferiores. Além disso, aumentar a A de 2 para 4 mm melhorou significativamente a ativação dos músculos vasto medial e vasto lateral, enquanto o aumento da  $f$  de 30 para 40 Hz não resultou em melhora significativa na ativação muscular dos membros inferiores.

O declínio da função física e a deterioração do sistema neuromuscular em idosos podem resultar na redução da força muscular e na mobilidade mais lenta das articulações dos membros inferiores. A redução da massa magra e consequente diminuição da força muscular são observadas em idosos saudáveis e são relatadas em indivíduos com DPOC. Em uma recente revisão sistemática, Monteiro-Oliveira *et al.*, 2021 (MONTEIRO-OLIVEIRA *et al.*, 2021), relataram que o EVCI pode aumentar a ativação neuromuscular e reduzir ou aliviar os sintomas causados pela síndrome geriátrica.

### 5.3 **Limitação**

Este estudo apresenta limitações que devem ser destacadas. Uma grande limitação foi o pequeno tamanho amostral de cada grupo. Para diminuir o impacto dessa limitação em estudos futuros, seria útil recrutar um maior número de participantes. Além disso, o nível de atividade física dos indivíduos recrutados não foi avaliado, o que poderia ter influenciado os resultados. Considerando que o grupo GP2 apresentou uma tendência à melhora, uma maior frequência semanal da intervenção poderia ser benéfica. Portanto, estudos futuros com protocolos de duração superior a seis semanas são recomendados.

### 5.4 **Ponto forte**

Um ponto forte deste estudo é demonstrar que a funcionalidade em indivíduos com DPOC pode ser melhorada pelo EVCI. O EVCI é uma intervenção segura, pois a atividade neuromuscular dos músculos acessórios da respiração não é aumentada após o EVCI. Isso significa que não há recrutamento de novas unidades motoras, o que evita o agravamento da dispneia nessa população. O medo do aumento da percepção da dispneia muitas vezes impede esses indivíduos de praticarem exercício físico, o que piora sua funcionalidade. Portanto, o EVCI pode ser uma alternativa eficaz para melhorar a funcionalidade sem aumentar a sensação de dispneia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos parâmetros funcionais, após seis semanas de intervenção, observou-se uma tendência de melhora na velocidade da marcha no grupo que realizou a intervenção em pé duas vezes por semana. Não houve ativação neuromuscular dos músculos acessórios da respiração e, conseqüentemente, não houve piora ou aumento da percepção da dispneia em todos os indivíduos que realizaram o protocolo. Assim, sugere-se que o EVCI é uma intervenção que pode aumentar a funcionalidade dessa população sem recrutar os músculos acessórios da respiração, evitando a exacerbação da dispneia.

Adicionalmente, uma metanálise que avaliou os efeitos do EVCI na funcionalidade e no equilíbrio de indivíduos com DPOC sugere que o EVCI é capaz de aumentar a funcionalidade e melhorar o equilíbrio, sendo bem tolerado por essa população. No entanto, são necessários mais estudos com melhor qualidade metodológica para reforçar esses resultados.

Por fim, o EVCI pode aumentar as respostas neuromusculares desejáveis em idosos saudáveis, conforme demonstrado em uma revisão sistemática. O EVCI pode representar uma intervenção promissora para estudos clínicos, mas mais pesquisas são necessárias para corroborar os achados dessa revisão sistemática.

## REFERÊNCIAS

- ABASI, E. et al. The effect of whole-body vibration training on the lower extremity muscles' electromyographic activities in patients with knee osteoarthritis. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, v. 31, n. 1, p. 718–727, 30 dez. 2017. Disponível em: <<http://mjiri.iums.ac.ir/article-1-3394-en.html>>.
- ADELOYE, D. et al. Global, regional, and national prevalence of, and risk factors for, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) in 2019: a systematic review and modelling analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*, v. 10, n. 5, p. 447–458, maio 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213260021005117>>.
- AGUSTÍ, A. G. N. et al. Disfunción muscular esquelética de la EPOC. Mecanismos celulares. *Archivos de Bronconeumología*, v. 37, n. 4, p. 197–205, jan. 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300289601750491>>.
- AGUSTÍ, A.; HOGG, J. C. Update on the Pathogenesis of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *New England Journal of Medicine*, v. 381, n. 13, p. 1248–1256, 26 set. 2019. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1900475>>.
- ALOTAIBI, Y. K.; FEDERICO, F. The impact of health information technology on patient safety. *Saudi Medical Journal*, v. 38, n. 12, p. 1173–1180, dez. 2017. Disponível em: <<https://smj.org.sa/lookup/doi/10.15537/smj.2017.12.20631>>.
- ARAÚJO DE CASTRO, L. et al. Are there differences in muscular activation to maintain balance between individuals with chronic obstructive pulmonary disease and controls? *Respiratory Medicine*, v. 173, p. 106016, nov. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0954611120301566>>.
- ARMSTRONG, W. J. et al. The acute effect of whole-body vibration on the hoffmann reflex. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 22, n. 2, p. 471–476, 2008. Disponível em: <[www.nscsjscr.org](http://www.nscsjscr.org)>.
- BALKISSOON, R. et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Concise Review. *Medical Clinics of North America*, v. 95, n. 6, p. 1125–1141, nov. 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025712511000940>>.
- BARREIRO, E.; GEA, J. Respiratory and Limb Muscle Dysfunction in COPD. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 12, n. 4, p. 413–426, 4 jul. 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/15412555.2014.974737>>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- BASMAJIAN, J.; DE LUCA, C. J. Description and Analysis of the EMG Signal. In: *Muscles alive : their functions revealed by electromyography*. [s.l: s.n.]
- BEAUCHAMP, M. K. K. et al. Impairments in balance discriminate fallers from non-fallers in COPD. *Respiratory Medicine*, v. 103, n. 12, p. 1885–1891, dez. 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0954611109002091>>.

BECK, B. R. Vibration Therapy to Prevent Bone Loss and Falls: Mechanisms and Efficacy. *Current Osteoporosis Reports*, v. 13, n. 6, p. 381–389, 12 dez. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11914-015-0294-8>>.

BEMBEN, D. et al. Relevance of Whole-Body Vibration Exercises on Muscle Strength/Power and Bone of Elderly Individuals. *Dose-Response*, v. 16, n. 4, p. 155932581881306, 6 out. 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30559636/>>. Acesso em: 30 maio. 2020.

BERNABEU-MORA, R. et al. Determinants of each domain of the Short Physical Performance Battery in COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. Volume 12, p. 2539–2544, ago. 2017. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/determinants-of-each-domain-of-the-short-physical-performance-battery--peer-reviewed-article-COPD>>.

BERNABEU MORA, R. et al. The Short Physical Performance Battery is a discriminative tool for identifying patients with COPD at risk of disability. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, p. 2619, dez. 2015. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/the-short-physical-performance-battery-is-a-discriminative-tool-for-id-peer-reviewed-article-COPD>>.

BORG, G. A. Perceived exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 2, p. 131–53, 1974.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise*, v. 14, n. 5, p. 377–81, 1982.

BRASIL. Estimativas de mortalidade: método Global Burden Disease/Brasil - 2017. *Secretaria de Vigilância em Saúde*, 2018.

BRAZ, D. S. et al. Whole-body vibration improves functional capacity and quality of life in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD): A pilot study. *International Journal of COPD*, v. 10, p. 125–132, 12 jan. 2015a. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25624756/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

BRAZ, D. S. S. et al. Whole-body vibration improves functional capacity and quality of life in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease (COPD): A pilot study. *International Journal of COPD*, v. 10, p. 125–132, 12 jan. 2015b. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25624756/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

BULL, F. C. et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, v. 54, n. 24, p. 1451–1462, dez. 2020. Disponível em: <<https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsports-2020-102955>>.

CARDIM, A. B. et al. Does Whole-Body Vibration Improve the Functional Exercise Capacity of Subjects With COPD? A Meta-Analysis. *Respiratory Care*, v. 61, n. 11, p. 1552–1559, nov. 2016. Disponível em: <<http://rc.rcjournal.com/lookup/doi/10.4187/respcare.04763>>. Acesso em: 28 set. 2021.

CAVAILLES, A. et al. Comorbidities of COPD. *European Respiratory Review*, v. 22, n. 130, p. 454–475, 1 dez. 2013. Disponível em:

<<http://err.ersjournals.com/cgi/doi/10.1183/09059180.00008612>>.

CELLI, B. R.; WEDZICHA, J. A. Update on Clinical Aspects of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *New England Journal of Medicine*, v. 381, n. 13, p. 1257–1266, 26 set. 2019. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMra1900500>>.

CHEN, H. et al. Rehabilitation effects of land and water-based aerobic exercise on lung function, dyspnea, and exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Medicine*, v. 100, n. 33, p. e26976, 20 ago. 2021. Disponível em: <<https://journals.lww.com/10.1097/MD.00000000000026976>>.

CHEN, S.-W.; Y, J. [Effects of whole body vibration on bone strength and physical fitness in elderly COPD patients complicated with osteoporosis]. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zh*, v. 38, n. 6, p. 690–695, 2022.

CIELEN, N.; MAES, K.; GAYAN-RAMIREZ, G. *Musculoskeletal disorders in chronic obstructive pulmonary disease* BioMed Research International Hindawi Publishing Corporation, , 2014. .

COELHO-OLIVEIRA, A. C. et al. Evidence of Use of Whole-Body Vibration in Individuals with Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 20, n. 4, p. 3765, 20 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1660-4601/20/4/3765>>.

COHEN, J. Quantitative methods in psychology: A power primer. *Psychol. Bull*, v. 112, p. 1155–1159, 1992.

CORHAY, J. L. et al. Pulmonary rehabilitation and COPD: providing patients a good environment for optimizing therapy. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, p. 27, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.dovepress.com/pulmonary-rehabilitation-and-copd-providing-patients-a-good-environment-peer-reviewed-article-COPD>>.

COSTANTINO, G.; MONTANO, N.; CASAZZA, G. When should we change our clinical practice based on the results of a clinical study? The hierarchy of evidence. *Internal and Emergency Medicine*, v. 10, n. 6, p. 745–747, 10 set. 2015. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25860505/>>. Acesso em: 7 jul. 2020.

CRUZ, M. M.; PEREIRA, M. Epidemiology of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in Brazil: a systematic review and meta-analysis. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, n. 11, p. 4547–4557, nov. 2020. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232020001104547&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232020001104547&tlng=en)>.

DA CUNHA DE SÁ-CAPUTO, D. et al. Vibration Therapy for Health Promotion. In: *Complementary Therapies*. [s.l.] IntechOpen, 2022.

DAREH-DEH, H. R. et al. Therapeutic routine with respiratory exercises improves posture, muscle activity, and respiratory pattern of patients with neck pain: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 4149, 9 mar. 2022. Disponível em:

<<https://www.nature.com/articles/s41598-022-08128-w>>. Acesso em: 3 nov. 2022.

DE MORTON, N. A. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy*, v. 55, n. 2, p. 129–133, 2009. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0004951409700431>>.

DE TROYER, A. et al. Neck muscle activity in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 150, n. 1, p. 41–47, jul. 1994. Disponível em:

<<https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.150.1.8025770>>.

DEMPSEY, J. A. et al. The physiology and pathophysiology of exercise hyperpnea. In: [s.l.: s.n.]p. 201–232.

