

Respostas cardiopulmonares durante o exercício de agachamento dinâmico com e sem vibração de corpo inteiro em adolescentes

Cardiopulmonary responses during dynamic squatting exercise with and without whole-body vibration in adolescents

Bruno Alvarenga Soares¹ 
Ana Cristina Rodrigues Lacerda² 
Luiza Fernandes Nonato³ 
Fabiane Gontijo Corrêa⁴ 

Vanessa Kelly da Silva Lage⁵ 
Ana Cristina Resende Camargos⁶ 
Vanessa Amaral Mendonça⁷ 
Hércules Ribeiro Leite⁸ 

¹Autor para correspondência. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Diamantina). Minas Gerais, Brasil. brunoalvarengasoares@outlook.com

^{2,5,7,8}Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (Diamantina). Minas Gerais, Brasil. lacerda.acr@ufvjm.edu.br, luizaafn@gmail.com, fabianecorrea@hotmail.com.br, vanessakellysl@hotmail.com, vaafisio@hotmail.com, herculesdtnaa@gmail.com

⁶Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte). Minas Gerais, Brasil. anacristinarcamargos@gmail.com

RESUMO | INTRODUÇÃO: A vibração de corpo inteiro (VCI) tem sido amplamente utilizada como recurso terapêutico na reabilitação pediátrica. Porém, as respostas cardiopulmonares ainda são desconhecidas nesta população. **OBJETIVOS:** Investigar a intensidade do exercício de agachamento dinâmico com e sem VCI em adolescentes saudáveis a fim de caracterizar as respostas cardiorrespiratórias. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Trata-se de um estudo quase experimental. Vinte e cinco adolescentes (14,1 ± 1,7 anos), 10 meninas e 15 meninos, foram submetidos a avaliações do consumo de oxigênio (VO₂) e frequência cardíaca (FC) durante um protocolo de agachamento com e sem vibração. Os critérios de inclusão foram idade entre 12 e 18 anos, ambos os sexos, IMC normal. Os critérios de exclusão foram apresentar doenças neurológicas, ortopédicas, respiratórias, cardíacas e endócrinas crônicas ou agudas ou alguma contraindicação autorreferida para VCI (trombose venosa profunda, implantes metálicos, marca-passo, epilepsia, tumores, aneurisma ou arritmia). **RESULTADOS:** A VCI aumentou significativamente o VO₂, FC e a percepção do esforço durante o agachamento quando comparado ao repouso e agachamento sem-VCI. VCI associada ao agachamento atingiu 24,7% do VO₂máx e 56% da FCmáx prevista para a idade. Os indivíduos durante a VCI relataram esforço entre ligeiramente cansativo e cansativo em comparação com entre muito fácil e fácil no protocolo Sem-VCI. **CONCLUSÃO:** O agachamento associado à VCI foi considerado de intensidade leve e foi tolerado por adolescentes saudáveis. Este estudo forneceu resultados válidos desta modalidade de exercício e pode ser utilizado como uma ferramenta para definir o consumo de energia gasto durante a prática deste tipo treinamento.

PALAVRAS-CHAVE: Adolescentes. Agachamento. Vibração de corpo inteiro.

ABSTRACT | BACKGROUND: Whole-body vibration (WBV) has been widely used as a therapeutic resource in pediatric rehabilitation. However, the cardiopulmonary responses are still unknown. **OBJECTIVE:** To investigate the intensity of dynamic squatting exercise with and without WBV in healthy adolescents to characterize cardiorespiratory responses. **METHODS:** This was a quasi-experimental study. Twenty-five adolescents (14.1 ± 1.7 years), 10 girls and 15 boys, underwent into oxygen consumption (VO₂) and heart rate (HR) assessments during a protocol of squatting with and without vibration. Inclusion criteria were age between 12 and 18 years old of both sexes, have normal weight according to BMI. Exclusion criteria were to present chronic or acute, neurological, orthopedic, respiratory, cardiac, and endocrine disease and no self-reported contraindication for WBV (i.e. deep vein thrombosis, metal implants, pacemaker, epilepsy, tumors, arterial aneurysm, or arrhythmia). **RESULTS:** WBV was able to significantly increase VO₂, HR, and perceived exertion during squatting exercise when compared to rest and squatting without-WBV. WBV associated with squatting reached 24.7% of the VO₂max and 56% of the HRmax predicted for the age. Subjects during WBV reported a perceived exertion score between somewhat hard and hard compared to between very light and light in the Without-WBV protocol. **CONCLUSION:** Squatting associated with WBV was considered a light-intensity exercise that can be tolerated by healthy adolescents. This study provided valid results of this training modality and could be used as a tool to define the energy consumption spent in this training modality.

