UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

REPRODUTIBILIDADE DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO E DE
SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E AUTONÔMICOS

Rafael Yokoyama Fecchio

São Paulo

2017

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

REPRODUTIBILIDADE DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO E DE
SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E AUTONÔMICOS

Rafael Yokoyama Fecchio

São Paulo

2017

RAFAEL YOKOYAMA FECCHIO

REPRODUTIBILIDADE DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO E DE
SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E AUTONÔMICOS

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Estudos Biodinâmicos da Educação Física e Esporte

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz

SÃO PAULO

2017

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: FECCHIO, Rafael Yokoyama

Título: Reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, professores de matemática, educação física e da minha vida, pela educação que venho recebendo, que me motiva a ser uma pessoa honesta, trabalhadora, e a seguir a nobre profissão de professor. Obrigado por proporcionarem condições ótimas para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

À minha orientadora, Profa. Cláudia Forjaz, pela oportunidade de ser um membro do Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora, pela dedicação e paciência ao me orientar durante esse processo de mestrado e pelo ótimo exemplo de docente, ao cumprir com excelência e paixão as funções de professora, cientista, orientadora, além de gerir projetos de extensão.

Aos colegas e ex-colegas de laboratório, Leandro, Tiago, Rafael Rezende, Roberto, Júlio, Hécio, Andréia, Bruno Modesto e Patrícia Nascimento, pela parceira e por tornarem esse processo mais alegre e divertido.

Aos técnicos do LAHAM, Natan Jr. e Teresa, e ao Dr. Luiz Riani por garantirem o andamento das atividades do laboratório, incluindo o presente trabalho.

Aos professores e demais funcionários da EEFE-USP por contribuírem para que essa instituição, aonde o presente trabalho foi desenvolvido, seja referência na área de Educação Física e Esporte em nosso país.

Aos voluntários que participaram do presente trabalho.

E por fim, à CAPES pelo apoio financeiro (demanda social).

RESUMO

FECCHIO, RY. **Reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos**. 2017. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2017.

A hipotensão pós-exercício (HPE) se caracteriza pela redução da pressão arterial (PA) após uma sessão de exercício. Diversos estudos têm investigado a HPE e seus mecanismos utilizando as seguintes formas de cálculo: I = PA pós-exercício - PA pré-exercício; II = PA pós-exercício – PA pós-controle; e III = [(PA pós-exercício - PA pré-exercício) – (PA pós-controle – PA pré-controle)]. Embora esses estudos tenham demonstrado a ocorrência da HPE em diferentes populações e sua relevância clínica, pouco se sabe sobre sua reprodutibilidade. Dessa forma, este estudo objetivou verificar a reprodutibilidade (erro sistemático, confiabilidade e concordância) da HPE e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos avaliados pelas 3 formas de cálculo expostas. Para tanto, 30 indivíduos realizaram 4 sessões experimentais divididas em 2 blocos (teste e reteste). Cada bloco foi composto por uma sessão de exercício (cicloergômetro, 45min, 50% do VO_2pico) e uma controle (repouso sentado), realizadas em ordem aleatória. Antes e após as intervenções, foram medidos: a PA (auscultatória e fotopletismográfica), o débito cardíaco (reinalação de CO_2), a frequência cardíaca (FC - eletrocardiograma) e a modulação autonômica cardiovascular (análise espectral das variabilidades da FC e da PA, além da sensibilidade barorreflexa). A presença de erro sistemático foi avaliada pelo test-t pareado, a confiabilidade pelo coeficiente de correlação intraclassa (CCI) e a concordância pelo erro típico (ET). A HPE e seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos avaliados pelas 3 formas de cálculo não apresentaram erro sistemático. A HPE sistólica apresentou confiabilidade alta e a diastólica confiabilidade baixa a moderada, com melhor confiabilidade na forma de cálculo II. Em geral, os mecanismos hemodinâmicos e autonômicos apresentaram confiabilidade moderada a baixa, com maior confiabilidade com a forma de cálculo I. Para finalizar, os parâmetros de concordância variaram entre as 3 formas de cálculo, o que implica que o ET específico de cada variável para cada forma de cálculo deve ser considerado para a estimativa do tamanho amostral necessário em estudos e para o cálculo da mínima diferença detectável na prática clínica quando o objetivo for comparar as respostas pós-exercício obtidas em diferentes condições.