DEVRIES, H. A. MUSCLES ALIVE-THEIR FUNCTIONS REVEALED BY ELECTROMYOGRAPHY. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 8, n. 1, p. iv, 1976. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-197621000-00002>>.

DOMÉJ, W.; OETLL, K.; RENNER, W. Oxidative stress and free radicals in COPD &ndash; implications and relevance for treatment. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 9, p. 1207, out. 2014. Disponível em: <<http://www.dovepress.com/oxidative-stress-and-free-radicals-in-copd-ndash-implications-and-rele-peer-reviewed-article-COPD>>.

DOMNIK, N. J.; WALSTED, E. S.; LANGER, D. Clinical Utility of Measuring Inspiratory Neural Drive During Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET). *Frontiers in Medicine*, v. 7, 18 set. 2020. Disponível em:

<<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmed.2020.00483/full>>.

DUNLAP, W. P. et al. Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measures designs. *Psychological Methods*, v. 1, n. 2, p. 170–177, jun. 1996. Disponível em: <<https://doi.apa.org/doi/10.1037/1082-989X.1.2.170>>.

EISNER, M. D. et al. Development of disability in chronic obstructive pulmonary disease: beyond lung function. *Thorax*, v. 66, n. 2, p. 108–114, 1 fev. 2011. Disponível em: <<https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thx.2010.137661>>.

EZZAT, H. et al. Efficacy of Whole Body Vibration on Balance in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients. *Journal of Cardiac and Pulmonary Rehabilitation*, v. 5, n. 5, 2021.

FERMONT, J. M. et al. Short physical performance battery as a practical tool to assess mortality risk in chronic obstructive pulmonary disease. *Age and Ageing*, v. 50, n. 3, p. 795–801, 5 maio 2021. Disponível em:

<<https://academic.oup.com/ageing/article/50/3/795/5891710>>.

FRAZÃO, M. et al. Neuromuscular efficiency is impaired during exercise in COPD patients. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, v. 290, p. 103673, 1 ago. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1569904821000586>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

FURNESS, T. et al. Whole-body vibration as a mode of dyspnoea free physical activity: a community-based proof-of-concept trial. *BMC Research Notes*, v. 6, n. 1, p. 452, 11 dez. 2013.

FURNESS, T. et al. Benefits of whole-body vibration to people with COPD: a community-based efficacy trial. *BMC Pulmonary Medicine*, v. 14, n. 1, p. 38, 8 dez. 2014.

GEA, J. et al. Muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease: update on causes and biological findings. *Journal of thoracic disease*, v. 7, n. 10, p. E418–E438, 2015. Disponível em: </pmc/articles/PMC4635259/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

GLOECKL, R. et al. Effects of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease – A randomized controlled trial. *Respiratory Medicine*, v. 106, n. 1, p. 75–83, jan. 2012.

GLOECKL, R. et al. What's the secret behind the benefits of whole-body vibration training in patients with COPD? A randomized, controlled trial. *Respiratory Medicine*, v. 126, p. 17–24, 1 maio 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28427544/>. Acesso em: 3 jul. 2020.

GLOECKL, R. et al. Whole-body vibration training versus conventional balance training in patients with severe COPD—a randomized, controlled trial. *Respiratory Research*, v. 22, n. 1, p. 138, 4 dez. 2021.

GOLD. *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease - GOLD Report The Global Strategy for Diagnosis, Management and Prevention of COPD*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://goldcopd.org/2024-gold-report/>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GUEDES-AGUIAR, E. de O. et al. Effects of a Single Session of Systemic Vibratory Therapy on Flexibility, Perception of Exertion and Handgrip Strength in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Individuals: A Quasi-Experimental Clinical Trial. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, n. 9, p. 3241, 1 maio 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0383/12/9/3241>.

GUEDES DE AGUIAR, E. D. O. et al. Whole-Body Vibration Exercise Improves the Functionality in Postmenopausal Women: A Systematic Review. *Iranian Journal of Public Health*, 11 mar. 2023. Disponível em: <https://publish.kne-publishing.com/index.php/ijph/article/view/12131>.

HAKAMY, A. et al. Risk of fall in patients with COPD. *Thorax*, v. 73, n. 11, p. 1079–1080, 21 nov. 2018. Disponível em: <https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2017-211008>.

HAN, M. K. et al. GOLD 2011 disease severity classification in COPD Gene: a prospective cohort study. *The Lancet Respiratory Medicine*, v. 1, n. 1, p. 43–50, mar. 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213260012700449>.

HELLSTRÖM, K. et al. Fear of falling, fall-related self-efficacy, anxiety and depression in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Clinical Rehabilitation*, v. 23, n. 12, p. 1136–1144, 11 dez. 2009. Disponível em:

<<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215509342329>>.

HIGGINS, J. P. T. et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, v. 343, n. oct18 2, p. d5928–d5928, 18 out. 2011. Disponível em: <<http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.d5928>>.

HOLLAND, A. E. et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, v. 44, n. 6, p. 1428–1446, dez. 2014. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/09031936.00150314>>.

HOLLAND, A. E. et al. Defining Modern Pulmonary Rehabilitation. An Official American Thoracic Society Workshop Report. *Annals of the American Thoracic Society*, v. 18, n. 5, p. e12–e29, 30 maio 2021. Disponível em: <<https://www.atsjournals.org/doi/10.1513/AnnalsATS.202102-146ST>>. Acesso em: 17 maio. 2021.

HORADAGODA, C. et al. Body composition and micronutrient deficiencies in patients with an acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Internal Medicine Journal*, v. 47, n. 9, p. 1057–1063, 10 set. 2017. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/imj.13453>>.

INCA. *Instituto Nacional de Câncer - INCA - Mortalidade no Brasil relacionados ao tabaco*. Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/gestor-e-profissional-de-saude/observatorio-da-politica-nacional-de-controle-do-tabaco/dados-e-numeros-do-tabagismo/mortalidade-no-brasil>>. Acesso em: 22 fev. 2022.

JOLLEY, C. J. et al. Neural respiratory drive in healthy subjects and in COPD. *European Respiratory Journal*, v. 33, n. 2, p. 289–297, 17 set. 2008. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/cgi/doi/10.1183/09031936.00093408>>.

JOLLEY, C. J. et al. Neural respiratory drive and breathlessness in COPD. *European Respiratory Journal*, v. 45, n. 2, p. 355–364, fev. 2015. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/09031936.00063014>>.

JONES, S. E. et al. The five-repetition sit-to-stand test as a functional outcome measure in COPD. *Thorax*, v. 68, n. 11, p. 1015–1020, nov. 2013. Disponível em: <<https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2013-203576>>.

JONES, S. E. et al. Sarcopenia in COPD: prevalence, clinical correlates and response to pulmonary rehabilitation. *Thorax*, v. 70, n. 3, p. 213–218, 1 mar. 2015. Disponível em: <<https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2014-206440>>.

JUNG, J.; KIM, N. Relative activity of respiratory muscles during prescribed inspiratory muscle training in healthy people. *Journal of Physical Therapy Science*, v. 28, n. 3, p. 1046–1049, 2016. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/28/3/28\\_jpts-2015-1009/\\_article](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/28/3/28_jpts-2015-1009/_article)>.

KARPMAN, C. et al. Determinants of Gait Speed in COPD. *Chest*, v. 146, n. 1, p. 104–110, jul. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369215487549>>.

KATZ, P. P. et al. Disability in Valued Life Activities Among Individuals With COPD and Other Respiratory Conditions. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, v. 30, n. 2, p. 126–136, mar. 2010. Disponível em: <<https://journals.lww.com/01273116-201003000-00010>>.

KEATINGS, V. M. et al. Differences in interleukin-8 and tumor necrosis factor-alpha in induced sputum from patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 153, n. 2, p. 530–534, fev. 1996. Disponível em: <<https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.153.2.8564092>>.

KON, S. S. C. et al. Reliability and validity of 4-metre gait speed in COPD. *European Respiratory Journal*, v. 42, n. 2, p. 333–340, ago. 2013. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/09031936.00162712>>.

LAGE, V. K. S. et al. Functional tests associated with sarcopenia in moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Expert Review of Respiratory Medicine*, v. 15, n. 4, p. 569–576, 3 abr. 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17476348.2021.1850276>>.

LAGE, V. K. S. S. et al. Cardiorespiratory responses in different types of squats and frequencies of whole body vibration in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Applied Physiology*, v. 126, n. 1, p. 23–29, 1 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00406.2018>>.

LARSSON, P. et al. An evaluation of the short physical performance battery following pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Research Notes*, v. 11, n. 1, p. 348, 4 dez. 2018. Disponível em: <<https://bmcresearchnotes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13104-018-3458-7>>.

LAVENEZIANA, P. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *European Respiratory Journal*, v. 53, n. 6, p. 1801214, jun. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1183/13993003.01214-2018>>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LAWLOR, D. A. Association between falls in elderly women and chronic diseases and drug use: cross sectional study. *BMJ*, v. 327, n. 7417, p. 712–717, 27 set. 2003. Disponível em: <<https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.327.7417.712>>.

LEE, C.-T. et al. Inspiratory muscle activation during inspiratory muscle training in patients with COPD. *Respiratory Medicine*, v. 190, p. 106676, dez. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095461112100384X>>.

LEE, H. et al. Different impacts of respiratory symptoms and comorbidities on COPD-specific health-related quality of life by COPD severity. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. Volume 12, p. 3301–3310, nov. 2017. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/different-impacts-of-respiratory-symptoms-and-comorbidities-on-copd-sp-peer-reviewed-article-COPD>>.

LENHARD, W. Calculation of effect sizes. *Psychometrika*, 2016., 2016.

LEVINE, S. M.; MARCINIUK, D. D. Global Impact of Respiratory Disease. *Chest*, v. 161, n.

5, p. 1153–1154, maio 2022. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369222000496>>.

LI, P. et al. Effects of Exercise Intervention on Peripheral Skeletal Muscle in Stable Patients With COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Medicine*, v. 8, 18 nov. 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmed.2021.766841/full>>.

LIAO, W. et al. Impact of Resistance Training in Subjects With COPD: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiratory Care*, v. 60, n. 8, p. 1130–1145, ago. 2015. Disponível em: <<http://rc.rcjournal.com/lookup/doi/10.4187/respcare.03598>>.

LIU, Y.; FAN, Y.; CHEN, X. Effects of whole-body vibration training in static and dynamic semi-squat patterns on the lower limb muscle activity. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 14432, 2 set. 2023. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41598-023-40985-x>>.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. *Anthropometric standardization reference manual*. [s.l: s.n.]

LOUGHRAN, K. J. et al. Balance impairment in individuals with COPD: a systematic review with meta-analysis. *Thorax*, v. 75, n. 7, p. 539–546, jul. 2020. Disponível em: <<https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2019-213608>>.

MADDOCKS, M. et al. Physical frailty and pulmonary rehabilitation in COPD: a prospective cohort study. *Thorax*, v. 71, n. 11, p. 988–995, nov. 2016. Disponível em: <<https://thorax.bmj.com/lookup/doi/10.1136/thoraxjnl-2016-208460>>.

MAHER, C. G. et al. Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, v. 83, n. 8, p. 713–721, 1 ago. 2003. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ptj/article/83/8/713/2805287>>.