KEYWORDS: Adolescents. Squatting. Whole-body vibration.

Introdução

A experiência com atividade física na adolescência está entre os principais fatores que favorecem a determinação de um estilo de vida mais ativo na vida adulta¹, reduzindo o risco de doenças crônico-degenerativas e auxiliando no controle da obesidade e dos parâmetros cardiopulmonares, além de ser um forte componente na melhoria da autoestima e bem-estar². Novas abordagens têm sido usadas para melhorar a prática de atividade física nessa população, como o uso de vibração de corpo inteiro (VCI)³.

VCI é um método de treinamento neuromuscular onde o sujeito se posiciona em uma plataforma que gera uma vibração sinusoidal vertical em uma frequência previamente selecionada. Durante a VCI, estímulos mecânicos são transmitidos ao corpo por meio de vibração, estimulando os receptores sensoriais nos eixos musculares e iniciando uma maior ativação muscular em relação ao reflexo vibratório tônico⁴. Por causa dessas contrações musculares, a VCI é conhecida por ter um componente aeróbio que é aumentado quando associada ao exercício de agachamento⁴ e tem sido usada como um estímulo pré-atividade física para aumentar o desempenho muscular no treinamento em adolescentes atletas^{5,6}.

O exercício de agachamento é indicado para o treinamento em adolescentes devido à sua praticidade, visto que não demanda muito tempo devido ao grande volume muscular utilizado durante o exercício, o que torna a prática de exercícios físicos mais atrativa⁷. O agachamento mimetiza as atividades da vida diária, onde tal exercício traz benefícios associados à função motora grossa⁸ que podem ser potencializados com a VCI, pois intensifica as respostas neuromusculares que melhoram a sincronia das unidades motoras e proporcionam maior eficiência neuromuscular^{4,9}. Quando se trata de crianças e adolescentes saudáveis, não se sabe quais são as respostas cardiopulmonares que a VCI associada ao exercício de agachamento apresenta, embora já seja utilizada para melhorar a composição corporal em algumas condições como a Síndrome de Down e outras deficiências do sistema nervoso central³.

Quantificar tais parâmetros, em adolescentes saudáveis, torna-se importante para que, com tais valores obtidos, esta modalidade de treinamento possa ser aplicada na população pediátrica e, assim, obter um treinamento mais eficiente. Este estudo pode fornecer resultados válidos que podem ser utilizados como ferramenta para definir o consumo de energia gasto, além de caracterizar essa população para um protocolo com VCI. Portanto, para abordar essa lacuna, nosso objetivo é investigar a intensidade do exercício de agachamento dinâmico com ou sem VCI em adolescentes saudáveis. Nossa hipótese é que a VCI associada ao agachamento seria capaz de aumentar os parâmetros cardiopulmonares, como o consumo de oxigênio (VO₂) e a frequência cardíaca (FC), significativamente em comparação com o agachamento sem o estímulo vibratório.

Materiais e métodos

Desenho do estudo

Trata-se de um estudo quase experimental com o objetivo de comparar as respostas cardiopulmonares de um protocolo de agachamento dinâmico com e sem VCI em um mesmo grupo de adolescentes saudáveis. O estudo foi realizado no período de outubro de 2018 a julho de 2019. Para atender ao objetivo, foram realizadas duas sessões experimentais (exercícios de agachamento com e sem WBV) em um modelo de plataforma vibratória comercial denominado FitVibe (GymnaUniphy NV) com movimento sinusoidal e vertical, onde as medidas do VO₂ medido respiração a respiração por um sistema portátil de análise de gases e da FC medida por um cardiofrequencímetro. Este estudo seguiu a declaração de Helsinki. O Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Brasil, aprovou este estudo (número do protocolo: 2.058.016, CAAE 65295617.0.0000.5108), com o consentimento/assentimento dos pais/adolescentes respectivamente.