Palavras-chave: Erro sistemático; confiabilidade; concordância; exercício; pressão arterial; modulação autonômica.

ABSTRACT

FECCHIO, RY. **Reproducibility of post-exercise hypotension and its hemodynamic and autonomic mechanisms.** 2017. 122 s. Dissertation (Master of Science) – School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo. 2017.

Post-exercise hypotension is characterized by a reduction in blood pressure (BP) after a single session of exercise. Several studies have investigated PEH and its mechanisms and they have employed the following methods of calculation: I = post-exercise BP – pre-exercise BP; II = post-exercise BP – post-control BP; and III = [(post-exercise BP – pre-exercise BP) – (post-control BP – pre-control BP)]. Although these studies have demonstrated the occurrence of PEH in different populations and its clinical relevance, little is known about the reproducibility of PEH. Thus, the current study was designed to determine the reproducibility (systematic error, reliability and agreement) of PEH and its hemodynamic and autonomic mechanisms evaluated by the three methods of calculation exposed. For this purpose, 30 subjects performed 4 experimental sessions divided into two blocks (test and retest). Each block was composed by one exercise (cycle ergometer, 45 min, 50% of $\text{VO}_{2\text{peak}}$) and one control (seated rest) session executed in a random order. Before and after the interventions, the following parameters were measured: BP (auscultatory and photoplethysmographic), cardiac output (CO_2 rebreathing), heart rate (HR - electrocardiogram) and cardiovascular autonomic modulation (spectral analysis of HR and BP variabilities, as well as spontaneous baroreflex sensitivity). The presence of systematic bias was evaluated by paired t-test, reliability by intraclass correlation coefficient (ICC) and agreement by typical error (TE). PEH and its hemodynamic and autonomic mechanisms evaluated by the three methods of calculation did not present systematic bias. Systolic PEH presented high reliability and diastolic PEH showed low to moderate reliability, with better results for the method II. In general, the hemodynamic and autonomic mechanisms presented low to moderate reliabilities, with better results for the method I. Lastly, agreement parameters varied among the three methods of calculation, which implies that the specific value of TE for each variable and each method of calculation should be used for estimating the sample size required in studies and establishing the minimal detectable change in clinical settings when the goal is to compare post-exercise responses obtained in different conditions.

Key words: Systematic error; reliability; agreement; exercise; blood pressure; autonomic regulation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	14
2.1 GERAL	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 EXERCÍCIO E PRESSÃO ARTERIAL	15
3.1.1 Fatores de influência na hipotensão pós-exercício	19
3.1.2 Mecanismos da hipotensão pós-exercício	21
3.2 Reprodutibilidade	24
3.2.1 Avaliação da reprodutibilidade (confiabilidade e concordância)	27
3.3 Reprodutibilidade de medidas e da hipotensão pós-exercício	33
4 MÉTODO	41
4.1 CASUÍSTICA	41
4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES	41
4.2.1 Anamnese e antropometria	41
4.2.2 Avaliação da PA	42
4.2.3 Teste ergométrico	42
4.3 MEDIDAS NAS SESSÕES EXPERIMENTAIS	43
4.3.1 Pressão arterial	43
4.3.2 Frequência cardíaca	43
4.3.3 Débito cardíaco	44
4.3.4 Resistência vascular periférica	44
4.3.5 Volume sistólico	44
4.3.6 Respiração	45
4.3.7 Modulação autonômica do sistema cardiovascular	45
4.4 INTERVENÇÕES	46
4.4.1 Exercício aeróbico	46
4.4.2 Controle	46
4.5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	47
4.6 DESENHO DAS SESSÕES EXPERIMENTAIS	48
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	49
5 RESULTADOS	51
5.1 CASUÍSTICA	51
5.2 EXECUÇÃO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL	54
5.2.1 Intensidade do exercício	54
5.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AS SESSÕES EXPERIMENTAIS	54
5.3.1 Respostas da pressão arterial	55
5.3.1 Respostas dos mecanismos hemodinâmicos	56
5.3.2 Respostas dos mecanismos autonômicos	58
5.4 REPRODUTIBILIDADE	62
5.4.1 Reprodutibilidade das medidas pré-exercício	62
5.4.2 Reprodutibilidade das medidas pós-exercício	64
5.4.3 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo I	66
5.4.4 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo II	69
5.4.5 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo III	71

