

Hipotensão pós-exercício intervalado de alta intensidade com resistência elástica: um estudo piloto

Hypotension after high-intensity interval exercise with elastic resistance: a pilot study

Redley da Silva Alves¹ , Leticia Nascimento Santos Neves¹ , Victor Hugo Gasparini Neto¹ ,
Luciana Carletti¹ 

1. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil

RESUMO

Introdução: Está estabelecido que o treinamento aeróbio contínuo reduz a PA no pós-esforço, conhecido como hipotensão pós-exercício. Ergômetros tradicionais como esteiras e cicloergômetros são comumente utilizados como meio de treinamento. Eles são caros e isso limita o acesso à população em geral. Uma alternativa é o uso da corrida com resistência elástica. Entretanto não se sabe se a aplicação de uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade, com resistência elástica, apresenta respostas hemodinâmicas agudas favoráveis pós-exercício. **Objetivo:** Descrever e comparar as respostas hemodinâmicas na recuperação de uma sessão de treinamento intervalado realizada na esteira e a com resistência elástica realizadas na mesma intensidade. **Métodos:** Quatro adultos ($24,25 \pm 2,75$ anos) saudáveis executaram uma sessão de treinamento intervalado de alta intensidade na esteira ergométrica e outra sessão com resistência elástica a 85% do VO_{2max} com intervalo entre eles de uma semana e uma situação controle. Antes e após as sessões, foram monitoradas as variáveis hemodinâmicas por 60 minutos: pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, frequência cardíaca, volume sistólico, débito cardíaco e resistência vascular periférica monitorados por fotopletiografia por infravermelho (Finometer). **Resultados:** O treinamento intervalado com resistência elástica apresentou resposta hemodinâmica aguda significativa com a queda da pressão arterial sistólica e da resistência vascular periférica em relação ao dia controle. Comparando os protocolos, apenas a resistência elástica causou hipotensão pós-exercício ($p < 0,05$), por até 40 minutos. **Conclusão:** O protocolo com resistência elástica promoveu hipotensão pós-exercício com queda da pressão arterial sistólica acompanhada de redução da resistência vascular periférica.

Palavras-chave: treinamento intervalado de alta intensidade; hipotensão pós-exercício; monitoramento hemodinâmico.

ABSTRACT

Introduction: It is established that continuous aerobic training reduces post-exercise blood pressure, known as hypotension post-exercise. Traditional ergometers such as treadmills and cycle ergometers are commonly used as resources for training. However, they are expensive and this limits access to the general population. An alternative is to use elastic resistance running. However, it is not known whether the application of a high-intensity interval training session, with elastic resistance, presents favorable post-exercise acute hemodynamic responses. **Objective:** To describe and compare the hemodynamic responses in the recovery of an interval training session performed on the treadmill and with elastic resistance performed at the same intensity. **Methods:** Four healthy adults (24.25 ± 2.75 years old) performed a session of high-intensity interval training on a treadmill and another session with elastic resistance at 85% of VO_{2max} with an interval of one week between them and a control situation. Before and after the sessions, hemodynamic variables were monitored for 60 minutes: systolic blood pressure, diastolic blood pressure, heart rate, stroke volume, cardiac output, and peripheral vascular resistance monitored by infrared photoplethysmography (Finometer). **Results:** Interval training with elastic resistance decreased systolic blood pressure and peripheral vascular resistance concerning the control day. Comparing the protocols, only elastic resistance caused post-exercise hypotension ($p < 0.05$), for up to 40 minutes. **Conclusion:** The protocol with elastic resistance promoted post-exercise hypotension for SBP and reduced peripheral vascular resistance.

Keywords: high intensity interval training; post-exercise hypotension; hemodynamic monitoring.

Recebido em 14 de setembro de 2022; Aceito em 3 de dezembro de 2022.

Correspondência: Redley da Silva Alves, E-mail: redley.alves@edu.ufes.br

Introdução

A prática regular de exercícios físicos exerce efeitos positivos nos sistemas cardiovascular, neuromuscular e respiratório [1]. Para pacientes em condições clínicas, são até mais eficazes ou atuam de maneira sinérgica ao tratamento medicamentoso, minimizando os efeitos clínicos negativos de algumas doenças [2]. O treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) é uma modalidade que tem ganhado destaque, pois apresenta evidências de que é uma terapia tempo-eficiente para melhorar o perfil de saúde cardiometabólica de indivíduos com ou sem risco de doença metabólica, inclusive na ausência de perda de peso [3]. O HIIT é caracterizado por esforços repetidos “próximos do máximo” (ex.: $\geq 90\%$ da $FC_{\text{máx}}$ ou $\geq 85\%$ $VO_{2\text{pico}}$) e períodos de recuperação ativa ou passiva [4]. Diferentes protocolos de HIIT são apresentados na literatura e preconizados para promover benefícios na aptidão física [5] e na saúde [6,7]. Porém, esses estudos limitam-se à utilização de ergômetros, como esteira e bicicleta, que são equipamentos de acesso limitado à população em geral, e isso pode reduzir a adesão.

Uma proposta que foi apresentada por nosso grupo é o exercício intervalado praticado na forma de caminhada rápida ou corrida com resistência elástica por mulheres idosas [8]. Nesse estudo foram observados efeitos agudos favoráveis de hipotensão pós-exercício (HPE) e controle da glicemia, na recuperação por até 60 minutos (min).

Investigar as respostas imediatas à recuperação do exercício é importante, pois essas informações podem descrever um estado de vulnerabilidade [9], quando não há retomada das variáveis hemodinâmicas em um ritmo de normalidade, como é o caso da recuperação da frequência cardíaca (FC) [10], ou queda substancial da pressão arterial diastólica (PAD) que pode reduzir a perfusão do miocárdio [11]. Por outro lado, a recuperação é uma fase de oportunidade para potencialização dos estímulos impostos pelo esforço físico, culminando em ajustes autonômicos que favorecem a redução da resistência vascular periférica (RVP) e da pressão arterial sistólica (PAS) [9]. O HIIT também parece ser mais favorável, na resposta hipotensora, que o treinamento contínuo de intensidade moderada, pois apresenta maior consumo de oxigênio excessivo pós-exercício (EPOC) e maior taxa de calor acumulado [12]. Essa resposta pode favorecer a redução da PAS e, conseqüentemente, do volume sistólico (VS) para regulação térmica [12]. Além disso, é um tipo de esforço que promove maior estresse de cisalhamento vascular durante o exercício que está associado a melhores adaptações vasculares, aumentando a complacência arterial, por exemplo [13-15].