Sujeitos

Este estudo incluiu 25 adolescentes saudáveis (15 meninos e 10 meninas) com idade de $14,1 \pm 1,7$ anos e índice de massa corporal (IMC) normal de $19,7 \pm 1,6$ e 80% deles estavam na fase adulta de acordo com a escala de Tanner (fase V). Eles foram recrutados por conveniência em escolas públicas e privadas e participavam apenas das aulas de educação física escolar. Todas as medidas foram obtidas no Laboratório de Fisiologia do Exercício (UFVJM) por pesquisadores treinados. Os critérios de inclusão foram idade entre 12 e 18 anos de ambos os sexos, ter peso normal de acordo com o IMC. Os critérios de exclusão foram apresentar doenças neurológicas, ortopédicas, respiratórias, cardíacas e endócrinas crônicas ou agudas e nenhuma contraindicação autorreferida para VCI (trombose venosa profunda, implantes metálicos, marca-passo, epilepsia, tumores, aneurisma arterial ou arritmia). Comparecendo ao laboratório, antes dos testes, os sujeitos e pais foram questionados sobre possíveis complicações ou modificações na rotina diária dos adolescentes que ocorreram ao longo do estudo com consentimento por escrito e consentimento para participar com todos os riscos e benefícios. Os adolescentes foram orientados a evitar a prática de atividades extenuantes e de longa duração, além de não ingerir cafeína nas 24 horas anteriores ao teste e dormir pelo menos 8 horas na noite anterior.

Procedimentos

Todos os sujeitos foram submetidos a todas as situações experimentais, divididas em quatro momentos: Agachamento + VCI, Agachamento Sem VCI e dois momentos de repouso que correspondem aos seus dias de protocolos de agachamento (momento de repouso antes dos protocolos de agachamento onde os sujeitos permaneceram sentados por 10 minutos, porém apenas os últimos 5 minutos foram avaliados).

As sessões foram realizadas em dois dias distintos, com intervalo mínimo de 24 horas, sempre no mesmo horário do dia com um dia anterior para familiarização. A ordem em que cada participante realizou as duas sessões diferentes foi atribuída aleatoriamente por lotes com alocação oculta por um terapeuta cego. A familiarização foi realizada em um dia prévio e consistiu em realizar uma série de agachamento com e sem VCI com a máscara do analisador de gases, mas sem o analisador de gases ligado.

O objetivo dessa fase foi mimetizar o próprio teste de forma a minimizar o efeito de aprendizagem, para que o sujeito se familiarizasse com os instrumentos e procedimentos a serem realizados no dia do teste, evitando interferências no VO₂ e na FC devido à ansiedade. No mesmo dia da familiarização, foram avaliados os dados antropométricos (estatura e massa corporal) e o estágio de maturação autorreferido (Escala de Tanner)¹⁰. Para avaliação do estágio de maturação, foi mostrado aos sujeitos um conjunto de fotografias que ilustram as fases de maturação para cada sexo. As mamas e os pelos púbicos são avaliados nas meninas, e os genitais e pelos púbicos nos meninos, pois os adolescentes podem apresentar diferentes fases para cada uma das características, pois respondem a diferentes mecanismos genéticos e hormonais com possível efeito nas respostas fisiológicas¹⁰. No segundo e terceiro dias, o sujeito realizou um dos protocolos (ou seja, exercícios de agachamento com e sem VCI). A análise dos dados foi feita por um terapeuta cego.