6 DISCUSSÃO	75
6.1 PRINCIPAIS ACHADOS	75
6.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	75
6.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO	77
6.4 REPRODUTIBILIDADE	82
6.4.1 Reprodutibilidade das medidas pré e pós-exercício	82
6.4.2 Reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício	87
6.4.3 Reprodutibilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício	91
6.4.4 Reprodutibilidade das respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício	93
6.4.5 Reprodutibilidade das respostas em geral	95
6.5 LIMITAÇÕES	96
7 CONCLUSÃO	98
REFERÊNCIAS	99
ANEXO 1 - Aprovação do Comitê de Ética	108
ANEXO 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	111
ANEXO 3 - Anamnese	114
ANEXO 4 - Questionário Internacional de Atividade Física – versão curta	115
ÍNDICE DE TABELAS	117
ÍNDICE DE FIGURAS	120
ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES	121

1 INTRODUÇÃO

Em 1993, a hipotensão pós-exercício (HPE) foi definida por Kenney e Seals (1993, p. 653, tradução nossa) como: “uma redução da pressão arterial (PA) sistólica (PAS) e/ou diastólica (PAD) em relação aos valores controle após uma única sessão de exercício físico”. Após sua definição, a HPE tem sido amplamente investigada, porém os estudos consideram diferentes medidas de PA como o nível controle. Assim, na maior parte dos estudos, (BONSU; TERBLANCHE, 2016; CAVALCANTE et al., 2016; COSTA et al., 2016; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; DUJIC et al., 2006; FLORAS et al., 1989; FORJAZ et al., 1998a, 1998b; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; HEFFERNAN et al., 2007; JONES et al., 2008; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LIU et al., 2012; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999, 2000; RONDON et al., 2002; RUECKERT et al., 1996; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; SOMERS et al., 1991; SOUZA et al., 2016; WILCOX et al., 1982), os valores pré-exercício são considerados como o controle e a HPE é calculada comparando-se os valores medidos após o exercício com os avaliados pré-exercício (cálculo I = PA pós-exercício - PA pré-exercício). No entanto, em outros estudos (ANGADI; BHAMMAR; GAESSER, 2015; APRILE et al., 2016; CARVALHO et al., 2015; CAVALCANTE et al., 2016; CLÉROUX et al., 1992; CUNHA et al., 2016; DANTAS et al., 2017; DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 2000; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; LEHMKUHL et al., 2005; SOMERS et al., 1991; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; WALLACE et al., 1997), os valores após uma sessão controle sem exercício são considerados como controle e a HPE é avaliada comparando-se os valores medidos após o exercício com os obtidos após a sessão controle (cálculo II = PA pós-exercício – PA pós-controle). Mais recentemente, alguns estudos (AZEVEDO et al., 2017; CAVALCANTE et al., 2016; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 2004; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; SANTAELLA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2011) consideram os dois valores controle (pré-exercício e após uma sessão controle) e têm avaliado a HPE pelo chamado “efeito real” (líquido ou *net*, em inglês) do exercício, que é calculado pela comparação da resposta da PA observada na sessão de exercício e na sessão controle [cálculo III = (PA pós-exercício - PA pré-exercício) – (PA pós-controle – PA pré-controle)]. Essas diferentes formas de cálculo podem trazer

diferentes resultados e interpretações sobre a ocorrência ou não da HPE, bem como sobre as características da HPE e os mecanismos responsáveis por sua ocorrência.