MARCINIUK, D. D. et al. Managing Dyspnea in Patients with Advanced Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Canadian Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Canadian Respiratory Journal*, v. 18, n. 2, p. 69–78, 2011. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/crj/2011/745047/>>.

MATHUR, S.; BROOKS, D.; CARVALHO, C. R. F. *Structural alterations of skeletal muscle in copd* *Frontiers in Physiology* Frontiers Media SA, , 2014. .

MATTOS DE CASTRO, A. A. et al. Postural control in chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, p. 1233, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.dovepress.com/postural-control-in-chronic-obstructive-pulmonary-disease-a-systematic-peer-reviewed-article-COPD>>.

MEDINA-MIRAPEIX, F. et al. Interobserver Reliability of Peripheral Muscle Strength Tests and Short Physical Performance Battery in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Observational Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 97, n. 11, p. 2002–2005, nov. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999316301897>>.

MEDINA-MIRAPEIX, F. et al. The five-repetition sit-to-stand test is a predictive factor of

severe exacerbations in COPD. *Therapeutic Advances in Chronic Disease*, v. 12, p. 204062232098671, 22 jan. 2021. Disponível em:  
<<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2040622320986718>>.

MILLER, S. et al. Use of Ecological Momentary Assessment to Measure Dyspnea in COPD. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. Volume 19, p. 841–849, mar. 2024. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/use-of-ecological-momentary-assessment-to-measure-dyspnea-in-copd-peer-reviewed-fulltext-article-COPD>>.

MONTEIRO-OLIVEIRA, B. B. et al. Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, v. 44, n. 24, p. 7368–7377, 20 nov. 2021. Disponível em:  
<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638288.2021.1994030>>.

NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND CARE EXCELLENCE. *Falls in older people: assessing risk and prevention Clinical guideline*. [s.l.: s.n.]. Disponível em:  
<[www.nice.org.uk/guidance/cg161](http://www.nice.org.uk/guidance/cg161)>. Acesso em: 21 nov. 2022.

NEDER, J. A. et al. Ventilatory Inefficiency and Exertional Dyspnea in Early Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Annals of the American Thoracic Society*, v. 14, n. Supplement\_1, p. S22–S29, jul. 2017. Disponível em:  
<<https://www.atsjournals.org/doi/10.1513/AnnalsATS.201612-1033FR>>.

NICE. *Chronic obstructive pulmonary disease in over 16s: diagnosis and management (NG115)*. [s.l.: s.n.].

NOLAN, C. M.; ROCHESTER, C. L. Exercise Training Modalities for People with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 16, n. 5–6, p. 378–389, 2 nov. 2019. Disponível em:  
<<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15412555.2019.1637834>>.

O'DONNELL, D. E. et al. Unraveling the Causes of Unexplained Dyspnea. *Clinics in Chest Medicine*, v. 40, n. 2, p. 471–499, jun. 2019. Disponível em:  
<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272523119300140>>.

O'DONNELL, D. E. et al. Dyspnea in COPD: New Mechanistic Insights and Management Implications. *Advances in Therapy*, v. 37, n. 1, p. 41–60, 30 jan. 2020. Disponível em:  
<<http://link.springer.com/10.1007/s12325-019-01128-9>>.

O'DONNELL, D. E.; LAVENEZIANA, P. Dyspnea and Activity Limitation in COPD: Mechanical Factors. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 4, n. 3, p. 225–236, 2 jan. 2007. Disponível em:  
<<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15412550701480455>>.

O'DONNELL, D. E.; REVILL, S. M.; WEBB, K. A. Dynamic Hyperinflation and Exercise Intolerance in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 164, n. 5, p. 770–777, 1 set. 2001. Disponível em:  
<<https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.164.5.2012122>>.

OLIVEIRA, C. C. et al. Fear of falling in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Medicine*, v. 109, n. 4, p. 483–489, abr. 2015a. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095461111500044X>>.

OLIVEIRA, C. C. et al. Falls by individuals with chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary 12- month prospective cohort study. *Respirology*, v. 20, n. 7, p. 1096–1101, 23 out. 2015b. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/resp.12600>>.

OLIVEIRA, C. C. et al. Balance and Falls in Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Prospective Study. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. 14, n. 5, p. 518–525, 3 set. 2017. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15412555.2017.1342232>>.

OPAS/OMS. *Tabaco - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde*. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/node/4968>>. Acesso em: 17 maio. 2021.

OTTENHEIJM, C. A. C.; HEUNKS, L. M. A.; DEKHUIJZEN, R. P. N. Diaphragm adaptations in patients with COPD. *Respiratory Research 2008 9:1*, v. 9, n. 1, p. 1–14, 24 jan. 2008. Disponível em: <<https://respiratory-research.biomedcentral.com/articles/10.1186/1465-9921-9-12>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OZALEVLI, S. et al. Comparison of the Sit-to-Stand Test with 6min walk test in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Medicine*, v. 101, n. 2, p. 286–293, fev. 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0954611106002460>>.

PACHECO, R. L. et al. PROSPERO: base de registro de protocolos de revisões sistemáticas. Estudo descritivo. *Diagnóstico & Tratamento*, v. 23, n. 3, p. 101–104, 2018. Disponível em: <[http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/01/969297/rdt\\_v23n3\\_101-104.pdf](http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/01/969297/rdt_v23n3_101-104.pdf)>. Acesso em: 27 mar. 2021.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 10, n. 1, p. n71, 29 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.n71>>.

PARSHALL, M. B. et al. An Official American Thoracic Society Statement: Update on the Mechanisms, Assessment, and Management of Dyspnea. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 185, n. 4, p. 435–452, 15 fev. 2012. Disponível em: <<https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/rccm.201111-2042ST>>.

PATEL, A. R.; HURST, J. R. Extrapulmonary comorbidities in chronic obstructive pulmonary disease: state of the art. *Expert Review of Respiratory Medicine*, v. 5, n. 5, p. 647–662, 9 out. 2011. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/ers.11.62>>.

PATEL, M. S. et al. Phenotypic Characteristics Associated With Reduced Short Physical Performance Battery Score in COPD. *Chest*, v. 145, n. 5, p. 1016–1024, maio 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0012369215345931>>.

PIERCY, K. L. et al. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*, v. 320, n. 19, p. 2020, 20 nov. 2018. Disponível em: <<http://jama.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jama.2018.14854>>.

- PORTO, E. F. et al. Comparative Postural Control in COPD Patients and Healthy Individuals During Dynamic and Static Activities. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, v. 37, n. 2, p. 139–145, mar. 2017. Disponível em: <<https://journals.lww.com/01273116-201703000-00008>>.
- PRISBY, R. D. et al. Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: What we know and what we need to know. *Ageing Research Reviews*, v. 7, n. 4, p. 319–329, dez. 2008. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18762281/>>. Acesso em: 28 jul. 2021.
- RABAHI, M. Epidemiologia da DPOC: Enfrentando Desafios. *Pulmão RJ*, v. 22, n. 2, p. 4–8, 2013.
- RAMSOOK, A. H. et al. Diaphragm Recruitment Increases during a Bout of Targeted Inspiratory Muscle Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 48, n. 6, p. 1179–1186, jun. 2016. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005768-201606000-00025>>.
- RAUCH, F. et al. Reporting whole-body vibration intervention studies: Recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions*, v. 10, n. 3, p. 193–198, 2010.
- RITTWEGER, J. Vibration as an exercise modality: How it may work, and what its potential might be. *European Journal of Applied Physiology*, v. 108, n. 5, p. 877–904, 2010.
- ROBERTS, D. Review: walking aids, chest-wall vibration, and neuroelectrical muscle stimulation relieve breathlessness in COPD. *Evidence-Based Nursing*, v. 11, n. 4, p. 118–118, 1 out. 2008. Disponível em: <<http://ebn.bmj.com/cgi/doi/10.1136/ebn.11.4.118>>.
- ROCCO, L. L. G.; FERNANDES, T. G. Validity of the short physical performance battery for screening for frailty syndrome among older people in the Brazilian Amazon region. A cross-sectional study. *Sao Paulo Medical Journal*, v. 138, n. 6, p. 537–544, dez. 2020. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-31802020000600537&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802020000600537&tlng=en)>.
- ROESTHUIS, L. H. et al. Recruitment pattern of the diaphragm and extradiaphragmatic inspiratory muscles in response to different levels of pressure support. *Annals of Intensive Care*, v. 10, n. 1, p. 67, 29 dez. 2020. Disponível em: <<https://annalsofintensivecare.springeropen.com/articles/10.1186/s13613-020-00684-6>>.
- ROIG, M. et al. *Falls in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A call for further research* *Respiratory Medicine*, set. 2009. .
- ROIG, M. et al. Falls in people with chronic obstructive pulmonary disease: An observational cohort study. *Respiratory Medicine*, v. 105, n. 3, p. 461–469, mar. 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0954611110003860>>.
- SÁ-CAPUTO, D. et al. Does the mechano-biomodulation vibration lead to biological responses on human beings? *Series on Biomechanics*, v. 37, n. 2, 1 jun. 2023. Disponível em: <[http://jsb.imbm.bas.bg/page/en/details.php?article\\_id=663](http://jsb.imbm.bas.bg/page/en/details.php?article_id=663)>.

SEPÚLVEDA- LOYOLA, W. et al. Diagnosis, prevalence, and clinical impact of sarcopenia in COPD: a systematic review and meta- analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 11, n. 5, p. 1164–1176, 30 out. 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcsm.12600>>.

SINDERBY, C.; SPAHIJA, J.; BECK, J. Changes in Respiratory Effort Sensation Over Time Are Linked to the Frequency Content of Diaphragm Electrical Activity. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, v. 163, n. 4, p. 905–910, 15 mar. 2001. Disponível em: <<https://www.atsjournals.org/doi/10.1164/ajrccm.163.4.2005121>>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISOLOGIA. II Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica - DPOC - 2004. *J Bras Pneumol.*, v. 30, n. 5, p. 1–52, 2004.

SORIANO, J. B. et al. Prevalence and attributable health burden of chronic respiratory diseases, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet Respiratory Medicine*, v. 8, n. 6, p. 585–596, jun. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213260020301053>>.

SPIELMANN, M. et al. Low-Volume Whole-Body Vibration Training Improves Exercise Capacity in Subjects With Mild to Severe COPD. *Respiratory Care*, v. 62, n. 3, p. 315–323, 1 mar. 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27923937/>>. Acesso em: 3 jul. 2020.

STOFFELS, A. A. F. et al. Phenotypic Characteristics of Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease After Stratification for the Short Physical Performance Battery Summary Score. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 101, n. 11, p. 1887–1897, nov. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999320303117>>.

VAN HEUVELEN, M. J. G. et al. Reporting Guidelines for Whole-Body Vibration Studies in Humans, Animals and Cell Cultures: A Consensus Statement from an International Group of Experts. *Biology*, v. 10, n. 10, p. 965, 2021.

VARDAR-YAGLI, N. et al. The relationship between fear of movement, pain and fatigue severity, dyspnea level and comorbidities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Disability and Rehabilitation*, v. 41, n. 18, p. 2159–2163, 28 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638288.2018.1459886>>.

VESTBO, J. et al. Evaluation of COPD Longitudinally to Identify Predictive Surrogate End-points (ECLIPSE). *European Respiratory Journal*, v. 31, n. 4, p. 869–873, 1 abr. 2008. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/cgi/doi/10.1183/09031936.00111707>>.