Situação experimental

Em ambos os protocolos (com e sem VCI), o sujeito foi instruído a realizar 8 séries de 40 segundos de exercício de agachamento dinâmico. Consistindo de flexão do joelho por 3 segundos a 60° seguida de 3 segundos com flexão do joelho a 10°, tais medidas foram feitas com um goniômetro universal e tinha uma barreira imposta na região glútea para delimitar a amplitude do agachamento. Os sujeitos se posicionaram na plataforma vibratória com os pés descalços e com os pés a 14 cm do eixo de vibração para não interferir nos valores de aceleração. Cada repetição do exercício de agachamento exigiu 8 segundos, visto que cada mudança de posição (para cima / para baixo) exigiu 1 segundo mais 3 segundos no agachamento a 60° e 3 segundos realizado em 10°, portanto, 5 repetições foram realizadas em cada série de 40 segundos somados a 40 segundos de repouso entre as séries¹¹.

Parâmetros do protocolo com VCI

Durante o protocolo de VCI, os sujeitos realizaram 8 séries de 5 repetições de agachamento mantidas por 40 segundos, na plataforma vibratória programada com frequência de 40 Hz e amplitude de 4 mm com 40 segundos de descanso entre as séries¹¹. Tais parâmetros são considerados capazes de promover respostas fisiológicas⁴.

Parâmetros do protocolo sem vibração

Durante o protocolo de agachamento sem vibração, o voluntário realizou o mesmo número de séries e repetições do exercício de agachamento sobre a plataforma vibratória, porém com a mesma desligada. O controle verbal do tempo foi dado pelo examinador para controlar as repetições.

Avaliação dos parâmetros cardiopulmonares

O VO₂ foi monitorado continuamente respiração a respiração por análise direta com espirometria de circuito aberto, o sistema de telemetria do analisador de gases K4b2® (COSMED, Roma, Itália). Para isso, os adolescentes respiraram usando uma máscara facial do próprio aparelho. Os dados coletados foram transferidos via telemetria para um computador próximo ao local de teste. O sistema foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. A FC foi monitorada batimento por batimento por um cardiofrequencímetro RH POLAR RS800sd (POLAR, Kempele, Finlândia). Ambas as avaliações foram medidas antes (Repouso) com a média dos últimos 5 minutos de repouso e durante o exercício de agachamento (Sem VCI e com VCI) com os valores médios avaliados a cada 40 segundos de agachamento dinâmico durante o protocolo. A percepção de esforço foi avaliada com a escala de Borg que vai de 6 (sem nenhum esforço) a 20 (máximo esforço)¹² perguntado a cada 40 segundos das séries de agachamento dinâmico.

Análise estatística

O cálculo amostral totalizou 25 sujeitos, realizado com o software GPower 3.1, considerando um teste T pareado com poder de 80% e alfa = 0,05, mais 20% de

perda possível, baseado no tamanho do efeito do estudo de Avelar et al.¹¹. A análise dos dados foi realizada no Programa Prism 7.0. A normalidade dos dados foi analisada pelo teste Shapiro-Wilk. As variáveis foram apresentadas como média e desvio padrão (DP). Para analisar a interação entre os protocolos, foi utilizado o teste ANOVA *two-way* considerando os fatores estímulos vibratórios (com e sem VCI) e momentos do exercício (antes e durante o agachamento) com o teste post hoc de Bonferroni. Com nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

Os efeitos das intervenções no VO₂ são demonstrados na Figura 1. Houve aumento significativo do VO₂ durante os dois protocolos em relação ao repouso com valores significativamente maiores durante o agachamento com VCI ($p < 0,01$). O aumento do VO₂ durante o agachamento com VCI foi de $10,35 \pm 2,61$ mLkg⁻¹min⁻¹ (IC 95% 9,26 - 11,43) e durante o agachamento sem VCI foi de $8,24 \pm 1,85$ mLkg⁻¹min⁻¹ (IC 95% 7,48 - 9,01). Houve diferença intragrupos ($p < 0,01$; F: 255,9), diferença intergrupos ($p = 0,01$; F: 6,38) e interação do VO₂ ($p < 0,01$; F: 14,79) (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram encontrados para FC (Figura 2). Foi encontrada diferença significativa na FC em ambos os protocolos em comparação ao repouso correspondente com valores significativamente maiores durante o agachamento com WBV ($p < 0,01$). A diferença durante o agachamento com e sem VCI foi $110,0 \pm 11,0$ bpm (IC 95% 105,7- 114,8) e $99,0 \pm 7,0$ bpm (IC 95% 76,6 - 83,3), respectivamente. Houve diferença intragrupos ($p < 0,01$; F: 286,3), diferença intergrupos ($p < 0,01$; F: 3,55) e interação para FC ($p = 0,06$; F: 27,35).