A HPE aeróbica foi observada em diferentes populações, incluindo normotensos (ANGADI; BHAMMAR; GAESSER, 2015; APRILE et al., 2016; BONSU; TERBLANCHE, 2016; COSTA et al., 2016; DANTAS et al., 2017; DUJIC et al., 2006; FORJAZ et al., 1998a, 1998b, 2004; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; HEFFERNAN et al., 2007; JONES et al., 2007, 2008; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999; RONDON et al., 2002; SANTAELLA et al., 2006; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; TEIXEIRA et al., 2011; WALLACE et al., 1997; WILCOX et al., 1982), pré-hipertensos (CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; LACOMBE et al., 2011; LIU et al., 2012) e hipertensos (AZEVEDO et al., 2017; CARVALHO et al., 2015; CLÉROUX et al., 1992; FLORAS et al., 1989; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; LEGRAMANTE et al., 2002; LEHMKUHL et al., 2005; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 2000; RONDON et al., 2002; RUECKERT et al., 1996; SANTAELLA et al., 2006; SOMERS et al., 1991; SOUZA et al., 2016; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; WALLACE et al., 1997; WILCOX et al., 1982). Embora seja um evento agudo, a HPE aeróbica tem relevância clínica (PESCATELLO et al., 2004), pois apresenta magnitude significativa e pode perdurar por várias horas após o exercício, reduzindo a PA média de 24 horas pós-exercício. Além disso, alguns estudos recentes (HECKSTEDEN; GRÜTTERS; MEYER, 2013; KIVINIEMI et al., 2014; LIU et al., 2012) demonstraram que a magnitude da HPE está associada à resposta crônica da PA ao treinamento físico, o que sugere a utilização da HPE como ferramenta preditiva da responsividade ao treinamento físico.

Apesar dessa relevância clínica, a magnitude e a duração da HPE variam muito entre os estudos, de modo que diversos fatores relacionados às características das populações estudadas e/ou dos protocolos de exercício empregados, têm sido investigados para explicar essas diferenças. As revisões a esse respeito demonstram que a HPE é maior e mais duradoura em hipertensos que em normotensos (CARDOSO et al., 2010; CASONATTO; POLITO, 2008; KENNEY; SEALS, 1993; PESCATELLO et al., 2004). Além disso, parece que os exercícios que envolvem maior massa muscular, maior duração e intensidade mais elevada também podem promover

HPE maior e mais duradoura (CASONATTO; POLITO, 2008; GOMES ANUNCIAÇÃO; DOEDERLEIN POLITO, 2011). Porém, os estudos que avaliaram a influências desses fatores nem sempre geraram resultados consensuais (CASONATTO; POLITO, 2008).

A PA é determinada pelo produto entre o débito cardíaco (DC) e a resistência vascular periférica (RVP). Assim, a diminuição da PA pós-exercício deve ocorrer pela diminuição de um desses fatores ou de ambos. Entretanto, os estudos que investigaram os mecanismos hemodinâmicos sistêmicos da HPE também encontraram resultados controversos. Nesse sentido, uma recente revisão sobre esse assunto (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014) relatou que alguns estudos relataram redução predominante do DC, outros da RVP, e outros ainda relataram que alguns indivíduos apresentam redução do DC e outros da RVP.