O HIIT tem sido um método muito aclamado para promover adaptações fisiológicas benéficas à saúde, porém testes incrementais que utilizaram a resistência elástica indica modificação da característica da contração muscular, pois solicita um componente de força, e ainda uma etapa excêntrica da contração mais exacerbada [16]. Essa solicitação mais intensa do sistema muscular pela resistência elástica pode interferir nas respostas hemodinâmicas ao exercício [17], provocando uma HPE mais

exacerbada por somar os efeitos mecânicos e metabólicos do exercício [18]. Portanto, é preciso elucidar se a aplicação da resistência elástica combinada ao trabalho cardiorrespiratório, como acontece no treinamento intervalado de alta intensidade com resistência elástica (EL-HIIT), apresenta resposta hipotensora aguda mais exacerbada, comparando com o HIIT realizado em esteira ergométrica.

Portanto, o objetivo foi descrever a resposta pressórica e hemodinâmica após uma única sessão de EL-HIIT comparada ao HIIT tradicional, realizado em esteira ergométrica.

Métodos

Trata-se de um estudo de corte transversal, suplementar ao projeto OBHIIT (*Obesity Research in High Intensity Interval Training*), cadastrado na PRPPG nº 93906/2019. O projeto foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal do Espírito Santo (CAAE nº 09109319.2.0000.5542). Todos os participantes foram informados dos riscos e benefícios da pesquisa, e consentiram a participação assinando o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Amostra

As características dos participantes são apresentadas na Tabela I. Foram quatro participantes (3 homens e 1 mulher) jovens saudáveis ($18 \leq \text{IMC} \leq 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) com idades entre 18 e 35 anos, fisicamente ativos ($\geq 150 \text{ min/semana}$ de exercício físico), livres de doenças cardiometabólicas e sem uso declarado de suplementos alimentares ou esteroides anabolizantes. Os participantes foram selecionados por meio de convites e divulgações nas redes sociais. Todos foram avaliados por um médico antes da inclusão na pesquisa. Além disso, eles responderam um questionário para avaliar sinais e sintomas de doenças, uso de medicamentos, história familiar de doenças crônicas não transmissíveis e caracterização do nível de atividade física (IPAQ, versão curta).

Tabela I - Características dos participantes

	Média \pm DP
Idade (anos)	24,25 \pm 2,75
Massa corporal (kg)	77,00 \pm 7,48
Estatura (m)	1,77 \pm 0,09
IMC (kg/m^2)	24,61 \pm 0,49
PAS repouso (mmHg)*	131,9 \pm 12,2
PAD repouso (mmHg)*	77,78 \pm 9,91

Dados apresentados em média \pm Desvio Padrão. IMC = Índice de Massa Corporal; PAD = Pressão Arterial Diastólica, PAS = Pressão Arterial Sistólica. *Valores referentes ao controle

Avaliação antropométrica e composição corporal

A massa corporal e a estatura foram mensuradas por meio de balança antropométrica digital e estadiômetro de precisão de um milímetro (*Marte Científica, L200, São Paulo*) e com capacidade máxima de 210 kg e sensibilidade de 50 g. Todos os procedimentos foram feitos pelo mesmo avaliador.

Procedimentos experimentais

Cada participante visitou o laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX/NUPEM/UFES) em 4 momentos com intervalos de pelo menos 1 semana (Figura 1). As visitas se compuseram de Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE) e anamnese médica (dia 1), Teste Cardiopulmonar de Exercício com Resistência Elástica (TCPEe) (dia 2), sessão de HIIT ou de EL-HIIT (dia 3 e 4) organizadas de maneira randomizada. Antes e após as sessões de HIIT e EL-HIIT foram coletadas as variáveis hemodinâmicas PAS, PAD, FC, VS, RVP e Débito Cardíaco (DC). Antes dos procedimentos da primeira ou segunda semana, foi aferida a PA no *Finometer*[®] durante 60 minutos, para ter a referência do dia controle.

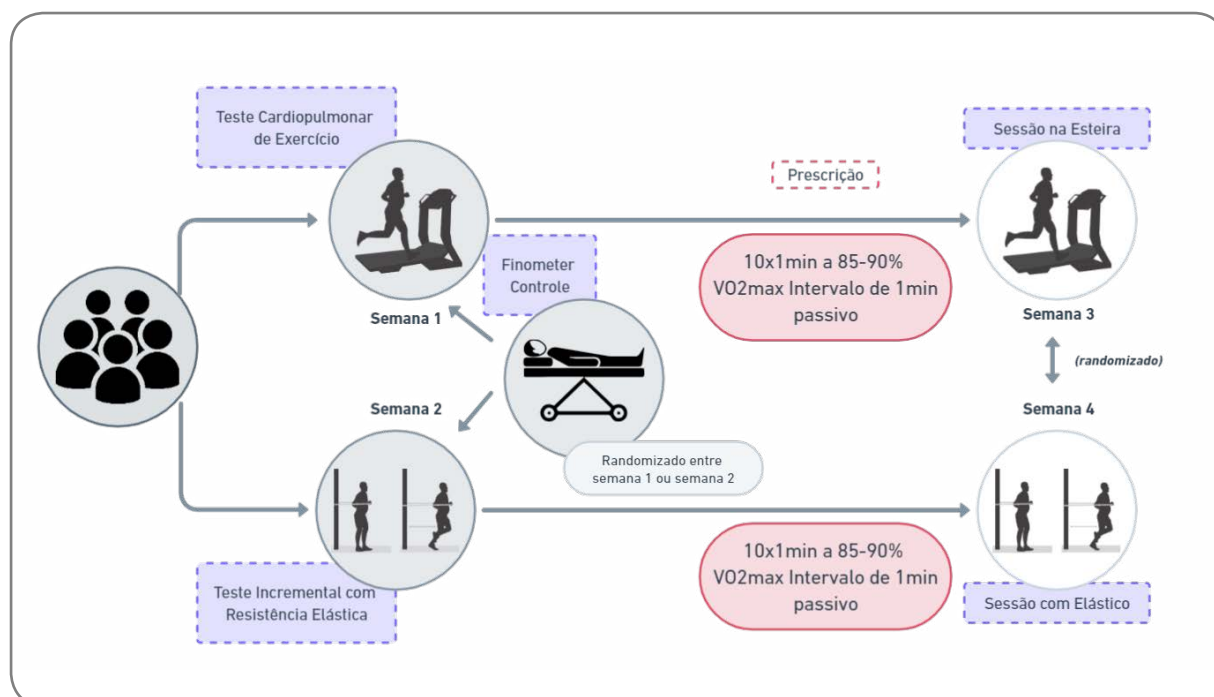


Figura 1 - Procedimentos experimentais do estudo

Cuidados e orientações antes das avaliações

Os participantes foram instruídos a não executarem atividades físicas um dia antes e no dia do teste, a se alimentarem com duas horas de antecedência aos testes de esforço, apresentarem-se com roupas apropriadas para a execução dos testes, a não ingerirem nenhum tipo de bebida energética (café ou energéticos) no dia das avaliações e a não se apresentarem para as avaliações com sintomas que possam ser associados à COVID-19.