Tabela 1. Respostas cardiopulmonares durante agachamento com e sem VCI

Variáveis	Agachamento sem VCI (n = 25)	Agachamento com VCI (n = 25)	Intra Grupos		Inter Grupos		Interação	
			p	F	P	F	p	F
VO₂, mlO₂kg⁻¹min⁻¹								
Repouso	5.10 ± 1.30	5.03 ± 0.86						
Exercício	8.24 ± 1.85*	10.35 ± 2.61**	<0.01	255.9	0.01	6.38	<0.01	14.79
Diferença (95% IC)	3.14 (7.48 – 9.01)	5.32 (9.26 – 11.43)						
FC, bpm								
Repouso	83.3 ± 7.8	80.0 ± 8.02						
Exercício	99.0 ± 7.0*	110.0 ± 11.0**	<0.01	286.3	<0.01	3.55	0.06	27.35
Diferença (95% IC)	15.7 (76.6 – 83.3)	30.0 (105.7– 114.8)						

Dados apresentados como média ± DP. VCI: Vibração de corpo inteiro.

*p<0.05 em relação ao Repouso;

#p<0.05 em relação ao Agachamento sem VCI.

Figura 1. Valores médios de Consumo de Oxigênio (ml O₂kg⁻¹.min⁻¹) nas diferentes condições de teste (n = 25). * Significativamente diferente da condição de repouso (p <0,01). ** Significativamente diferente do agachamento sem vibração (p <0,01). VO₂ Consumo de oxigênio, Vibração de corpo inteiro WBV

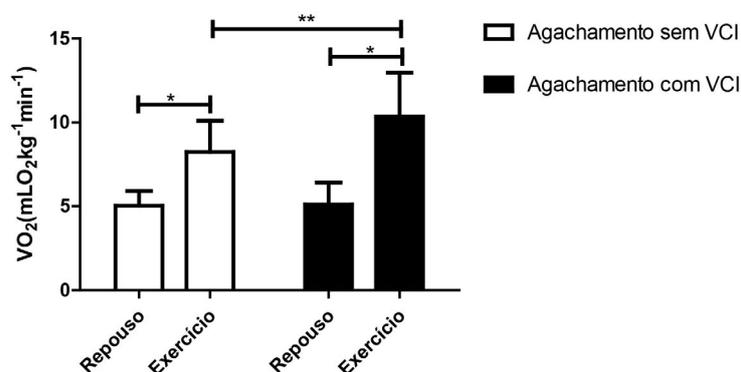
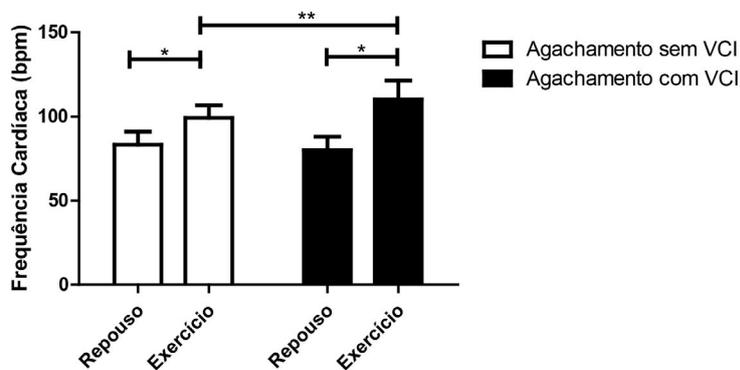


Figura 2. Valores médios da frequência cardíaca (bpm) nas diferentes condições de teste (n = 25). * Significativamente diferente da condição de repouso (p <0,01). ** Significativamente diferente do agachamento sem vibração (p <0,01). WBV Vibração de corpo inteiro