Independentemente da redução do DC ou da RVP, na maioria dos estudos, a HPE é acompanhada de diminuição do volume sistólico (VS) e manutenção da frequência cardíaca (FC) elevada pós-exercício (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014; CASONATTO; POLITO, 2008; KENNEY; SEALS, 1993), o que tem sido atribuído à manutenção do balanço simpatovagal cardíaco aumentado e redução da sensibilidade barorreflexa cardíaca (SBR) (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014; CASONATTO; POLITO, 2008; KENNEY; SEALS, 1993). Concomitantemente, a essas alterações, ocorre manutenção da vasodilatação induzida pelo exercício na musculatura esquelética (HALLIWILL et al., 2013). Apesar dessas respostas serem observadas na maioria dos estudos, a magnitude dessas alterações varia consideravelmente de um estudo para outro e, novamente, as características da população e do protocolo de exercício empregados têm sido apontadas como possíveis responsáveis pela variação nos mecanismos da HPE (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014).

Apesar desse vasto e crescente corpo de conhecimentos sobre a HPE, seus mecanismos e fatores de influência, além de sua ampla aceitação como um fenômeno de importância clínica (PESCATELLO et al., 2004), pouco se sabe a respeito de sua reprodutibilidade. A análise de reprodutibilidade avalia o grau de variabilidade de um fenômeno ocorrido nas mesmas condições e em diferentes ocasiões (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000). Esse conhecimento é fundamental, pois o grau de reprodutibilidade influencia a capacidade de distinguir os sujeitos entre si e de detectar efeitos e/ou diferenças reais em estudos científicos e na prática clínica (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000), sendo que uma análise completa de

reprodutibilidade envolve a avaliação da presença de erro sistemático bem como do grau de confiabilidade e de concordância (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000).

Considerando-se a reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos, é possível dizer que ela dependerá, em parte, da reprodutibilidade das técnicas de medida da PA e de seus mecanismos. Embora a reprodutibilidade das técnicas de medidas dessas variáveis já esteja demonstrada na situação de repouso sem exercício prévio (AL HADDAD et al., 2011; BOTTINI et al., 1992; CADE; NABAR; KEYSER, 2004; CIPRYAN; LITSCHMANNOVA, 2013; DIMIER-DAVID et al., 1994; HUIKURI et al., 1990; IELLAMO et al., 1996; LEICHT; ALLEN, 2008; MACRAE; ALLEN, 1998; MAESTRI et al., 2009; MARKS; LGHFOOT, 1999; NUGENT et al., 1994; PINNA et al., 2007; PONIKOWSKI et al., 1996; REEVES; LEENEN; JOYNER, 1992; REYNOLDS; DE STE CROIX; JAMES, 2016; SIPKENS et al., 2011; STANFORTH et al., 2000; STERGIOU et al., 2002; WATTIGNEY et al., 1996; ZÖLLEI et al., 2007), é sabido que o exercício promove uma série de ajustes fisiológicos durante sua execução, que podem modificar a precisão das medidas, alterando sua reprodutibilidade. Pelo nosso conhecimento, apenas um estudo (LEHMKUHL et al., 2005) avaliou e relatou boa reprodutibilidade da medida da PA após o exercício, porém esse estudo realizou uma avaliação incompleta da reprodutibilidade, analisando apenas a presença de erro sistemático e a confiabilidade, não fornecendo parâmetros sobre a concordância. Considerando-se a reprodutibilidade das técnicas de medida dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos após o exercício, poucos estudos foram realizados e os resultados são inconsistentes (AL HADDAD et al., 2011; BOULLOSA et al., 2014; DUPUY et al., 2012).

Além da possível variabilidade da reprodutibilidade da HPE em função da alteração da reprodutibilidade das técnicas de medida sem e com exercício prévio, o próprio efeito do exercício, por se tratar de um fenômeno biológico, pode variar entre dias distintos (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000), o que também pode influenciar a reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos. Entretanto, pelo nosso conhecimento, nenhum estudo avaliou a reprodutibilidade do fenômeno da HPE e seus mecanismos, usando as formas de cálculo usadas na literatura e apresentadas no início desta introdução. Dessa forma, o grau de reprodutibilidade desse fenômeno e seus mecanismos permanece desconhecido. Esse conhecimento é fundamental,

pois como dito anteriormente, esse grau de reprodutibilidade determina a capacidade de distinguir os sujeitos entre si através da HPE e detectar diferenças reais quando se compara a HPE e seus mecanismos promovida por diferentes protocolos de exercício ou a HPE e seus mecanismos observada antes e após um período de treinamento físico (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000).