Teste Cardiopulmonar de Exercício (TCPE)

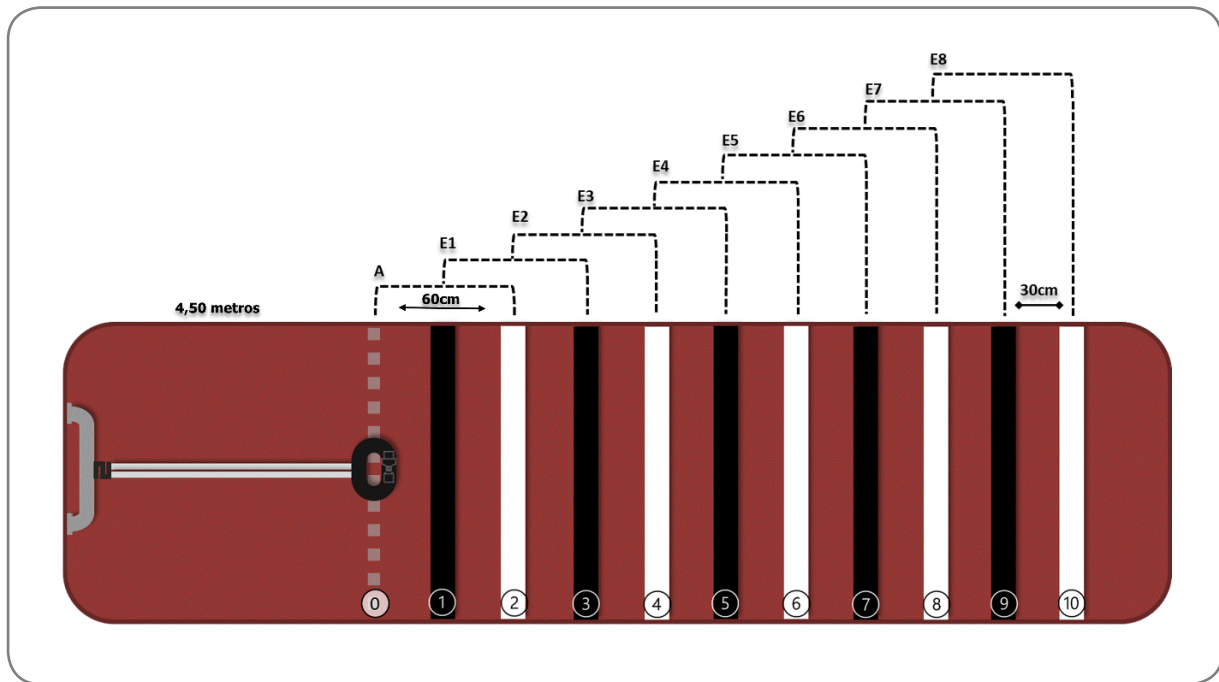
Em uma sala silenciosa, climatizada (21 e 24°C) a pressão arterial (PA) foi aferida seguindo as recomendações das Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial 2020 [19]. Os participantes foram orientados sobre os procedimentos de realização do teste que incluíram: permanecer respirando normalmente, não usar como apoio o corrimão da esteira durante o teste, a não ser em caso de necessidade; solicitar interrupção do teste em caso de dor no peito, ou qualquer outro desconforto que impeça de continuar o teste. O teste foi realizado em esteira rolante motorizada (*Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil*) seguindo um protocolo de rampa individualizado, objetivando uma duração entre 10 e 12 min. A velocidade era incrementada gradativamente até que o indivíduo atingisse a exaustão. Os participantes iniciaram a 4km/h de aquecimento (3 min) com incrementos de 1 km/h a cada minuto, com inclinação a 1%.

As variáveis ventilatórias foram mensuradas utilizando o analisador metabólico de gases (*modelo Cortex Metalyzer 3B, Alemanha*), com coleta respiração a respiração, e em seguida calculadas médias de 20 segundos, sendo analisados pelo programa *Metasoft*. A unidade do Cortex foi calibrada pelo método de circuito fechado, através de gás de calibração (cilindro de 16% O₂ e 5% CO₂ original, fornecido pelo fabricante). Para identificar o teste como máximo, analisamos os seguintes critérios: a) exaustão voluntária; b) FC_{máx} atingida de pelo menos 90% da prevista pela idade (220-idade); c) razão de troca respiratória igual ou acima de 1,05 [20]. O VO_{2máx} foi extraído entre os maiores valores dos 30 segundos finais do teste.

Teste Cardiopulmonar de Exercício com Resistência Elástica (EL-TCPE)

O ambiente do EL-TCPE foi o mesmo descrito anteriormente no EL-TCPE, bem como os procedimentos para mensurar a PA. Todos os participantes foram orientados sobre os procedimentos do teste. O EL-TCPE foi realizado em tapete emborrachado demarcado com 11 linhas de 5 cm de espessura e separadas por espaços de 30 cm entre uma e outra. O tapete mede 4,50 m de altura x 1,00 m de largura. As linhas pintadas de cores diferentes (branco e preto) compreendem os estágios de 1 a 10 (Figura 2). Foi utilizado 2 m de tubo elástico prata (*®Thera-band Tubing, Malásia*) que fica envoltos num olhal e fixados por um cabo de aço numa barra de apoio de aço inox.