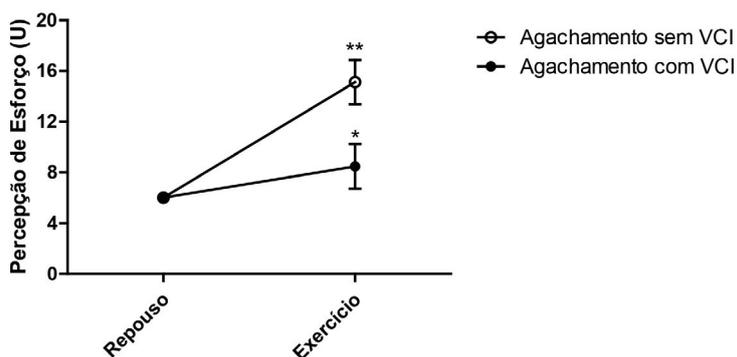


A FC máx prevista para a idade em adolescentes, determinada pela equação $FC_{máx} = 208 - (0,7 \times idade)^{13}$, foi de 198 bpm. O repouso, o agachamento sem vibração e o agachamento com VCI foram 42, 50 e 56% (com média de 83; 99; 110 bpm respectivamente) da $FC_{máx}$ prevista para a idade.

Sobre a percepção de esforço, o protocolo com-VCI apresentou valores significativos em comparação ao protocolo sem-VCI com pontuação média de $15,12 \pm 1,7$ (ligeiramente cansativo e cansativo) e o protocolo sem-VCI apresentou pontuação média de $8,48 \pm 1,7$ (muito fácil e fácil) (Figura 3). Houve diferença intragrupos ($p < 0,01$; F: 549,7), diferença intergrupos ($p < 0,01$; F: 180,1) e interação para percepção de esforço ($p < 0,01$; F: 180,1).

O teste post hoc de Bonferroni confirmou os maiores valores de VO_2 , FC e percepção de esforço no protocolo de agachamento com VCI ($p < 0,01$).

Figura 3. Comparação entre os valores médios de percepção de esforço (U) dos protocolos Sem-VCI e Com-VCI (n = 25). * Significativamente diferente da condição de repouso ($p < 0,01$). ** Significativamente diferente do agachamento sem vibração ($p < 0,01$). VCI Vibração de corpo inteiro



Discussão

No presente estudo, a VCI foi capaz de aumentar significativamente o VO_2 e a FC durante o exercício de agachamento. Esse aumento correspondeu a 2,94 METS e 56% da $FC_{máx}$ que corresponde a exercícios de intensidade leve, como caminhar (lentamente), sentar (no computador), ficar em pé (cozinhar e lavar a louça)¹⁴. Este é o primeiro estudo que investiga o impacto do exercício de agachamento combinado com WBV e levanta conhecimentos importantes sobre a intensidade do exercício de agachamento e VCI em adolescentes saudáveis.

O mecanismo relacionado ao incremento do VO_2 após o exercício de agachamento mais VCI pode ser explicado porque, durante o estímulo vibratório, ocorre um aumento da perfusão muscular associado a uma vasodilatação periférica para suprir a demanda metabólica durante o exercício¹⁵. Além disso, o aumento do volume ejetado em decorrência do aumento do retorno venoso são fatores que podem estar relacionados à regulação das adaptações agudas ao exercício, como aumento do débito cardíaco e consequente aumento do VO_2 ¹⁵⁻¹⁸.

Os resultados deste estudo não atingiram o mínimo necessário para ser considerado um treinamento aeróbico para adolescentes saudáveis, uma vez que é necessária uma duração de pelo menos 30 minutos para ser considerado um treinamento aeróbico¹⁷. Um protocolo com maior duração poderia ser capaz de aumentar ainda mais os valores de VO_2 e FC no protocolo com VCI. Assim, é importante ter cautela na prescrição dessa modalidade de treinamento para ganhos aeróbicos devido às baixas demandas de VO_2 , mesmo com a VCI tendo efeitos na fisiologia cardiovascular¹⁸.