Diante da importância científica e clínica da determinação da reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos, essa dissertação teve por objetivo fazer uma avaliação completa desse grau de reprodutibilidade (presença de erro sistemático, grau de confiabilidade e grau de concordância). Para se avaliar essa reprodutibilidade, primeiramente, a reprodutibilidade das medidas de PA e dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos foi avaliada na ausência de qualquer intervenção prévia e após o exercício físico. Em seguida, foi avaliada a reprodutibilidade da HPE e seus mecanismos utilizando-se as 3 formas de cálculo (I, II e III).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a reprodutibilidade (presença de erro sistemático, grau de confiabilidade e grau de concordância) da HPE e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos calculada pelas diferentes formas usadas na literatura: I (pós - pré-exercício), II (pós-exercício - pós-controle) e III [(pós-pré-exercício) – (pós-pré-controle)].

2.2 ESPECÍFICOS

Avaliar a reprodutibilidade:

- a) das medidas de PA, DC, RVP, VS, FC, variabilidade da FC (VFC), variabilidade da PA (VPA) e SBR pré-exercício;
- b) das medidas de PA, DC, RVP, VS, FC, VFC, VPA e SBR pós-exercício;
- c) do efeito do exercício sobre a PA, DC, RVP, VS, FC, VFC, VPA e SBR, avaliado pela forma de cálculo I;
- d) do efeito do exercício sobre a PA, DC, RVP, VS, FC, VFC, VPA e SBR, avaliado pela forma de cálculo II;
- e) do efeito líquido (real) do exercício sobre a PA, DC, RVP, VS, FC, VFC, VPA e SBR, avaliado pela forma de cálculo III.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EXERCÍCIO E PRESSÃO ARTERIAL

O exercício aeróbico é recomendado para a prevenção e o tratamento da hipertensão arterial devido aos seus comprovados efeitos hipotensores. Além de diminuir a PA após um período regular de treinamento físico crônico (CORNELISSEN; SMART, 2013), agudamente, o exercício aeróbico também tem efeito hipotensor, promovendo a chamada HPE, que como exposto na introdução, foi definida por Kenney e Seals (1993, p. 653, tradução nossa) como “uma redução da PAS e/ou PAD em relação aos valores controle após uma única sessão de exercício físico”.

Após sua definição, a HPE foi amplamente estudada, porém os estudos têm considerado diferentes medidas de PA como valores controle, resultando em diferentes formas de cálculo, que estão apresentadas na figura 1.

Figura 1 - Hipotensão pós-exercício (Δ) calculada para a pressão arterial sistólica (PAS) com as 3 formas utilizadas na literatura: cálculo I = PAS pós-exercício - PAS pré-exercício (painel a); cálculo II = PAS pós-exercício - PAS pós-controle (painel b); e cálculo III = (PAS pós-exercício - PAS pré-exercício) - (PAS pós-controle - PAS pré-controle) (painel c). Sessão de exercício (linha contínua) e sessão controle (linha tracejada).

Na maioria dos estudos sobre a HPE (BONSU; TERBLANCHE, 2016; CAVALCANTE et al., 2016; COSTA et al., 2016; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; DUJIĆ et al., 2006; FLORAS et al., 1989; FORJAZ et al., 1998a, 1998b;

HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; HEFFERNAN et al., 2007; JONES et al., 2008; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LIU et al., 2012; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGGEN, 1999, 2000; RONDON et al., 2002; RUECKERT et al., 1996; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; SOMERS et al., 1991; SOUZA et al., 2016; WILCOX et al., 1982), a PA é medida antes e após uma sessão de exercício, e a HPE é avaliada através da comparação entre a PA pré e pós-exercício (cálculo I = PA pós-exercício - PA pré-exercício, figura 1a). Essa forma de cálculo é de fácil aplicação, pois demanda apenas uma sessão experimental na qual a PA é avaliada em 2 momentos distintos. Entretanto, a forma de cálculo I não considera uma possível mudança da PA ao longo do tempo mesmo sem a execução do exercício, o que poderia ser identificado numa sessão controle.