O protocolo foi explicado e familiarizado antes da execução da sessão. O cinto foi ajustado na altura da crista ilíaca permitindo que o participante realizasse a corrida para frente e para trás, mudando de estágio com constante *feedback* dos pesquisadores. Após aquecimento de 3 min, o teste consistiu em incrementos graduais a cada 1 min. Durante o teste, os participantes foram incentivados a seguirem o ritmo emitido por um metrônomo (*Aplicativo de celular – Cifraclub®*). Eles eram estimulados a manterem o ritmo de 180 bpm durante o aquecimento e 200 bpm nos estágios seguintes. Caso o indivíduo alcançasse o último estágio e não entrasse em exaustão, 10 bpm eram acrescentados até a exaustão. As variáveis ventilatórias e o consumo de oxigênio (VO₂) foram mensuradas como descrito no TCPE. Esse teste foi proposto por Gasparini-Neto *et al.* [16].



A = Aquecimento; E = estágio. Aquecimento (0) e oito estágios (E1 a E8) – 60 cm entre as etapas, intercaladas com as cores preto e branco. Tapete emborrachado com comprimento de 4,50 metros, demarcado com 11 linhas (0-10) – 30 cm entre linhas.

Figura 2 – Modelo esquemático de tapete para teste incremental com resistência elástica

Sessão de HIIT na esteira

Inicialmente, o participante permaneceu em repouso na posição deitada (decúbito dorsal) por 10 min e 60 min pós-esforço para cada medida das variáveis hemodinâmicas. Logo após, foi realizado o ajuste da máscara para medidas ventilatórias. Foram realizadas 10 séries de exercício com duração de um minuto, a 85% do $VO_{2máx}$ determinados no TCPE, e um minuto de intervalo passivo entre as séries, protocolo 10 x 60s: 60s – adaptado de Little *et al.* [5]. Todos foram encorajados verbalmente durante o esforço.

Sessão de EL-HIIT

Inicialmente, o voluntário permaneceu em repouso na posição deitada (decúbito dorsal) por 10 min e 60 min pós esforço para cada medida das variáveis hemodinâmicas. Logo após, realizou-se o ajuste da máscara para medidas ventilatórias. Foram realizadas 10 séries de exercício com duração de um minuto, prescritos a 85% do $VO_{2máx}$ determinados pelo EL-TCPE (de acordo com o estágio do tapete correspondente aos 85% do $VO_{2máx}$), e um minuto de intervalo passivo entre as séries, protocolos 10 x 60s: 60s – adaptado de Little *et al.* [5].

Análise hemodinâmica

Em uma sala silenciosa com baixa iluminação, os participantes ficaram deitados em uma maca. Após um repouso de 5 min em decúbito dorsal, a monitorização da PA foi realizada por meio de fotopletismografia por infravermelho com monitor Finometer® (Finapres Medical System, BV Holanda) em um dia controle, e em mais dois

dias, antes e após a sessão de treinamento (10 min no repouso e 1 hora após exercício, na posição deitada). A PA foi medida no braço direito, devido ao posicionamento da sala e dos equipamentos, certificado de ser posicionado na altura do coração como recomendação do próprio equipamento. Para a aquisição das curvas de pressão, foi colocado o cuff no dedo médio, que considera a idade, a massa corporal, a estatura e o gênero do participante. Para o cálculo das diferenças hemodinâmicas pós-exercício entre os protocolos foi utilizado o efeito líquido do exercício calculado como a diferença entre as respostas no exercício e na situação controle [(PA pós-exercício – PA pré-exercício) – (PA pós-controle – PA pré-controle)] [21]. Para as análises foram consideradas as variáveis apresentadas no programa (*Software Beat Scope®*): Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Frequência Cardíaca (FC), Volume Sistólico (VS), Débito Cardíaco (DC) e Resistência Vascular Periférica (RVP).

Análise estatística

Os dados são apresentados como média \pm desvio padrão e testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Todos os dados foram tabulados e duplamente verificados por pesquisadores independentes. Para o tamanho de efeito (TE) foi utilizado d de Cohen [22], classificado em: $\leq 0,49$ efeito pequeno; $0,50 - 0,79$ efeito moderado; $0,80 - 1,29$ efeito grande; $> 1,30$ efeito muito grande [22]. Para analisar as diferenças nos parâmetros hemodinâmicos foi utilizada ANOVA de duas vias de medidas repetidas com correção post hoc de Bonferroni (momentos vs. protocolos). O software empregado para as análises estáticas foi o IBM/SPSS v. 20.0. Foi considerado $p < 0,05$.

Resultados

Na Tabela II são apresentados os parâmetros do TCPE e EL-TCPE aplicados antes dos protocolos. A carga correspondente ao percentual de 85% da $FC_{m\acute{a}x}$ foi utilizada para a prescrição das sessões de treinamento.

Tabela II - Parâmetros máximos dos testes cardiopulmonares

Variáveis	TCPE	EL-TCPE
$VO_{2m\acute{a}x}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$46,50 \pm 7,14$	$42,88 \pm 5,84$
$FC_{m\acute{a}x}$ (bpm)	$203,25 \pm 7,72$	$200,00 \pm 4,55$
RER	$1,06 \pm 0,04$	$1,05 \pm 0,02$

Dados apresentados como média \pm desvio padrão. EL-TCPE = Teste cardiopulmonar de exercício com resistência elástica; $FC_{m\acute{a}x}$ = Frequência cardíaca máxima; RER = Razão da troca respiratória; TCPE = Teste cardiopulmonar de exercício na esteira; $VO_{2m\acute{a}x}$ = Consumo máximo de oxigênio

Resposta hemodinâmica: comparação com o grupo controle

Os valores obtidos durante o controle comparados aos dos pós-exercícios estão apresentados na Tabela III. Após a sessão do EL-HIIT a PAS apresentou queda em relação ao controle aos 20 min (12,7%), 30 min (11,8%) e 40 min (7,1%) com TE muito

grande (1,70; 1,72 e 0,82, respectivamente). A PAD foi menor apenas aos 30 min (5,2%) do EL-HIIT com TE grande (0,81). A FC apresentou maiores valores nos 20 min (35,7%), 30 min (29,4%), 40 min (19,1%), 50 min (21,2%), 60 min (16,4%) e 70 min (13,4%) apresentando TE grande e muito grande (1,17; 2,00; 1,28; 1,71; 1,43 e 1,09, respectivamente). O VS exibiu valores maiores nos tempos 20 min (6,3%), 30 min (4,8%) e 50 min (4,2%) pós-esforço, com TE grande (1,13; 0,88 e 0,88, respectivamente). Os valores do DC foram maiores nos 20 min (22%), 60 min (11,3%) e 70 min (13,2%) com TE grande (1,11; 0,94 e 1,21, respectivamente), e nos minutos 30 (11,6%), 40 (9,3%) e 50 (11,6%) o DC apresentou tendência de elevação em relação ao controle, com TE moderado (0,64; 0,57 e 0,75, respectivamente). A RVP apresentou queda dos 20 min (24,7%) aos 30 min (13,6%) e nos 50 min (9,6%), 60 min (8,3%) e 70 min (7,9%) com TE de muito grande a grande (1,46; 0,87; 0,90; 1,02 e 1,16, respectivamente); e aos 40 min (10,4%) com TE moderado.