VOGIATZIS, I. et al. Increasing implementation and delivery of pulmonary rehabilitation: key messages from the new ATS/ERS policy statement. *European Respiratory Journal*, v. 47, n. 5, p. 1336–1341, 30 maio 2016. Disponível em: <<http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/13993003.02151-2015>>.

WASHINO, S.; KANEHISA, H.; YOSHITAKE, Y. Neck inspiratory muscle activation patterns during well-controlled inspiration. *European Journal of Applied Physiology*, v. 117, n. 10, p. 2085–2097, 19 out. 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421->

017-3699-5>.

WELLS, R. H. C. et al. *CID-10: classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde* EDUSP, , 2011. .

WU, W. et al. Transdiaphragmatic pressure and neural respiratory drive measured during inspiratory muscle training in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, v. Volume 12, p. 773–781, mar. 2017. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/transdiaphragmatic-pressure-and-neural-respiratory-drive-measured-duri-peer-reviewed-article-COPD>>.

X ZHU. Status and Influence Factors of Breathlessness Beliefs of Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Yangtze University*, 2019.

XIANG, X. et al. Physical activity and chronic obstructive pulmonary disease: a scoping review. *BMC Pulmonary Medicine*, v. 22, n. 1, p. 301, 5 ago. 2022. Disponível em: <<https://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12890-022-02099-4>>.

ZAFAR, T. et al. Effect of Whole-Body Vibration Exercise on Pain, Disability, Balance, Proprioception, Functional Performance and Quality of Life in People with Non-Specific Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, n. 6, p. 1639, 13 mar. 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2077-0383/13/6/1639>>.

## ANEXO A - Carta de aprovação do Comitê de Ética



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DA EMENDA**

**Título da Pesquisa:** Efeitos das vibrações geradas em plataforma oscilante/vibratória nos pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica.

**Pesquisador:** Cintia Renata Gonçalves da Cruz

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 49219115.3.0000.5259

**Instituição Proponente:** Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 3.957.309

**Apresentação do Projeto:**

Emenda para aprovação de documentação e alteração de informações relativas ao protocolo.

**Objetivo da Pesquisa:**

Emenda para aprovação de documentação e alteração de informações relativas ao protocolo.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Emenda para aprovação de documentação e alteração de informações relativas ao protocolo.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Justificativa da Emenda:

- O projeto foi reformulado, permitindo a avaliação de novas respostas apresentadas pelos indivíduos com DPOC submetidos aos EVCI. Incluímos à partir de agora, indivíduos com todos os níveis de VEF1%, atendidos no setor de Pneumologia do HUPE e na PPC e que podem ser beneficiados com esta proposta de intervenção terapêutica. Acrescentamos o TC6m para avaliar a capacidade funcional destes indivíduos. Verificamos também a necessidade de avaliar de forma isolada e sistemática através da EMG, a ação de músculos respiratórios, como resposta aos EVCI. E diante de queixas clínicas de distúrbios

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

**Bairro:** Vila Isabel

**CEP:** 20.551-030

**UF:** RJ

**Município:** RIO DE JANEIRO

**Telefone:** (21)2868-8253

**E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.957.309

do sono, avaliaremos a qualidade do sono e a sonolência, e como podem ser beneficiadas com este tipo de atividade física.

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

Os documentos enviados a este Comitê estão dentro das boas práticas em pesquisa e apresentando todos dados necessários para apreciação ética.

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

A emenda apresenta todas as informações necessárias para avaliação ética. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, a Emenda pode ser enquadrada na categoria – APROVADO.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Em consonância com a resolução CNS 466/12 e a Norma Operacional CNS 001/13, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S<sup>a.</sup>, que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

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

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1509120_E3.pdf	10/02/2020 12:20:23		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.doc	18/01/2018 16:00:02	Cintia Renata Gonçalves da Cruz	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcleplataformabrasil.doc	18/01/2018 15:59:05	Cintia Renata Gonçalves da Cruz	Aceito
Folha de Rosto	Folharosto.docx	28/08/2015 15:22:36	Cintia Renata Gonçalves da Cruz	Aceito
Outros	vinculo.jpg	26/08/2015 20:11:11	Cintia Renata Gonçalves da Cruz	Aceito

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

**Bairro:** Vila Isabel

**CEP:** 20.551-030

**UF:** RJ

**Município:** RIO DE JANEIRO

**Telefone:** (21)2868-8253

**E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.957.309

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

RIO DE JANEIRO, 06 de Abril de 2020

---

**Assinado por:**  
**WILLE OIGMAN**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

**Bairro:** Vila Isabel

**CEP:** 20.551-030

**UF:** RJ

**Município:** RIO DE JANEIRO

**Telefone:** (21)2868-8253

**E-mail:** cep.hupe.interno@gmail.com

## ANEXO B - Submissão do 2º estudo

## RESPIRATORY CARE

### Effects of whole-body vibration exercise on postural balance and functionality in chronic obstructive pulmonary disease individuals: systematic review and meta-analysis

Journal:	<i>Respiratory Care</i>
Manuscript ID	Draft
Manuscript Type:	Systematic Review
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Bessa, Bruno ; Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Biofísica e Biometria Guedes-Aguiar , Eliane ; Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Biofísica e Biometria Bachur, José; Universidade de Franca Curso de Medicina, Medicina Coelho-Oliveira, Ana Carolina ; UERJ, Moura-Fernandes, Márcia; Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Biofísica e Biometria Reis-Silva, Aline; Universidade do Estado do Rio de Janeiro Sonza , Anelise ; Universidade do Estado de Santa Catarina, Fisioterapia Lacerda, Ana Cristina; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Fisioterapia; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional Mendonça, Vanessa ; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Fisioterapia; Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional Seixas , Aderito ; Fernando Pessoa University, Taiar, Redha; Université de Reims Champagne-Ardenne, GRESPI Bernardo-Filho, Mário ; Universidade do Estado do Rio de Janeiro Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Sá-Caputo, Danúbia; Universidade do Estado do Rio de Janeiro Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes,
Categories:	

## ANEXO C – Submissão da revisão sistemática



## Disability and Rehabilitation

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/idre20>

## Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review

**Bruno Bessa Monteiro-Oliveira, Ana Carolina Coelho-Oliveira, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Anelise Sonza, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo & Mario Bernardo-Filho**

To cite this article: Bruno Bessa Monteiro-Oliveira, Ana Carolina Coelho-Oliveira, Laisa Liane Paineiras-Domingos, Anelise Sonza, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo & Mario Bernardo-Filho (2021): Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review, *Disability and Rehabilitation*, DOI: [10.1080/09638288.2021.1994030](https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1994030)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1994030>



Published online: 26 Oct 2021.



Submit your article to this journal [↗](#)



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

Full Terms & Conditions of access and use can be found at  
<https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=idre20>

## REVIEW



## Use of surface electromyography to evaluate effects of whole-body vibration exercises on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly: a systematic review

Bruno Bessa Monteiro-Oliveira<sup>a,b,c</sup> , Ana Carolina Coelho-Oliveira<sup>a,b</sup> , Laisa Liane Paineiras-Domingos<sup>d</sup> , Anelise Sonza<sup>e</sup>, Danúbia da Cunha de Sá-Caputo<sup>b,c,f</sup>  and Mario Bernardo-Filho<sup>b</sup> 

<sup>a</sup>Programa de Pós-Graduação em Fisiopatologia Clínica e Experimental, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>b</sup>Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas, Departamento de Biofísica e Biometria, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>c</sup>Faculdade Bezerra de Araújo, Rio de Janeiro, Brazil; <sup>d</sup>Departamento de Fisioterapia, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia-UFBA, Salvador, Brazil; <sup>e</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil; <sup>f</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas, Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

### ABSTRACT

**Purpose:** Reduction of muscle strength and lean mass, increase in the risk of falls, higher mortality, and morbidity are observed in geriatric syndromes. Physical activity is an effective intervention in reducing signs and symptoms of geriatric syndromes. Whole-body vibration exercise (WBVE) is an intervention with low cost and has been effective.

**Materials and methods:** The aim of this systematic review aimed to determine the effects of WBVE on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly. Searches in PubMed, Embase, Science direct, and Scopus databases were conducted. Six studies, that analyzed the use of surface electromyography evaluating effects of WBVE on neuromuscular activation and muscle strength in the elderly, published in English, were included.

**Results:** Six studies were included. One hundred forty-six individuals participated in the studies and 24 were males (16.43%), with an average age of  $74.20 \pm 7.66$  years. Five publications were defined as “fair” methodological in the PEDro scale, the risk of bias was high and the risk of bias for non-randomized studies was moderate/high. In general, increased strength muscle was reported in the studies.

**Conclusion:** This systematic review suggests that WBVE might promote desirable neuromuscular responses in healthy elderly. However, it is necessary to perform further studies to reinforce the reported findings.

### ARTICLE HISTORY

Received 11 December 2020  
 Revised 9 October 2021  
 Accepted 12 October 2021

### KEYWORDS

Whole-body vibration exercise; elderly; electromyography; neuromuscular activation; muscle strength

### ► IMPLICATIONS FOR REHABILITATION

- The reduction in lean mass and consequent reduction in muscle strength are present in healthy elderly people and the whole-body vibration exercise can reduce or alleviate these symptoms caused by the geriatric syndrome.
- Whole-body vibration exercise is a training modality that increases neuromuscular activation and muscle strength.
- Surface electromyography is a useful tool for the evaluation of the neuromuscular activation of the muscle fibers.

## Introduction

Aging has a great impact on the world population and is associated with muscular, physiological, pathological, neural and skeletal, social and psychological degeneration, that, consequently reduces the motor function and the quality of life of the elderly [1,2]. Currently the elderly constitute a large and growing percentage of the world population [3].

Aging is associated with sarcopenia, a geriatric syndrome closely linked to the development of physical disability, loss of quality of life, and death. Sarcopenia is defined by a progressive

and widespread loss of skeletal muscle mass and strength [4]. Another syndrome closely related to aging and sarcopenia is frailty. Frailty is characterized by an age-associated decline in physiologic reserve and function across multi-organ systems, leading to increased vulnerability and adverse health-related outcomes [5–8].

Sarcopenia and frailty progress with advancing age and contribute also decreasing the walking speed of the elderly [9], favoring the increase in the risk of falls and fractures. These conditions can lead to hospitalization [10], the reduction of the quality of life [11], and the increase of the risk of physical disability, and

CONTACT Bruno Bessa Monteiro-Oliveira  [bessa.oliveira@gmail.com](mailto:bessa.oliveira@gmail.com)  Laboratório de Vibrações Mecânicas e Práticas Integrativas, Departamento de Biofísica e Biometria, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Policlínica Piquet Carneiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Av. Marechal Rondon, 381 - São Francisco Xavier, Rio de Janeiro - RJ Brazil.

consequently, to physical dependency and mortality [12]. Sarcopenia is considered a muscle disease (muscle failure), with low muscle strength overtaking the role of low muscle mass as the determinant [4]. A tool that could contribute to evaluating these undesirable neuromuscular muscular responses would be surface electromyography (EMGs) [13,14].

EMGs is a non-invasive technique that measures the electrical potentials and the level of recruitment of muscle fibers in a muscle, and it is used in research and clinical practice [15–17]. EMGs allow to evaluate the degree and duration of muscle activity, the change in the composition of the units motor (UM), and the occurrence of fatigue, due to muscle training programs [18]. The relevance of EMGs is due to a low-cost, easy-to-use technique that helps to improve the understanding and treatment of neurological conditions and is widely used in research in muscle physiology [19,20].