Em outros estudos sobre a HPE (ANGADI; BHAMMAR; GAESSER, 2015; APRILE et al., 2016; CARVALHO et al., 2015; CAVALCANTE et al., 2016; CLÉROUX et al., 1992; CUNHA et al., 2016; DANTAS et al., 2017; DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 2000; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; LEHMKUHL et al., 2005; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; SOMERS et al., 1991; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; WALLACE et al., 1997), a PA foi medida após uma sessão exercício e após uma sessão controle, sem exercício, e a HPE foi avaliada pela comparação dos valores de PA pós-exercício e pós-controle (cálculo II = PA pós-exercício – PA pós-controle, figura 1b). Essa forma de cálculo supera uma limitação da forma de cálculo I, pois considera a possível influência do passar do tempo na PA. Outra vantagem desse método é a possibilidade de diminuir a duração das sessões experimentais, uma vez que a PA é avaliada em um único momento em cada sessão. Porém, esse método não considera os níveis de PA antes das sessões experimentais, que podem ser diferentes de uma dia para o outro, uma vez que a PA possui importante variação entre dias distintos (PARATI et al., 2013).

Estudos mais recentes sobre a HPE (AZEVEDO et al., 2017; CAVALCANTE et al., 2016; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 2004; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; SANTAELLA et al., 2006; TEIXEIRA et al., 2011) têm medido a PA antes e após uma sessão exercício e uma sessão controle e avaliado a HPE pelo chamado efeito real (líquido ou *net*, em inglês) através da comparação da resposta da PA à sessão exercício e à sessão controle [cálculo III = (PA pós-exercício - PA pré-exercício) – (PA pós-controle – PA pré-controle), figura 1c]. Essa forma de

cálculo considera a possível variação da PA ao longo do tempo e entre diferentes dias, superando as limitações das formas de cálculo I e II. Entretanto, essa forma de cálculo, é mais difícil de ser aplicada, pois demanda 2 sessões experimentais e a medida da PA em 2 momentos distintos em cada sessão, além de incluir maior variabilidade nas medidas, o que implica, provavelmente em maior erro.

As diferentes formas de cálculo da HPE podem gerar diferentes resultados e interpretações a respeito da ocorrência ou não da HPE bem como de sua magnitude, sendo importante que a escolha da forma de cálculo esteja de acordo com os objetivos do estudo e que a interpretação dos resultados obtidos considere a forma de cálculo utilizada.

A HPE apresenta relevância clínica (PESCATELLO et al., 2004), pois ocorre em hipertensos, que se beneficiam clinicamente da redução aguda da PA, e possui magnitude significativa e duração prolongada, permitindo a manutenção de níveis reduzidos da PA por várias horas do dia (KENNEY; SEALS, 1993). Além disso, alguns autores sugerem que o efeito crônico do treinamento aeróbico se deve à soma dos efeitos agudos (DA NOBREGA, 2005) e, recentemente, alguns estudos (HECKSTEDEN; GRÜTTES; MEYER, 2013; KIVINIEMI et al., 2014; LIU et al., 2012) observaram forte correlação positiva entre a diminuição da PA após uma única sessão de exercício aeróbico e a redução da PA de repouso após um período de treinamento físico, o que sugere a utilização da HPE como ferramenta preditiva da resposta crônica da PA ao treinamento aeróbico (LUTTRELL; HALLIWILL, 2015). Assim, a HPE é um fenômeno agudo de relevância fisiológica e clínica, que vem sendo muito estudado desde a década de 1980.