Tabela III – Respostas fisiológicas agudas após as sessões

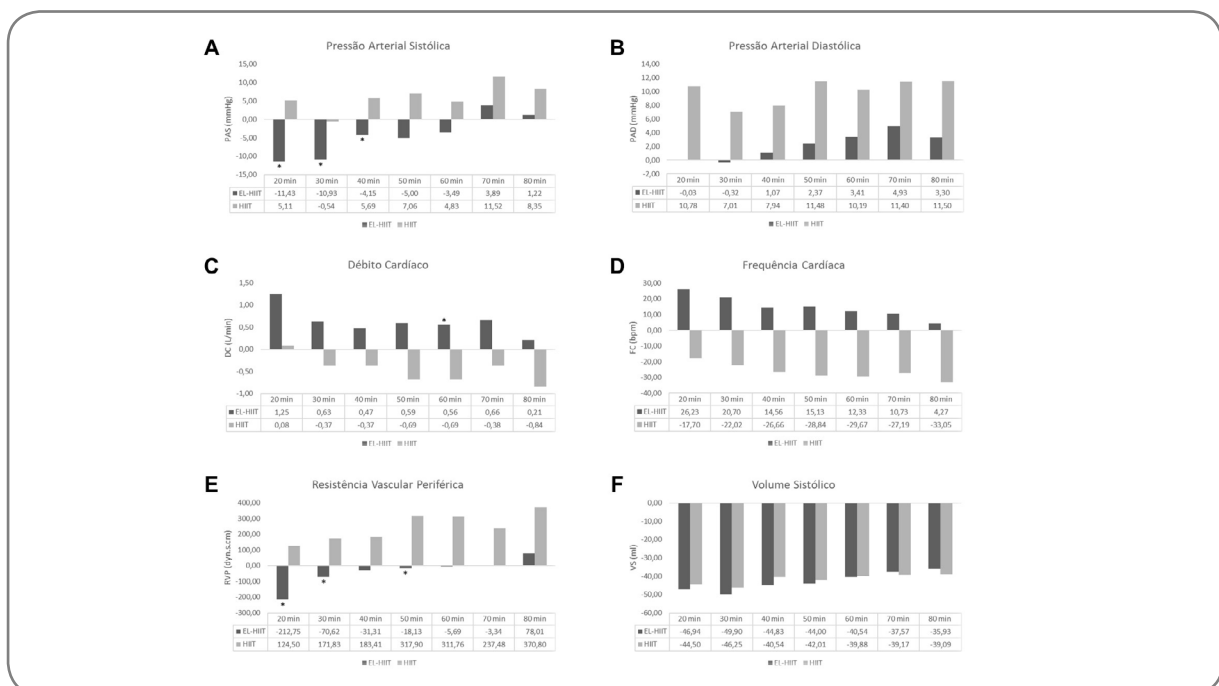
Tempo (min)	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)	FC (bpm)	VS (ml)	DC (l/min)	RVP (dyne·s·cm ⁻²)
CONTROLE						
20	131,9 ± 12,2	77,78 ± 9,91	70 ± 8,33	329,13 ± 15,42	6,24 ± 0,88	1286,17 ± 295,39
30	136,8 ± 7,6	79,81 ± 6,04	68 ± 11,16	329,38 ± 14,08	6,38 ± 0,87	1282,76 ± 262,14
40	133,3 ± 12,2	78,88 ± 9,74	68 ± 9,98	321,65 ± 39,63	6,21 ± 0,81	1306,37 ± 315,03
50	132,6 ± 12,8	76,07 ± 6,15	66 ± 8,53	333,49 ± 11,88	6,04 ± 0,42	1281,76 ± 113,11
60	137,1 ± 15,2	78,49 ± 5,77	67 ± 9,39	328,33 ± 14,36	6,01 ± 0,35	1319,44 ± 84,21
70	133,4 ± 13,4	78,72 ± 5,00	67 ± 10,18	329,33 ± 18,17	5,81 ± 0,45	1366,80 ± 70,10
80	136,8 ± 14,7	80,67 ± 6,06	70 ± 9,74	323,39 ± 15,22	5,96 ± 0,55	1361,48 ± 101,41
EL-HIIT						
20	115,2 ± 10,3 ^{MG}	73,87 ± 4,04 ^M	95 ± 12,09 ^{MG}	308,30 ± 25,77 ^G	7,61 ± 1,80 ^G	968,94 ± 196,37 ^{MG}
30	120,6 ± 13,2 ^{MG}	75,62 ± 5,88 ^G	88 ± 11,86 ^{MG}	313,67 ± 25,53 ^G	7,12 ± 1,67 ^M	1107,66 ± 195,56 ^G
40	123,9 ± 14,0 ^G	76,07 ± 4,25 ^P	81 ± 13,12 ^G	319,25 ± 23,64 ^P	6,79 ± 1,43 ^M	1170,58 ± 216,46 ^M
50	122,4 ± 17,4 ^M	74,57 ± 4,85 ^P	80 ± 10,20 ^{MG}	319,41 ± 23,16 ^G	6,74 ± 1,46 ^M	1159,15 ± 190,91 ^G
60	128,3 ± 17,3 ^M	78,02 ± 5,01 ^P	78 ± 8,32 ^{MG}	320,58 ± 21,16 ^P	6,69 ± 1,12 ^G	1209,27 ± 153,86 ^G
70	132,0 ± 17,9 ^P	79,78 ± 6,41 ^P	76 ± 8,74 ^G	323,67 ± 19,66 ^P	6,58 ± 0,93 ^G	1258,98 ± 134,23 ^G
80	132,7 ± 19,4 ^P	80,09 ± 6,79 ^P	73 ± 9,45 ^P	326,28 ± 18,99 ^P	6,28 ± 1,08 ^P	1335,01 ± 201,19 ^P
HIIT						
20	132,9 ± 8,7 ^P	82,46 ± 5,90 ^M	85 ± 14,57 ^{MG}	303,91 ± 30,39 ^G	7,10 ± 1,67 ^M	1188,26 ± 241,21 ^P
30	132,2 ± 10,9 ^M	80,71 ± 7,31 ^P	80 ± 12,46 ^G	311,54 ± 28,09 ^G	6,78 ± 1,67 ^P	1232,18 ± 283,39 ^P
40	134,9 ± 9,1 ^P	80,70 ± 7,80 ^P	75 ± 9,47 ^G	314,89 ± 23,72 ^P	6,61 ± 1,52 ^P	1267,37 ± 297,42 ^P
50	135,6 ± 5,5 ^P	81,45 ± 6,24 ^G	70 ± 8,77 ^M	316,16 ± 17,25 ^G	6,12 ± 1,32 ^P	1377,25 ± 313,46 ^P
60	137,8 ± 5,0 ^P	82,57 ± 9,86 ^M	71 ± 11,14 ^P	316,05 ± 20,73 ^M	6,10 ± 1,36 ^P	1408,78 ± 400,94 ^P
70	140,8 ± 13,2 ^M	84,02 ± 9,53 ^G	73 ± 9,70 ^M	316,59 ± 17,76 ^G	6,21 ± 1,09 ^M	1381,87 ± 254,05 ^P
80	141,0 ± 9,7 ^P	86,06 ± 9,82 ^M	70 ± 8,90 ^P	319,17 ± 18,31 ^P	5,89 ± 1,27 ^P	1509,86 ± 397,80 ^M