It is reported that the EMGs might identify a reduction in electrical activity due to the loss of UM [21,22]. Aging causes loss of UM, changes in the nervous system [23]. It is associated with reduced peripheral nerve regeneration and remodeling of the neuromuscular junction, which would be associated with poor muscle performance [24] leading to muscle atrophy. Moreover, there is a loss of the ability to expand the remaining UM through the collateral appearance of motor neurons survivors to reinnervate the muscle fibers that lose their innervation [25].

The Elderly has movement, physical and environmental restrictions and because of these restrictions, they choose to remain sedentary and inactive. In consequence, it is extremely desired to encourage them to perform physical exercise [26]. Physical exercise is a very effective non-pharmacological intervention to prevent effects of the aging [14,15]. Physical exercise decreases or reverses muscle weakness leading to muscle hypertrophy in healthy elderly people [27]. Authors demonstrated positive effects of exercise on the individual components of sarcopenia, such as muscle strength [27], muscle quality and quantity [28], and physical performance [28]. Nevertheless, it is relevant to identify alternative modalities of useful and suitable exercises, such as the whole-body vibration (WBV) exercise for the elderly. This type of exercise seems to have high relevance in geriatric rehabilitation as a form of physical exercise [29–31].

The WBV exercise is an exercise that has been established over the years in geriatric rehabilitation and has shown beneficial effects on the elderly. Studies have shown improvements in the quality of life, on the functionality [32], in addition to being a safe and effective strength-training tool in community-dwelling older adults [33]. The aim of this systematic review was to assess neuromuscular responses measured by EMGs in individuals exposed to WBV exercise.

## Methods

The review was based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA) guidelines [34] and the methods were prespecified in a protocol that was registered, under the number CRD42020188922, in the International Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) [35].

### Search methods for identification of relevant studies

The search string was [(whole-body vibration) OR (whole-body vibration) AND (electromyography) AND (elderly)] in electronic searches in PubMed, Embase, Science Direct, and Scopus databases were accessed for research on 13 August 2021.

The keywords used in the searches were defined based on the PICO strategy [36], focus on elderly patients (Participants) receiving WBV exercise (Intervention), control group (Comparison), all reported outcomes (Outcomes). This strategy allowed to consider all the relevant publications to the studied population.

### Eligibility criteria

#### Inclusion criteria

To be included in this systematic review, the publications must meet the search criteria and investigate the effects of WBV exercise in healthy elderly patients through EMGs, independently of the year of the publication. A flowchart (Figure 1), based on the PRISMA analysis shows the steps in the selection of the full papers analyzed in this review [34].

#### Exclusion criteria

Exclusion criteria allowed the elimination of unnecessary publications. Papers were excluded if: (i) published in a language other than English; (ii) with findings not related to healthy elderly and EMGs; (iii) replies, editorials, letters, abstracts, reviews, book or short communications; (iv) conducted with the animal; (v) conducted with other techniques than WBV; (vi) with combined techniques and (vii) with the occupational approach.

All duplicates references were removed. The review was conducted following four steps: (i) records were identified through database search and reference screening (Identification), (ii) two reviewers (B.B. and A.C.) independently examined titles and abstracts and irrelevant studies were excluded based on eligibility criteria (Screening), (iii) relevant full texts were analyzed for eligibility (Eligibility), and all relevant studies were included in the systematic review, and (iv) the disagreement was resolved by a third reviewer (M.B.-F.). The same researchers were responsible for data extraction from the included studies. Data regarding study information (author and year), study design, demographics (sample size, age, sex, and body mass index), intervention protocols, WBV exercises intervention, and results were extracted.

The level of evidence selected for each selected publication was individually assessed by using The National Health and Medical Research Council hierarchy of evidence (NHMRC) [37], as it is defined in Table 1.

The methodological quality of the included studies was assessed using the PEDro scale. It is a tool used in physical therapy and rehabilitation that consists of eleven items and uses a score from 0 to 10 to define quality. Articles can be classified as low quality (0–4 points), fair (5–6 points), and high (above 7 points) [10,38].

To assess the risk of bias, the Cochrane collaboration tool was used. This tool classifies the article as low risk of bias, uncertain risk of bias, and high risk of bias [39]. To assess the risk of bias in a non-randomized clinical trial, the ACROBAT-NRSI instrument (“A Cochrane bias risk assessment tool for non-randomized studies”) was used, which compares the effects of health interventions. ACROBAT-NRSI covers seven domains divided into pre-intervention, intervention, and post-intervention. Each item was classified as the low, moderate, severe, or critical risk of bias and it is necessary to inform when no information is present [40].

Two reviewers used the PEDro scale, ACROBAT-NRSI, the Cochrane Collaboration tool to assess the risk of bias (B.B. and A.C.) and the third researcher solved any conflicts (M.B.-F.).

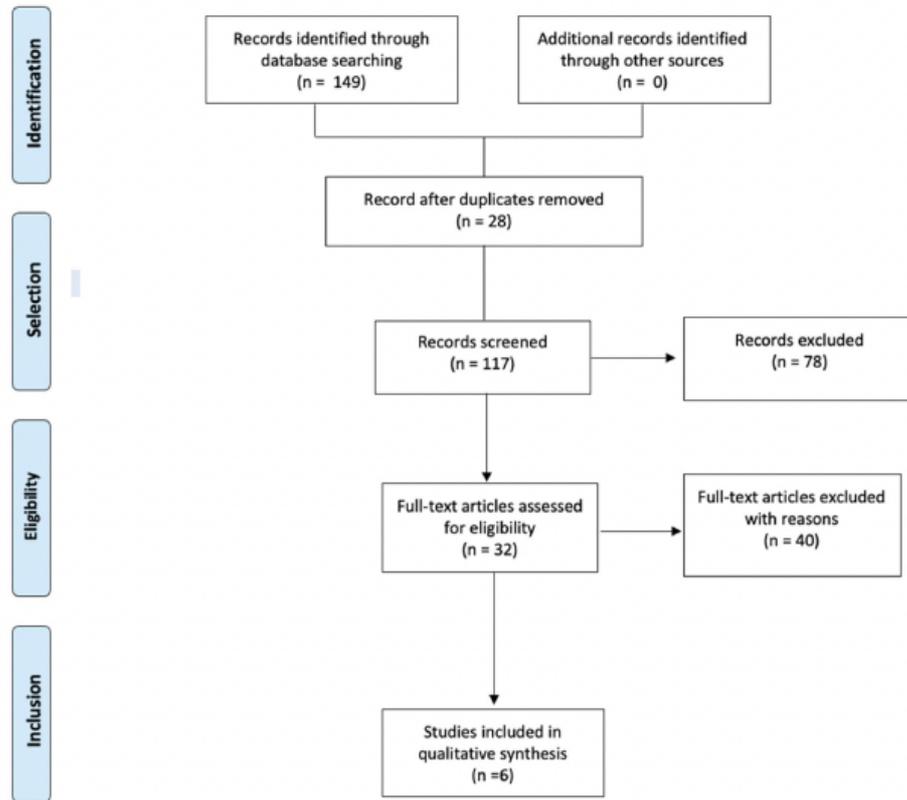


Figure 1. PRISMA flow diagram of the literature selection process.

Table 1. Level of evidence (National Health and Medical Research Council hierarchy of evidence-NHMRC).

Level of evidence	Definition
I	The systematic review of level II studies.
II	Randomized controlled trial.
III-1	The pseudo-randomized controlled trial (alternate allocation, as a crossover study or some other similar method).
III-2	The comparative study with concurrent controls (non-randomized experimental trial, cohort study, case-control study, interrupted time series with a control group).
III-3	The comparative study without concurrent control (historical control, two or more single-arm study, interrupted time series without a parallel control group).
IV	The case series with either post-test or pretest/post-test outcomes.

## Results

A total of 149 studies was identified through a database search and, after the removal of 28 duplicates, 117 studies were considered. During the screening process, 78 publications were excluded for not being related to the research question, and the full text of 32 studies was reviewed in detail. After careful analysis, 40 studies were excluded (eight review articles, six did not use WBV exercise, six off-topic, one study with associated disease [stroke], and 11 books). Finally, six studies were included in the systematic review. The selection process is summarized in Figure 1.

A total of 146 subjects was recruited, 24 males (16.43%) and 122 (83.56%) females with an average age of  $74.2 \pm 7.66$  years.

Table 3 shows the characteristics of the participants, the aims of the studies, intervention protocol, biomechanical and biophysical parameters of the WBV exercise intervention, results of the selected articles, and the level of evidence of the selected papers.

The average score of the methodological quality of the six selected studies, according to the PEDro scale, was six points, being classified as fair (Table 2). One study [41] was "high" quality and five were "fair" [42–46].

The level of evidence (NHMRC, 2003–2007) [37] of three studies included in the current review was LE II [41,42,46], one study, LE III-1 [43], and two studies, LE III-2 [44,45].

ACROBAT-NRSI instrument was used to evaluate the non-randomized studies (Figure 2) [44,45]. Cristi et al. [44] had a moderate overall risk and Lam et al. [45] had a critical overall risk of bias.

The risk of bias of the included publications was assessed with the Cochrane risk of bias tool (Figure 3). All the studies [41–43,46] were classified as high risk of bias.

The level of evidence varied between II and III-2, two works with a level of evidence of II [41,46] and four works with a level of III 2 [42–45].

In Table 3, it is shown that several outcomes were assessed: (i) Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) [41], (ii) neuromuscular activation using the surface EMG pattern [root mean square (RMS)], Vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL), biceps femoris (BF), biceps brachialis(BB), gastrocnemius (GS), medial gastrocnemius (MG), lateral gastrocnemius (LG), tibialis anterior (TA), soleus (SOL), medial hamstring (MH), lumbar paravertebral, and trapezius [41–46], (iii) Muscle cross-sectional area (CSA) of the

dominant-leg VM, VL, BF [41], (iv) Leg-press MVIC test of the leg extensors (hip, knee, and ankle extensors) [41,44], (v) Maximal power test at 20, 40, and 60% of MVIC [41,44], (vi) Mobility: Timed Up and Go (TUG) test [41], (vii) Rating of perceived exertion (RPE) [43], (viii) Anthropometric measures [44], Senior Fitness Test (SFT) [44], (viii) C-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6), interleukin-β (IL-1β), tumor necrosis factor-α (TNF-α), interleukin-10 (IL-10), and mRNA levels, (ix) Muscle Force Estimation of Medial Gastrocnemius Muscle Force [46], (x) Measurement of Tendon Elongation [46], and (xi) maximum voluntary contractions (MVC)

during bilateral ankle plantarflexion/dorsiflexion and knee extension/flexion [46].