Além disso, a VCI foi capaz de atingir 24,7% do VO₂máx dos adolescentes, considerando os valores médios de VO₂máx encontrados para meninos (variando de 42,95 a 49,55 mL.kg⁻¹.min⁻¹) e para meninas (variando de 36,76 a 38,29 mL.kg⁻¹.min⁻¹) na literatura¹⁹ e 56% da FCmáx. Esses resultados estão de acordo com o estudo que avaliou os mesmos parâmetros em idosos saudáveis, com mesma frequência e amplitude (40 Hz e 4 mm), onde o protocolo de agachamento associado à VCI foi capaz de aumentar 20% do VO₂ e 7,5% do A FC correspondeu a 2 METs e representou 56% da FCmáx prevista para a idade¹¹.

É importante notar que em relação à percepção de esforço, os sujeitos durante a VCI relataram uma pontuação entre ligeiramente cansativo e cansativo em comparação com entre muito fácil e fácil no protocolo Sem-VCI. É importante lembrar que antes dos protocolos de exercícios foi realizado um dia de familiarização para diminuir a ansiedade durante o teste e minimizar o viés nos resultados. Isso indica que mesmo com os valores de VO₂ e FC não sendo considerados elevados, os estímulos vibratórios foram capazes de gerar uma maior percepção de esforço, com uma possível maior participação muscular quando o agachamento está associado à VCI, o que deve ser avaliado em estudo futuro.

A VCI foi capaz de aumentar a demanda cardiovascular em adolescentes saudáveis com percepção de esforço significativamente maior quando comparada ao protocolo sem WBV em um protocolo agudo de curta duração. Embora os resultados deste estudo tenham ficado abaixo do mínimo necessário para ser considerado como um treinamento aeróbico para adolescentes saudáveis, algumas populações de crianças e adolescentes com menor capacidade de praticar exercícios provavelmente podem se beneficiar de um protocolo seguro e tolerável como a VCI²⁰. No entanto, são necessários novos estudos que explorem tais questionamentos.

Como pontos fortes, este é o primeiro estudo a avaliar o consumo de oxigênio em um protocolo de agachamento dinâmico associado à vibração de corpo inteiro em adolescentes. As análises foram feitas por meio de um circuito aberto de espirometria, considerado o padrão-ouro.

O presente estudo apresentou algumas limitações, como ser um protocolo agudo com curta duração aplicado em apenas um grupo incluindo meninos e meninas sem considerar possíveis diferenças de gênero. Os valores de frequência e amplitude foram fixos, portanto, os valores encontrados não podem ser extrapolados para diferentes protocolos com frequências e amplitudes diferentes. No entanto, o tamanho amostral adequado e o desenho da metodologia foram os pontos fortes do presente estudo, como a avaliação da maturação. É importante ressaltar que 80% (86,6% dos meninos e 70% das meninas) dos adolescentes participantes do estudo referiram estar no estágio maturacional V da Escala de Tanner, onde o desenvolvimento está na fase adulta, evitando ser um fator de confusão. O protocolo apresentado poderá ser utilizado em um futuro programa de treinamento para determinar efeitos crônicos no sistema cardiopulmonar e muscular de adolescentes. Assim, novos estudos podem abordar todas essas lacunas.

Em conclusão, o agachamento associado à VCI foi considerado um exercício de intensidade leve que pode ser tolerado por adolescentes saudáveis. Este estudo forneceu resultados válidos da eficácia dessa modalidade de treinamento e pode ser utilizado como ferramenta para definir o consumo de energia despendido, além de caracterizar adolescentes para tal protocolo, trazendo evidências que subsidiam novos estudos em adolescentes assintomáticos e sintomáticos.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado por bolsas da FAPEMIG, CNPq e CAPES.

Contribuições dos autores

Soares BA, Lacerda ACR, Lage VKS, Camargos ACR, Mendonça VA e Leite HR participaram da concepção, delineamento, coleta, interpretação e análise dos dados e redação do artigo científico. Nonato LF e Corrêa FG participaram da concepção, delineamento e coleta de dados.

Conflito de interesse

Não houve nenhum interesse financeiro, jurídico ou político conflitante com terceiros (governo, comercial, empresa privada, etc.) para qualquer aspecto do trabalho submetido (incluindo, mas não se limitando a, doações, conselho de monitoramento de dados, desenho do estudo, preparação do manuscrito, análise estatística, etc.).