Dados apresentados como média ± desvio padrão. DC = Débito Cardíaco; EL-HIIT = Treinamento intervalado de alta intensidade com resistência elástica; FC = Frequência Cardíaca; HIIT = Treinamento intervalado de alta intensidade; PAD = Pressão Arterial Diastólica; PAS = Pressão Arterial Sistólica; RVP = Resistência Vascular Periférica; Tamanho de efeito comparado ao dia controle, sendo ^P = pequeno ≤ 0,49; ^M = moderado ≥ 0,50 – 0,79; ^G = grande ≥ 0,80 – 1,29; ^{MG} = muito grande > 1,30; VS = Volume Sistólico

No HIIT a PAS apresentou redução de (3,4%) e (5,5%) nos momentos 30 e 70 min após o exercício com TE moderada (0,57 e 0,64, respectivamente) (Tabela III). A PAD manteve-se maior nos minutos 50 (7,1%) e 70 (6,7%) com TE grande (1,00 e 0,80, respectivamente); e nos 20 min (6%), 60 min (5,1%) e 80 min (6,7%) com TE moderado (0,59; 0,10 e 0,10, respectivamente). A FC permaneceu elevada nos minutos 20 (21,4%), 30 (17,6%), e 40 (10,3%) com TE variando entre grande e muito grande (1,45; 1,17 e 0,83, respectivamente); e nos minutos 50 (6%) e 70 (9%) observou-se TE moderado (0,53 e 0,68, respectivamente). O VS apresentou valores maiores nos 20 min (7,7%), 30 min (5,4%), 50 min (5%) e 70 min (3,9%), um TE grande (1,20; 0,92; 1,06 e 0,81, respectivamente). O DC e a RVP não apresentaram diferenças comparados ao momento controle.

Diferenças hemodinâmicas pós exercício entre EL-HIIT e HIIT

A PAS (Fig. 3 - A) foi significativamente menor ($p = < 0,05$) no EL-HIIT nos 20 min ($p = 0,021$), 30 min ($p = 0,012$) e 40 min ($p = 0,035$), apresentando diferenças em mmHg de 11,43; 10,93 e 4,15, respectivamente. Para PAD (Fig. 3 - B) não houve diferença estatística entre os protocolos. Os valores de DC (Fig. 3 - C) foram menores no EL-HIIT aos 60 min com diferença de 0,56 L/min ($p = 0,022$) e tendência de queda nos 70 min ($p = 0,054$). A FC (Fig. 3 - D) apresentou tendência de se manter maior no EL-HIIT nos 30 min ($p = 0,059$), 40 min ($p = 0,053$), 50 min ($p = 0,055$), 60 min ($p = 0,059$) e 80 min ($p = 0,053$). Para a RVP (Fig. 3 - E) a modalidade EL-HIIT foi significativamente diferente do HIIT ($p = 0,009$), exibindo diferenças (dyne·s·cm⁵) com as reduções de 212,75 nos 20 min ($p = 0,005$), 70,62 nos 30 min ($p = 0,003$) e 18,13 aos 50 min ($p = 0,008$).



* $p = < 0,05$ – diferenças das variáveis hemodinâmicas no pós-exercício. A) Pressão Arterial Sistólica; B) Pressão Arterial Diastólica; C) Débito Cardíaco; D) Frequência Cardíaca; E) Resistência Vascular Periférica; e F) Volume Sistólico

Figura 3 – Diferenças hemodinâmicas no pós-exercício entre os protocolos EL-HIIT vs HIIT

Discussão

Nesse estudo notamos que apenas o EL-HIIT apresentou resposta hemodinâmica aguda mais evidenciada, com queda da PAS e da RVP, e manutenção da FC e DC elevados, comparando com a situação controle em tamanho de efeito. Enquanto que para o HIIT observou-se apenas FC e VS elevados em relação ao controle.

Na comparação da resposta hemodinâmica pós-exercício entre os protocolos, os principais achados foram que uma única sessão de EL-HIIT ocasionou redução da PAS durante 40 min pós-exercício, bem como para o DC e RVP, comparado ao HIIT, sem efeitos na PAD, FC e VS. Este é o primeiro estudo que observou HPE utilizando o EL-HIIT como meio para a prática de exercício, inclusive com utilização de método padrão ouro de análise de pressão arterial por fotopletomografia por infravermelho.