Regarding the main findings, WBV exercise improves MVIC and increases muscle power assessed by the leg-press test [41,44,46], Machado et al. [41] reported that WBV training prevented the decrease in muscle power in the intervention group and women in the control group showed decreased muscle power at 20, 40, and 60% MVIC pre-test to post-test. Cristi et al. [44] reported a significant ( $p < 0.05$ ) increase in leg-extension MVIC, maximal power 20%, maximal power 40%, maximal power 60%. Han et al. [46] reported that muscle strength gradually increases over the four-week training period in groups that were exposed to WBV increases thigh transverse area ( $p < 0.05$ ), Machado et al. [41] reported an increase in the cross-sectional area of the thigh muscle after WBV training ( $p < 0.05$ ), Marin et al. [43] reported that a single session of WBV increased the activation of muscles and RPE when the intensity/acceleration of vibration increased. Lower limb and whole-body EMGs were observed to be significantly greater at high than at low amplitude and significantly greater when a soft mat was used. Marín et al. [42] demonstrated that WBV increases both, lower and upper body muscle activity in healthy older adults. Lower body sEMG showed a significant WBV condition main effect  $p < 0.001$  and a significant WBV condition by soft mat interaction ( $p < 0.005$ ). Muscle VL ( $p < 0.001$ ) and MG ( $p < 0.001$ ) sEMG showed, a significant WBV condition main effect ( $p < 0.01$ ). Han et al. [46] reported that there was no significant change in the activation levels of each evaluated muscle MG, LG, SOL, and TA during the training and detraining periods. Cristi et al. [44] reported a significant reduction in RMS in muscles VL ( $p = 0.009$ ) and VM ( $p = 0.02$ ) after nine weeks of intervention. Lam et al. [45] reported that significantly higher muscle activity was recorded in the VL that was influenced by the intensity of the WBV ( $p = 0.015$ ) and the exercise ( $p < 0.001$ ) in the EMG amplitude of the VL was significant and the exercise  $\times$  intensity

Table 2. Methodological quality assessment of the included studies with PEDro scale.

Reference item	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Machado et al. (2010)	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	7/10
Marín et al. (2012a)	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	6/10
Marín et al. (2012b)	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	6/10
Cristi et al. (2014)	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	6/10
Lam et al. (2016)	Yes	No	Yes	No	No	14.2%	Yes	Yes	Yes	Yes	6/10
Han et al. (2017)	Yes	No	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	6/10

(2) Subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received); (3) allocation was concealed; (4) the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators; (5) there was blinding of all subjects; (6) there was blinding of all therapists who administered the therapy; (7) there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome; (8) measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups; (9) all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat"; (10) the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome; (11) the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome. Green = yes; Red = no.

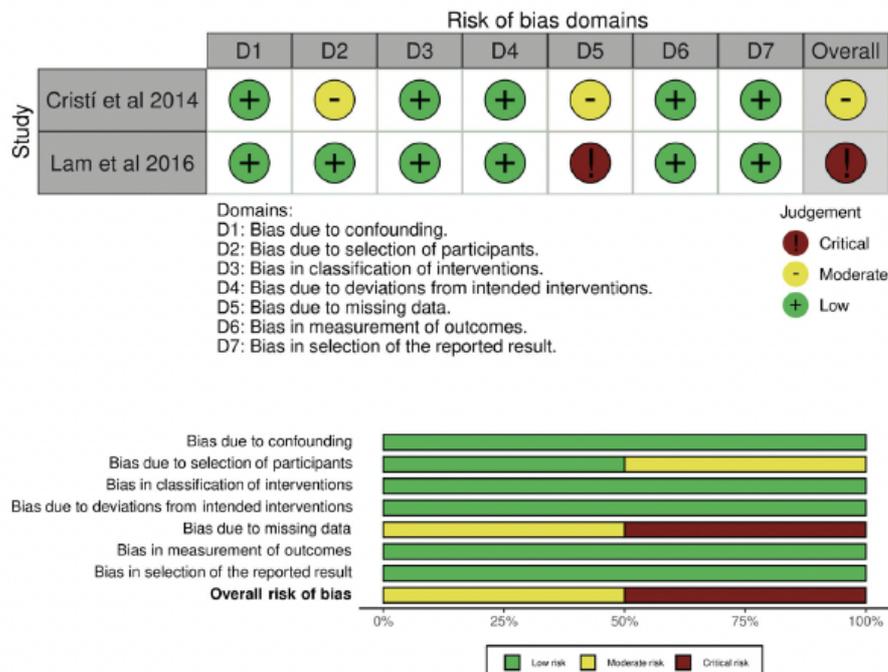


Figure 2. ACROBAT-NRSI instrument.

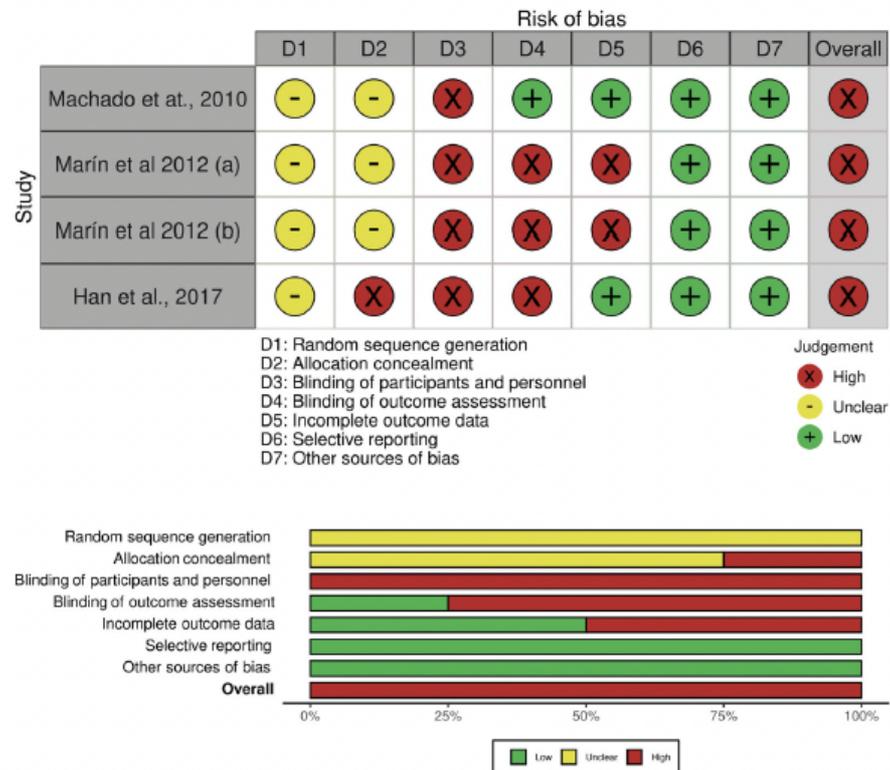


Figure 3. Cochrane risk of bias tool.

interaction ( $p=0.002$ ) was also significant, indicating that the effect of WBV intensity on EMG amplitude was exercise-dependent, the EMG amplitude of BF was significantly influenced by WBV intensity ( $p=0.005$ ) but the effect of exercise ( $p=0.206$ ) and exercise  $\times$  intensity interaction effect on EMG amplitude were not significant ( $p=0.386$ ). The EMG amplitude of the AT was significantly influenced by the exercise ( $p<0.001$ ), but not the intensity of the WBV ( $p=0.847$ ). The exercise  $\times$  intensity interaction effect was not significant ( $p=0.111$ ), and the GS EMG amplitude was significantly affected by the intensity of WBV ( $p<0.001$ ) and exercise ( $p<0.001$ ). The effect of exercise  $\times$  intensity interaction was not significant ( $p=0.052$ ) when WBV was added to the exercises, compared with the same exercises without WBV ( $p\leq 0.015$ ). The sample size varied from 14 [43] to 40 [46] individuals.

A detailed description of the WBV exercise protocol is presented in Table 3, as biomechanical parameters (the frequency and amplitude or peak-to-peak displacement of the mechanical vibration generated in the vibrating platform (VP), biophysical parameters (the position of the individual in the base of the VP) and a description of the protocols used. Vertical vibration was the type of VP used by five works [41–45] and one work did not specify the type of VP used [46]. In general, the patients stood on the base of the VP with several positions (squat, half-squat, deep squat, a wide-stance squat, calves, semi-squat, squat + bilateral biceps, semi-squat plus biceps curl, squat + bilateral shoulders erect standing, tip-toeing, single-leg-standing (right leg), two legs calf raise, half squat and heel down, one leg calf raise, high squat, deep squat, and forefoot standing) varying in static and/or dynamic. Considering the biomechanical parameters, the range of

the frequency of the mechanical vibrations varied from 0 up to 45 Hz; one work used two frequencies (30 and 40 Hz) [45], two works used three frequencies (0–46 Hz) [42,43], two works used four frequencies (0–45 Hz) [44,46] and one work used five frequencies (20–40 Hz) [41].

Considering acute and cumulative effects, three works evaluated acute effects of the WBV exercise after performed a single set of exercises [42,43,45]. The other works that evaluated chronic effects used protocols ranging from eight to ten weeks, one work applied eight weeks of WBV exercise once a week [46], one work applied nine weeks, three times a week [44] and one work applied ten weeks of WBV exercise and varied between three to five times per week [41].

Regarding the use of tennis, in three works, the individuals used sport tennis [42–44], but, three works did not mention whether individuals used sport tennis during WBV exercise [41,45,46].

## Discussion

The main aim of this systematic review was to assess the effect of WBV exercise in neuromuscular activation through sEMG after analyzing the included studies, the results suggest that WBV exercise may be a valid intervention to promote neuromuscular responses and increased muscle strength in elderly people. Moreover, it is strongly relevant to highlight the importance of the sEMG in studies with the elderly, once since this technique quantitatively evaluates the muscles. sEMG permits the measurement of the data along with the movements of the human body differently from electroneuromyography, which is an invasive

Table 3. Description of the characteristics of the selected studies.