Referências

1. Tammelin T, Nayha S, Hills A, Jarvelin M. Adolescent participation in sports. *Am J Prev Med.* 2003;24(1):22-8. [https://doi.org/10.1016/s0749-3797\(02\)00575-5](https://doi.org/10.1016/s0749-3797(02)00575-5)
2. Erlichman J, Kerbey AL, James WPT. Physical activity and its impact on health outcomes. Paper 2: prevention of unhealthy weight gain and obesity by physical activity: an analysis of the evidence. *Obes Rev.* 2002;3(4):273-87. <https://doi.org/10.1046/j.1467-789x.2002.00078.x>
3. Leite HR, Camargos ACR, Amaral VM, Lacerda ACR, Soares BA, Oliveira VC. Current evidence does not support whole body vibration in clinical practice in children and adolescents with disabilities: a systematic review of randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther.* 2018;23(3):196-211. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.09.005>
4. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(6):1033-41. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000069752.96438.b0>
5. Despina T, George D, George T, Sotiris P, Alessandra DC, George K, et al. Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Hum Mov Sci.* 2014;33(1):149-58. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2013.07.023>
6. Dallas G, Kirialanis P, Mellos V. The acute effect of whole body vibration training on flexibility and explosive strength of young gymnasts. *Biol Sport.* 2014;31(3):233-7. Citado em: PMID: [25177103](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25177103/)
7. Takai Y, Fukunaga Y, Fujita E, Mori H, Yoshimoto T, Yamamoto M, et al. Effects of body mass-based squat training in adolescent boys. *J Sports Sci Med.* 2013;12(1):60-5. Citado em: PMID: [24149726](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24149726/)
8. Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(10):652-7. <https://doi.org/10.1017/s0012162203001221>
9. Bogaerts ACG, Delecluse C, Claessens AL, Troosters T, Boonen S, Verschueren SMP. Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomised controlled trial). *Age Ageing.* 2009;38(4):448-54. <https://doi.org/10.1093/ageing/afp067>
10. Tanner JM. Growth at adolescence. 2a. ed. Oxford: Blackwell Scientific; 1962.
11. Avelar NCP, Simão AP, Tossige-Gomes R, Neves C, Mezencio B, Szmuchrowski L, et al. Oxygen consumption and during repeated squatting exercises with or without whole-body vibration in the elderly. *J strength Cond Res.* 2011;25(12): 3495-500. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3182176664>
12. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc.* 1982;14(5):377-81. Citado em: PMID: [7154893](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7154893/)
13. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):153-6. [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8)
14. The secretary of health and human services. Physical activity guidelines for Americans [Internet]. Washington (Eua): U.S. Department of Health and Human Services; 2008. Disponível em: <https://health.gov/sites/default/files/2019-09/paguide.pdf>
15. Hazell TJ, Thomas GWR, DeGuire JR, Lemon PWR. Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104(5):903-8. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0847-y>
16. Bradley J, Howard J, Wallace E, Elborn S. Reliability, repeatability, and sensitivity of the modified shuttle test in adult cystic fibrosis. *Chest.* 2000;117(6):1666-71. <http://dx.doi.org/10.1378/chest.117.6.1666>
17. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213fefb>
18. Cochrane DJ. Vibration Exercise: The Potential Benefits. *Int J Sports Med.* 2011;32(2):75-99. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1268010>
19. Rodrigues AN, Perez AJ, Carletti L, Bissoli NS, Abreu GR. Valores de consumo máximo de oxigênio determinados pelo teste cardiopulmonar em adolescentes: uma proposta de classificação. *J Pediatr (Rio J).* 2006;82(6):426-30. <http://dx.doi.org/10.2223/JPED.1533>
20. Kilebrant S, Braathen G, Emilsson R, Glansén U, Söderpalm AC, Zetterlund B, et al. Whole-body vibration therapy in children with severe motor disabilities. *J Rehabil Med.* 2015;47(3):223-8. <https://doi.org/10.2340/16501977-1921>