A HPE apresentada em nossos achados corrobora com os resultados que têm sido observados anteriormente em indivíduos jovens após uma sessão de exercício. Angadi *et al.* [23] monitoraram a PA em jovens recreativamente ativos por 3 horas e observaram HPE (redução de 4 mmHg na PAS) mais duradora após o HIIT longo realizado em ciclo ergômetro próximo ao máximo (90-95% $FC_{máx}$) em comparação ao exercício contínuo (75-80% $FC_{máx}$). Dantas *et al.* [24] relataram que uma única sessão de HIIT de baixo volume (10 x 1min a 100% da velocidade máxima da esteira intercalando com 1 min de recuperação) foi capaz de reduzir a PAS (3 a 5 mmHg) durante as primeiras 5 horas pós-exercício em homens normotensos. Assim, observa-se que há evidências na literatura favoráveis para a resposta hipotensora pós-exercício em jovens que executam uma sessão de HIIT na esteira ou no ciclo ergômetro. Por outro lado, os nossos resultados ampliam a visão sobre o exercício com resistência elástica, uma vez que parece potencializar a HPE, o que está ligado a diminuição pronunciada da PA [25]. Contudo, nossos resultados são apenas evidências para iniciar a exploração do tema, uma vez que se trata de um estudo piloto, e que não foi possível reproduzir a HPE observada no HIIT tradicional relatado em estudos já publicados.

A principal novidade deste estudo foi mostrar que o EL-HIIT causou uma resposta hipotensora mais evidenciada comparado ao HIIT em quatro indivíduos jovens saudáveis normotensos de ambos os sexos. Nossos achados mostram também que há uma possível relação com a queda da RVP, que aconteceu apenas na modalidade do EL-HIIT. A redução da resistência vascular parece ser uma das principais variáveis hemodinâmicas que determinam a HPE [12,26,27]. A redução na resistência vascular sistêmica pode ser ocasionada pela vasodilatação sustentada pós-exercício nos membros inferiores [26]. A ocorrência desse fenômeno é mediada por interações complexas entre mecanismos vasodilatadores locais [28] e neurais [27], como o reestabelecimento do barorreflexo que por meio da simpatoinibição irá diminuir o fluxo simpático levando a vasoconstrição e ativação dos receptores histamínicos resultando em vasodilatação sustentada e auxiliando na redução da resistência vascular [14]. No entanto, não há informações sobre os mecanismos associados da HPE promovida pelo EL-HIIT, assim outros estudos são necessários para esclarecer suas respostas hemodinâmicas pós-exercício.

Outro fator que pode estar relacionado a resposta hipotensora mais evidenciada é a exigência mecânica exercida durante o esforço. Stavres *et al.* [18] relataram que o exercício concêntrico proporcionou maior HPE em jovens saudáveis de ambos os sexos comparado ao exercício excêntrico, provavelmente devido ao estresse metabólico combinado com o trabalho. Portanto, especula-se que o tipo de esforço gerado na corrida para frente e para trás executado no EL-HIIT pode causar maior estresse de cisalhamento vascular, devido ao aumento do fluxo sanguíneo em direção ao músculo ativo após o EL-HIIT vs. HIIT, o que tem sido associado a melhores adaptações vasculares [13,15] e, conseqüentemente, benefícios relacionados à força [16]. Mais estudos devem explorar objetivamente o componente de força após os diferentes protocolos.

O presente estudo também amplia as opções de ferramenta para a prescrição de exercício físico em jovens saudáveis de ambos os sexos. A resposta pressórica após uma única sessão de exercício é considerada um recurso clínico preditivo simples para gerenciar a prescrição do treinamento [9]. Com base em nossos achados, é possível especular que na modalidade EL-HIIT os indivíduos serão mais responsivos ao estímulo [26], a fim de obter maior assertividade na prescrição do treinamento. Entretanto, são achados ainda especulativos.

Apesar dos resultados promissores deste estudo, algumas limitações precisam ser mencionadas. Primeiro, o estudo foi realizado com apenas quatro jovens saudáveis o que impede as extrapolações para outras faixas etárias e indivíduos hipertensos e pré-hipertensos e, por isso, estudos de maior tamanho amostral, com outros públicos e faixas etárias são necessários. Segundo, as variáveis hemodinâmicas foram obtidas durante um período curto (80 min), portanto mais investigações devem avaliar as respostas por mais tempo. Por último, ainda que existisse orientações para que os indivíduos não praticassem atividade física um dia antes das sessões, e nem ingerissem bebidas energéticas, não avaliamos esses fatores de maneira objetiva. Por outro lado, nossos achados abrem caminho para novas hipóteses e estudos que utilizem a resistência elástica como ferramenta de exercício físico.

Conclusão

O EL-HIIT promoveu HPE com queda da PAS acompanhada da diminuição da RVP. Esses achados sugerem que o EL-HIIT pode ser uma nova ferramenta para a prática de exercício em jovens saudáveis de ambos os sexos com efeitos benéficos para o sistema cardiovascular.

Vinculação acadêmica

Este artigo é fruto do Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), do aluno de graduação Redley da Silva Alves, orientado pela professora Luciana Carletti, doutora em ciências fisiológicas, UFES - Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP: 29075-910, Vitória - Espírito Santo - Brasil.

Conflito de interesses

Todos os autores são responsáveis pelo conteúdo do manuscrito e aprovaram sua versão final. Nenhuma parte comercial que apoie este artigo e tenha interesse financeiro direto nos resultados da pesquisa confere ou conferirá benefícios financeiros aos autores ou a qualquer organização à qual os autores estejam associados. Os autores declaram que não há conflitos de interesses financeiros concorrentes conhecidos ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Proc. 148613/2021-7).

Contribuições dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Carletti L, Neves LNS, Gasparini-Neto VH; **Obtenção de dados:** Neves LNS, Gasparini-Neto VH; **Análise e interpretação dos dados:** Alves RS, Neves LNS, Carletti L, Gasparini-Neto VH. **Análise estatística:** Alves RS, Neves LNS; **Obtenção de financiamento:** Carletti L; **Redação do manuscrito:** Alves RS, Carletti L, Neves LNS, Gasparini-Neto VH; **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Alves RS, Carletti L, Neves LNS, Gasparini-Neto VH.