Study	Study design	Demographics	Intervention protocol	Biomechanical and biophysical parameters of the WBV exercise intervention	Results	LE
Machado et al. (2010)	RCT	N = 26 females WBV group: n = 13 CON n = 13 WBV Age 79.3 ± 7.3 y Height 149.2 ± 4.5 cm Body mass 63.7 ± 10.4 kg BMI 28.6 ± 4.0 kg/m <sup>2</sup> CON Age 76.2 ± 8.4 y Height 156.6 ± 5.2 cm Body mass 72.5 ± 13.6 kg BMI 29.4 ± 4.6 kg/m <sup>2</sup>	3–5 × for week 10 weeks Warm-up: 10-min, aerobic exercise and stretching. The end of the session, participants performed a cooling-down period	VP: vertical A: 2–4 mm F: 20–40 Hz Duration: 30–60 s/set Rest 120–180 s Modality: static and dynamic exercises Position: half-squat and a deep squat, a wide-stance squat, and calves	MVIC increased 38.8% in the WBV group ( $p < 0.05$ ), without changes in the CON group. sEMG revealed only a significant muscle main effect ( and a group, muscle interaction. Post-hoc test also detected differences in BF between groups. CSA muscle: Post-hoc tests showed a significant increase for VM (8.7%) and BF (15.5%) CSA after 10 weeks of WBV training. In contrast, no changes were detected in the CON group. Muscle power at 20, 40, and 60% MVIC decreased from pre-test to post-test in the CON group. TUG test increased significantly after training WBV group.	II
Marín et al. (2012a)	Experimental study	N = 20 (17 females/3 males) Age: 79.6 ± 3.2 y	One single set. Warm-up: 5-min unloaded cycling was administered before all testing. After that, the subjects were exposed to 12 different vibration treatments. The subjects wore gymnastic shoes	VP: vertical A: 1–3.1 mm F: 25, 35, and 45 Hz. Duration 15 s/set Rest 60 s Position: knee angle 30°. Flexion wear Modality: static squat	WBV increased lower body (VL and MG) EMG vs. baseline (no WBV) though this was decreased with the use of the soft mat. The addition of the bicep curl with hand straps had no effect on lower body sEMG. WBV also increased BB EMG vs. baseline which was further increased when using the hand straps. There was no upper body effect of the soft mat	III 2
Marín et al. (2012b)	Crossover experimental study	N = 14 (9 females/5 males). Age 74.8 ± 4.5 y BMI 65.9 ± 10.3 kg/m <sup>2</sup> Height 159.7 ± 9.1 cm	One single set. Warm-up: 5-min walking at 6 km/h, two sets of 15 sit-stands and two sets of 10 biceps curl. Subjects were exposed to 12 different test conditions. Subjects wore sports shoes. 3 × for weeks = 27 training 9 weeks 24 h between sessions, the subjects were asked to wear the same gymnastic-type shoes	VP: vertical A: 0, 1.1, and 2.5 mm F: 0, 36, and 46 Hz Duration 15 s Rest 60 s Positions: semi-squat and semi-squat plus biceps curl Modality: static	Three-factor analysis of variance for RPE and both lower and whole-body sEMGs revealed a significant amplitude main effect, and soft mat effect, and a significant frequency main effect. The major findings were that sEMG and RPE increased.	III 2
Cristí et al. (2014)	Experimental study	N = 16 (7 females/9 males) Age 81.1 ± 1.2 y Body mass 67.3 ± 3.6 kg BMI 27.4 ± 1.6 kg/m <sup>2</sup> Height 158.0 ± 8.0 cm	Subjects wore sports shoes. 3 × for weeks = 27 training 9 weeks 24 h between sessions, the subjects were asked to wear the same gymnastic-type shoes	VP: vertical A: 2 mm F: 35–40 Hz Duration 30–50 s Rest 3 m Peak acceleration: 3.6–6.4 g Positions: squat, deep squat, wide stance squat, Calves, squat + bilateral biceps, squat + bilateral shoulders Modality: static and dynamic VP: vertical A: 0.6 and 0.9 mm F: 30 and 40 Hz Peak acceleration: 3.40, 3.65, and 5.50 g Duration: not reported Rest: not reported Positions: erect standing, static	There was a significant increase in MVIC and EMG between pre- and post-training conditions. Muscle power values, reached at 20, 40, and 60% MVIC, were also significantly greater after training. There were no significant changes for the following variables mRNA or protein levels for C-reactive protein, interleukin-6, interleukin-1β, tumor necrosis factor-α, and interleukin-10. Significantly greater muscle activity was recorded in VL, BF, and GS when WBV was added to the exercises; compared with the same exercises without. The effect of vibration intensity on EMG amplitude was exercise dependent in VL, and this effect was marginally significant in GS. The EMG activity induced by the four WBV	III 2
Lam et al. (2016)	Experimental study	N = 30 (23 females/7 men) Age = 61.4 ± 5.3 y	One single set. Five testing conditions (four WBV conditions (condition 1: f = 30 Hz, a = 0.6 mm, intensity = 2.25 units of Earth's gravity (g); condition 2: 30 Hz,			

(continued)

Table 3. Continued.

Study	Study design	Demographics	Intervention protocol	Biomechanical and biophysical parameters of the WBV exercise intervention	Results	LE
Han et al. (2017)	RCT	N=40 40 females CON, n =15 ET, n =13 VI, n =12 Age: 69.0±4.0 y Body mass 60.1±7.5 kg Height: 155.2±4.9 cm	0.9mm, 3.40g; condition 3: 40 Hz, 0.6 mm, 3.65 g; condition 4: 40 Hz, 0.9mm, 5.50g) and a no WBV). All participants were asked to perform seven different exercises, yielding a total of 35 testing conditions 1x for week 4weeks of training 1, 4, 8, and 12 week evaluation Various prescribed intensity modulation protocols.	semi-squat, static deepsquat, static tip-toeing, static single-leg-standing, dynamic semi-squat, and dynamic deep squat Modality: static and dynamic	intensities was largely similar, and was the most pronounced during static erect standing and static single-leg standing.	
				VP: not reported A: 1.1 and 2.5 mm F: 25, 30, 35, and 40 Hz Duration 30, 35, 40, 45, 50, 55 and 60 s Rest 120, 150, and 180 s Positions: two leg calf raise, half squat and heel down, half squat and one leg calf raise. Modality: static and dynamic	The muscle force gradually increased throughout the training period, a significant increase in tendon stiffness was observed after 8 weeks. EMG—There was no significant change in the activation.	II

A: amplitude; BMI: body mass index; BF: biceps femoris; BB: biceps brachialis; CON: control; EMG: electromyographic; F: frequency; GS: gastrocnemius; LG: lateral gastrocnemius; LE: level of evidence; MVC: maximal voluntary isometric contraction; MG: medial gastrocnemius; MH: medial hamstring; M: minute; mm: millimeters; CSA: muscle cross-sectional area; RPE: rating of perceived exertion; RCT: randomized controlled study; SFT: senior fitness test; TA: tibialis anterior; SOL: soleus; s: subject; TUG: surface timed up and go test; VM: vastus medialis; VL: vastus lateralis; VP: vibrating platform; WBV: whole-body vibration; y: years.

technique because it uses specific needles to evaluate the UM and the muscle in isometric contraction.

All studies evaluated healthy elderly individuals. Four studies [42–45] evaluated healthy elderly and two studies assessed only elderly women [41,46].

Wadsworth et al. [32] reported that WBV is efficient, safe for the elderly, and can reduce the effects of sarcopenia by increasing functionality. Bembem et al. [47] reported in their review improvements in balance and strength of the plantar flexors after WBV and the benefit to reduce the risk and incidence of falls, fragility, and fracture risks.

The average methodological quality of this review was considered fair according to a PEDro scale. The items on the PEDro scale that were most rated as unsatisfactory were items three, four, five, six, and seven. Five [42–46] studies were penalized for not satisfying items three, four, five, six, and seven, and one study [41] was not penalized in item seven as it was considered satisfactory. Item three assesses the blinding of the allocation of individuals, while items five, six, and seven assess the blinding of studies and, due to the absence of blinding of allocation, individuals, therapists, or evaluators influenced this penalty. Machado et al. [41] were the only ones that satisfied item seven that assesses the blinding of all advisors who measured at least one key outcome. Considering the risk of bias for a randomized clinical trial, the main reason for the high risk of the selected publications was the lack of blinding of participants and researchers and all studies were classified as high risk of bias in this item and Considering the risk of bias for non-randomized clinical trial the main reason for moderate/high risk of bias was the missing data (item five).

#### Effects on neuromuscular responses

Two works reported did not improve on muscular activity after WBV exercise [41,46] and works with similar results were found. On the other hand, four works reported enhancing muscular activation after WBV exercise [42–45] reported corroborating the current literature, which also shows an increase in neuromuscular activation after WBV exercise in different populations. However, it is important to consider that the studies used different types of VP (alternating and vertical), different biomechanical parameters of the mechanical vibration (frequency and amplitude), and positioning on the VP. In addition, the condition of being in shoes or not can also influence the transmission of the stimulus and consequent neuromuscular activation. One work suggested that wearing shoes reduces the neuromuscular response to WBV exercise stimuli compared to the individual without shoes [48].

#### Effects on muscle responses

Bemben et al. [39] and Ramos et al. [40] suggest significant improvements after WBV exercise in plantar and leg flexion muscle strength and quadriceps muscle strength in elderly individuals. Le et al. [49] reported significant improvement in muscle strength and balance, and reduced reglycated hemoglobin (HbA1c), after six weeks of WBV exercise in elderly diagnosed with diabetic neuropathy.

In a systematic review and meta-analysis, Jepsen et al. [50] assessed the effects of WBV exercise on fracture risk in adults aged 50 years and over, and it was reported that WBV exercise reduces the risk of falling but does not appear to have a general effect on bone mineral density or bone microarchitecture. It is suggested that from these improvements, the WBV exercise is beneficial for balance by reducing the risk and probability of

falling, fragility, and risk of fracture. In contrast to these findings, a single study included in the current review reported a significant decline in muscle power in the control group and found no significant improvement in the intervention group after exposure to WBV exercise [41].

#### Effects on physical functionality test

Machado et al. [41] reported improvement in the TUG test after ten weeks of training 3–5 times per week and Cristi et al. [44] reported improvement of three of five items to do SFT after nine weeks of training three times a week. Other authors have reported equivalent results after the WBV exercise. Pérez-Gómez et al. [51] reported improvements in senescence marker protein 30 (SPM30), TUG and 6-min walk test (6MWT) in post-menopausal women after training for three months with three sessions per week, with fixed amplitude and the frequency increasing every month (from 12 to 24 Hz) and Zhang et al. [33] reported improvements TUG test in elderly after eight weeks with three sessions per week, with amplitude ranging between 1 and 3 and frequency between 6 and 26 Hz. Wadsworth et al. [32] suggested that sixteen weeks of low-level WBV exercise provides easily accessible, the adequate stimulus for the frail elderly to attain improved levels of physical functionality. In a systematic review and meta-analysis, Alvarez-Barbosa et al. [52] reported that WBV exercise could improve functional mobility in institutionalized elderly.

#### Effects on inflammatory and hormonal markers

Few studies evaluated the effects of WBV exercise on inflammatory markers in the elderly. One work [44] reported effects of WBV exercise on inflammatory markers and did not significantly improve after the training of nine weeks. Two studies evaluated the effects of WBV exercise on inflammatory markers and found no significant improvement in the acute intervention [53] or after twelve weeks of training [54]. In another work [55] that evaluated the effects of WBV exercise, improvements on the pattern of inflammatory markers in elderly patients with osteoarthritis after 12 weeks of training were found. Cardinale et al. [56] assessed the acute effect of WBV exercise in the elderly and reported an increase in circulating levels of Insulin-like growth factor 1 (IGF-1) and cortisol after a single session of WBV exercise. Moreover, Elmantaser et al. [57] reported an increase in circulating growth hormone (GH) and a decrease in circulating cortisol after 16 weeks.

The strength of the current system is related to the presentation of the use of EMGs to evaluate the effects of WBV exercise on neuromuscular activation and muscle strength in healthy elderly.

Although important findings are presented, some limitations in this systematic review must be pointed out, such as only three databases were used. Some search terms were used, but, the addition of others could provide more results if this broader search strategy was used. In addition, within the included studies, there are limitations in terms of study design, heterogeneity of the WBV exercise protocols. Despite the elderly, there was heterogeneity as to gender, as some studies only evaluated females and this heterogeneity makes it very difficult to compare studies and interpret the effects of WBV exercise. Demographic data were not always available, lack of description of the VP type, and some incomplete protocols. In consequence, the results of this systematic review should be interpreted with caution.

#### Conclusion

Considering the findings presented in the current systematic review, it is possible to conclude that the WBV exercise can increase desirable neuromuscular responses in healthy elderly. Nevertheless, further studies are needed to corroborate the findings of this systematic review.

#### Acknowledgments

The authors of this study are so thankful to Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), and Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

#### Disclosure statement

The authors have no conflicts of interest to declare.

#### Funding

The author(s) reported there is no funding associated with the work featured in this article.

#### ORCID

Bruno Bessa Monteiro-Oliveira  <http://orcid.org/0000-0003-3000-198X>

Ana Carolina Coelho-Oliveira  <http://orcid.org/0000-0002-5491-6060>

Laisa Liane Paineiras-Domingos  <http://orcid.org/0000-0003-3451-5056>

Danúbia da Cunha de Sá-Caputo  <http://orcid.org/0000-0002-9263-1576>

Mario Bernardo-Filho  <http://orcid.org/0000-0002-4718-448X>

#### References

- [1] McNeil CJ, Rice CL. Neuromuscular adaptations to healthy aging. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2018;43(11):1158–1165. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2018-0327>
- [2] Amarya S, Singh K, Sabharwal M. Changes during aging and their association with malnutrition. *J Clin Gerontol Geriatr*. 2015;6(3):78–84. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210833515000672>
- [3] Nations Department of Economic U, Affairs S, Division P. World population ageing 2019 highlights. UN; 2019. Available from: [https://www.un-ilibrary.org/population-and-demography/world-population-ageing-2019-highlights\\_9df3caed-en](https://www.un-ilibrary.org/population-and-demography/world-population-ageing-2019-highlights_9df3caed-en)
- [4] Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48:16–31. Available from: <https://academic.oup.com/ageing/article/48/1/16/5126243>
- [5] Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001;56(3):M146–M157. Available from: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/56.3.M146>
- [6] Xue Q-LL. The frailty syndrome: definition and natural history. *Clin Geriatr Med*. 2011;27(1):1–15. Available from:

- <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0749069010000832>
- [7] Fulop T, Larbi A, Witkowski JM, et al. Aging, frailty and age-related diseases. *Biogerontology*. 2010;11(5):547–563. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s10522-010-9287-2>
  - [8] Bernabeu-Wittel M, González-Molina Á, Fernández-Ojeda R, et al. Impact of sarcopenia and frailty in a multicenter cohort of polypathological patients. *JCM*. 2019;8(4):535. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-0383/8/4/535>
  - [9] Morley JE, Malmstrom TK. Frailty, sarcopenia, and hormones. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2013;42(2):391–405. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889852913000169>
  - [10] Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, et al. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003;83(8):713–721. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article/83/8/713/2805287>
  - [11] Beaudart C, Biver E, Reginster J-Y, et al. Validation of the SarQoL<sup>®</sup>, a specific health-related quality of life questionnaire for sarcopenia. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017;8(2):238–244. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jcsm.12149>
  - [12] Senior HE, Henwood TR, Beller EM, et al. Prevalence and risk factors of sarcopenia among adults living in nursing homes. *Maturitas*. 2015;82(4):418–423. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378512215300414>
  - [13] Robinson AJ, Snyder-Mackler L. *Eletrofisiologia Clínica – Eletroterapia e teste eletrofisiológico*. 2nd ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
  - [14] Merletti R, Parker P. *Electromyography: physiology, engineering, and noninvasive applications*. 1st ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc.; 2004.
  - [15] DeVries HA. Muscles alive—their functions revealed by electromyography. *Med Sci Sports Exerc*. 1976;8:iv. Available from: <http://journals.lww.com/00005768-197621000-00002>
  - [16] Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography*. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins; 1985.
  - [17] Laveneziana P, Albuquerque A, Aliverti A, et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *Eur Respir J*. 2019;53(6):1801214.
  - [18] Rau G, Schulte E, Disselhorst-Klug C. From cell to movement: to what answers does EMG really contribute? *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(5):611–617. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1050641104000239>
  - [19] Hogrel J-Y. Clinical applications of surface electromyography in neuromuscular disorders. *Neurophysiol Clin*. 2005;35(2-3):59–71. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S098770530500033X>
  - [20] Al-Mulla MR, Sepulveda F, Colley M. A review of non-invasive techniques to detect and predict localised muscle fatigue. *Sensors*. 2011;11(4):3545–3594.
  - [21] Clark DJ, Patten C, Reid KF, et al. Impaired voluntary neuromuscular activation limits muscle power in mobility-limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010;65(5):495–502. Available from: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/gdq012>
  - [22] Klass M, Baudry S, Duchateau J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol*. 2008;104(3):739–746. Available from: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/japplphysiol.00550.2007>
  - [23] Manini TM, Hong SL, Clark BC. Aging and muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2013;16(1):21–26. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00075197-201301000-00005>
  - [24] Hepple RT, Rice CL. Innervation and neuromuscular control in ageing skeletal muscle. *J Physiol*. 2016;594(8):1965–1978. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1113/JP270561>
  - [25] Hepple RT. When motor unit expansion in ageing muscle fails, atrophy ensues. *J Physiol*. 2018;596(9):1545–1546. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1113/JP275981>
  - [26] Maula A, LaFond N, Orton E, et al. Use it or lose it: a qualitative study of the maintenance of physical activity in older adults. *BMC Geriatr*. 2019;19(1):349. Available from: <https://bmcgeriatr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12877-019-1366-x>
  - [27] Bloom I, Shand C, Cooper C, et al. Diet quality and sarcopenia in older adults: a systematic review. *Nutrients*. 2018;10(3):308.
  - [28] Tsuzuku S, Kajioka T, Sakakibara H, et al. Slow movement resistance training using body weight improves muscle mass in the elderly: a randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*. 2018;28(4):1339–1344. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/sms.13039>
  - [29] Tsuji T, Kitano N, Tsunoda K, et al. Short-term effects of whole-body vibration on functional mobility and flexibility in healthy, older adults: a randomized crossover study. *J Geriatr Phys Ther*. 2014;37(2):58–64. Available from: <http://journals.lww.com/00139143-201404000-00003>
  - [30] Lau RWK, Liao L-R, Yu F, et al. The effects of whole body vibration therapy on bone mineral density and leg muscle strength in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil*. 2011;25(11):975–988. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215511405078>
  - [31] Cochrane DJ. Vibration exercise: the potential benefits. *Int J Sports Med*. 2011;32(2):75–99. Available from: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0030-1268010>
  - [32] Wadsworth D, Lark S. Effects of whole-body vibration training on the physical function of the frail elderly: an open, randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020;101(7):1111–1119.
  - [33] Zhang L, Weng C, Liu M, et al. Effect of whole-body vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2014;28(1):59–68. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0269215513492162>
  - [34] Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and Meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ*. 2009;339:b2700. Available from: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.b2700>
  - [35] Pacheco RL, Latorraca CdOC, Martimbianco ALC, et al. PROSPERO: base de registro de protocolos de revisões sistemáticas. *Estudo descritivo*. *Diagn Trat*. 2018;23:101–104. Available from: [http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/01/969297/rdt\\_v23n3\\_101-104.pdf](http://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/01/969297/rdt_v23n3_101-104.pdf)
  - [36] Costantino G, Montano N, Casazza G. When should we change our clinical practice based on the results of a clinical study? The hierarchy of evidence. *Intern Emerg Med*.

- 2015;10(6):745–747. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25860505/>
- [37] Merlin T, Weston A, Tooher R. Extending an evidence hierarchy to include topics other than treatment: revising the Australian 'levels of evidence'. *BMC Med Res Methodol.* 2009;9:34. Available from: <https://bmcmmedresmethodol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2288-9-34>
- [38] de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 2009;55(2):129–133. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0004951409700431>
- [39] Higgins JPT, Altman DG, Gotzsche PC, et al. The cochrane collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ.* 2011;343:d5928. Available from: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.d5928>
- [40] Sterne JAC, Higgins JPT, Sterne J, et al. A cochrane risk of bias assessment tool: for non-randomized studies of interventions (ACROBAT-NRSI). Version 1.0.0 [Internet]; 2014 [cited 2021 April 13]. Available from: <http://www.riskofbias.info>
- [41] Machado A, García-López D, González-Gallego J, et al. Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(2):200–207. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0838.2009.00919.x>
- [42] Marín PJ, Herrero AJ, García-López D, et al. Acute effects of whole-body vibration on neuromuscular responses in older individuals: implications for prescription of vibratory stimulation. *J Strength Condit Res.* 2012;26(1):232–239. Available from: <http://journals.lww.com/00124278-201201000-00031>
- [43] Marín PJ, Santos-Lozano A, Santin-Medeiros F, et al. Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older adults: potential use of vibration accessories. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(3):456–462. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1050641112000326>
- [44] Cristi C, Collado PS, Márquez S, et al. Whole-body vibration training increases physical fitness measures without alteration of inflammatory markers in older adults. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(6):611–619. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17461391.2013.858370>
- [45] Lam FMH, Liao LR, Kwok TCY, 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.* 2016;88:59–64. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378512216300421>
- [46] Han S, Lee D, Choi D-S, et al. Asynchronous alterations of muscle force and tendon stiffness following 8 weeks of resistance exercise with whole-body vibration in older women. *J Aging Phys Act.* 2017;25(2):287–294. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/japa/25/2/article-p287.xml>
- [47] Bemben D, Stark C, Taiar R, et al. Relevance of whole-body vibration exercises on muscle strength/power and bone of elderly individuals. *Dose-Response.* 2018;16(4):155932581881306. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30559636/>
- [48] Marín PJ, Bunker D, Rhea MR, et al. Neuromuscular activity during whole-body vibration of different amplitudes and footwear conditions: implications for prescription of vibratory stimulation. *J Strength Condit Res.* 2009;23:2311–2316. Available from: <http://journals.lww.com/00124278-200911000-00017>
- [49] 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(4):305–314. Available from: <http://jlc.jst.go.jp/DN/JST.JSTAGE/tjem/231.305?lang=en&from=CrossRef&type=abstract>
- [50] Jepsen DB, Thomsen K, Hansen S, et al. Effect of whole-body vibration exercise in preventing falls and fractures: a systematic review and Meta-analysis. *BMJ Open.* 2017;7(12):e018342.
- [51] Pérez-Gómez J, Adsuar JC, García-Gordillo MÁ, et al. Twelve weeks of whole body vibration training improve regucalcin, body composition and physical fitness in postmenopausal women: a pilot study. *IJERPH.* 2020;17(11):3940.
- [52] Alvarez-Barbosa F, del Pozo-Cruz J, del Pozo-Cruz B, et al. Effects of whole-body vibration on functional mobility, balance, gait strength, and quality of life in institutionalized older people: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Aging Phys Act.* 2020;28(2):219–230. Available from: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/japa/28/2/article-p219.xml>
- [53] Lage VKS, Lacerda ACR, Neves CDC, et al. Acute effects of whole-body vibration on inflammatory markers in people with chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *Rehabil Res Pract.* 2018;2018:5480214–5480217. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/rrp/2018/5480214/>
- [54] Neves CDCC, Lacerda ACR, Lage VKSS, et al. Whole body vibration training increases physical measures and quality of life without altering inflammatory-oxidative biomarkers in patients with moderate COPD. *J Appl Physiol.* 2018;125(2):520–528. Available from: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01037.2017>
- [55] Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R, et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Archiv Phys Med Rehabil.* 2012;93(10):1692–1700. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003999312002900>
- [56] Cardinale M, Soiza RL, Leiper JB, et al. Hormonal responses to a single session of wholebody vibration exercise in older individuals. *Br J Sports Med.* 2010;44(4):284–288. Available from: <http://bjsm.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjism.2007.043232>
- [57] Elmantaser M, McMillan M, Smith K, et al. A comparison of the effect of two types of vibration exercise on the endocrine and musculoskeletal system. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2012;12(3):144–154.