Referências

1. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, *et al.* 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;43:1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf
2. Pedersen BK, Saltin B. Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:1-72. doi: 10.1111/sms.12581
3. Sabag A, Little JP, Johnson NA. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health. *J Physiol.* 2022;600:1013-26. doi: 10.1113/JP281210
4. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Med.* 2013;43:313-38. doi: 10.1007/s40279-013-0029-x
5. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: Potential mechanisms. *J Physiol* 2010;588:1011-22. doi: 10.1113/jphysiol.2009.181743
6. Clark A, De AB, Rosa L, Derevere JL, Todd , Astorino A. Effects of various interval training regimes on changes in maximal oxygen uptake, body composition, and muscular strength in sedentary women with obesity. *Eur J Appl Physiol.* 2019;119:879-88. doi: 10.1007/s00421-019-04077-x
7. Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. Short-term high-intensity interval training on body composition and blood glucose in overweight and obese young women. *J Diabetes Res* 2016;2016. doi: 10.1155/2016/4073618
8. Gasparini-Neto VH, Caldas LC, Lira CAB, Carletti L, Leite RD, Nikolaidis PT, *et al.* Profile of blood pressure and glycemic responses after interval exercise in older women attending (in) a public health physical activity program. *J Bodyw Mov Ther.* 2021;25:119-25. doi: 10.1016/J.JBMT.2020.10.011
9. Luttrell MJ, Halliwill JR. Recovery from exercise: Vulnerable state, window of opportunity, or crystal ball? *Front Physiol* 2015;6:204. doi: 10.3389/FPHYS.2015.00204/BIBTEX
10. Okutucu S, Karakulak UN, Aytemir K, Oto A. Heart rate recovery: a practical clinical indicator of abnormal cardiac autonomic function. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2011;9(11):1417-30. doi: 10.1586/erc.11149
11. Negrão CE, Barretto ACP, Rondon MUPB. *Cardiologia do exercício: do atleta ao cardiopata.* São Paulo: Manole; 2010.
12. Morales-Palomo F, Ramirez-Jimenez M, Ortega JF, Pallarés JG, Mora-Rodriguez R. Acute hypotension after High-Intensity Interval Exercise in Metabolic Syndrome Patients. *Int J Sports Med.* 2017;38:560-7. doi: 10.1055/s-0043-101911
13. Green DJ, Hopman MTE, Padilla J, Laughlin MH, Thijssen DHJ. Vascular adaptation to exercise in humans: Role of hemodynamic stimuli. *Physiol Rev.* 2017;97:495-528. doi: 10.1152/PHYSREV.00014.2016

14. Halliwill JR, Buck TM, Lacewell AN, Romero SA. Hot Topic Review Hot Topic Review Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise? *Exp Physiol.* 2013;98:7-18. doi: 10.1113/expphysiol.2011.058065
15. Williams JS, Giudice M, Gurd BJ, Pyke XKE. Reproducible improvement in endothelial function following two separate periods of high-intensity interval training in young men. *J Appl Physiol.* 2020;129:725-31. doi: 10.1152/jappl
16. Gasparini Neto VH, Santos Neves LN, Kalva-Filho CA, Schwingel PA, Leite RD, Carletti L. Exercise testing with elastic resistance: a new reproducible proposal for determination of ventilatory thresholds and maximum oxygen consumption. *J Sports Sci Med.* 2022;21:426-34. doi: 10.52082/jssm.2022.426
17. Keir DA, Copithorne DB, Hodgson MD, Pogliaghi S, Rice CL, Kowalchuk JM. The slow component of pulmonary O₂ uptake accompanies peripheral muscle fatigue during high-intensity exercise. *J Appl Physiol.* 2016;121:493-502. doi: 10.1152/JAPPLPHYSIOL.00249.2016
18. Stavres J, Fischer SM, McDaniel J. Exaggerated post exercise hypotension following concentric but not eccentric resistance exercise: Implications for metabolism. *Eur J Sport Sci.* 2019;19:983-93. doi: 10.1080/17461391.2018.1564368
19. Barroso WKS, Rodrigues CIS, Bortolotto LA, Mota-Gomes MA, Brandão AA, Feitosa ADM, et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial - 2020. *Arq Bras Cardiol.* 2021;116:516-658. doi: 10.36660/abc.20201238
20. Slawinski JS, Billat VL. Difference in mechanical and energy cost between highly, well, and nontrained runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1440-6. doi: 10.1249/01.MSS.0000135785.68760.96
21. Fecchio RY, Chehuen M, Brito LC, Peçanha T, Queiroz ACC, Moraes Forjaz CL. Reproducibility (Reliability and Agreement) of Post-exercise Hypotension. *Int J Sports Med.* 2017;38:1029-34. doi: 10.1055/s-0043-118009
22. Santo HE, Daniel FB. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos (1): As limitações do $p < 0,05$ na análise de diferenças de médias de dois grupos. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social* 2015;1:3-16. doi: 10.7342/ISMT.RPICS.2015.1.1.14
23. Angadi SS, Bhammar DM, Gaesser GA. Postexercise hypotension after continuous, aerobic interval, and sprint interval exercise. *J Strength Cond Res.* 2015;29:2888-93. doi: 10.1519/JSC.0000000000000939
24. Dantas TCB, Farias LF, Frazão DT, Silva PHM, Sousa AE, Costa IBB, et al. A single session of low-volume high-intensity interval exercise reduces ambulatory blood pressure in normotensive men. *J Strength Cond Res* 2017;31:2263-9. doi: 10.1519/JSC.0000000000001688
25. Marçal IR, Goessler KE, Buys R, Casonatto J, Ciolac EG, Cornelissen VA. Post-exercise hypotension following a single bout of high intensity interval exercise vs. a single bout of moderate intensity continuous exercise in adults with or without hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Front Physiol.* 2021;12:863. doi: 10.3389/FPHYS.2021.675289/BIBTEX
26. Costa EC, Dantas TCB, de Farias LF, Frazão DT, Prestes J, Moreira SR, et al. Inter- and intra-individual analysis of post-exercise hypotension following a single bout of high-intensity interval exercise and continuous exercise: a pilot study. *Int J Sports Med.* 2016;37:1038-43. doi: 10.1055/S-0042-112029/ID/R5575-0030
27. Cote AT, Bredin SSD, Phillips AA, Koehle MS, Warburton DER, Phillip K, et al. Greater autonomic modulation during post-exercise hypotension following high-intensity interval exercise in endurance-trained men and women. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115:81-9. doi: 10.1007/s00421-014-2996-5
28. Lee SK, Kim CS, Kim HS, Cho EJ, Joo HK, Lee JY, et al. Endothelial nitric oxide synthase activation contributes to post-exercise hypotension in spontaneously hypertensive rats. *Biochem Biophys Res Commun* 2009;382:711-4. doi: 10.1016/J.BBRC.2009.03.090