Apesar da ocorrência da HPE ter sido amplamente demonstrada, sua magnitude e duração variam consideravelmente entre os estudos. Nesse sentido, Wallace et al. (1997) não observaram redução da PA após a execução de um exercício em esteira rolante, enquanto que Wilcox et al. (1982) observaram uma expressiva redução da PA, na ordem de 40 mmHg, após esse tipo de exercício. Com relação à duração da HPE, um trabalho de Somers et al. (1991) relatou redução da PA por apenas 1h após o exercício, enquanto que outro estudo (TAYLOR-TOLBERT et al., 2000) demonstrou uma redução da PA que se sustentou por 16h pós-exercício.

Diante da grande variação das características da HPE entre os estudos, algumas pesquisas foram conduzidas com o objetivo de investigar se esses resultados

discrepantes poderiam ser atribuídos a diferenças nas características das amostras e/ou dos protocolos de exercício empregados (tipo, intensidade, duração, massa muscular envolvida) nesses estudos, ou seja, com o objetivo de determinar possíveis fatores de influência na HPE.

3.1.1 Fatores de influência na hipotensão pós-exercício

Considerando-se as características da população estudada, a HPE ocorre em hipertensos (AZEVEDO et al., 2017; CARVALHO et al., 2015; CLÉROUX et al., 1992; FLORAS et al., 1989; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; LEGRAMANTE et al., 2002; LEHMKUHL et al., 2005; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 2000; RONDON et al., 2002; RUECKERT et al., 1996; SANTAELLA et al., 2006; SOMERS et al., 1991; SOUZA et al., 2016; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; WALLACE et al., 1997; WILCOX et al., 1982), pré-hipertensos (CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; LACOMBE et al., 2011; LIU et al., 2012) e normotensos (ANGADI; BHAMMAR; GAESSER, 2015; APRILE et al., 2016; BONSU; TERBLANCHE, 2016; COSTA et al., 2016; DANTAS et al., 2017; DUJIC et al., 2006; FORJAZ et al., 1998a, 1998b, 2004; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; HEFFERNAN et al., 2007; JONES et al., 2007, 2008; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999; RONDON et al., 2002; SANTAELLA et al., 2006; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; TEIXEIRA et al., 2011; WALLACE et al., 1997; WILCOX et al., 1982), porém a magnitude da redução da PA está diretamente relacionada ao valor da PA pré-exercício, ou seja, quanto maior for a PA inicial maior será sua redução após o exercício (CARDOSO et al., 2010; CASONATTO; POLITO, 2008; KENNEY; SEALS, 1993; MACDONALD, 2002; PESCATELLO et al., 2004). De fato, já nos anos 1990, uma revisão bibliográfica sobre esse assunto (KENNEY; SEALS, 1993) relatou reduções da PAS e da PAD na ordem de 18 a 20 e de 7 a 9 mmHg, respectivamente, em hipertensos e de 8 a 10 e de 3 a 5 mmHg em normotensos. Além disso, a duração da HPE também parece ser maior em hipertensos do que em normotensos (CARDOSO et al., 2010; CASONATTO; POLITO, 2008; PESCATELLO et al., 2004). Por exemplo, Rondon et al. (2002) não observaram redução da média da PA de 24 horas pós-exercício aeróbico em idosos normotensos, mas relataram redução significativa em idosos hipertensos. Outra característica da população que parece

exercer influência sobre a HPE é a etnia. Nesse sentido, um estudo demonstrou que mulheres negras apresentaram menor redução da PA pós-exercício que as brancas (PESCATELLO et al., 2003) e um outro estudo mais recente incluindo os dois sexos, homens e mulheres, demonstrou aumento da PA pós-exercício no grupo de indivíduos negros, o que não ocorreu no grupo de indivíduos brancos (YAN et al., 2016). Considerando-se outras possíveis características da amostra, as revisões apontam que o sexo (CASONATTO; POLITO, 2008; KENNEY; SEALS, 1993; MACDONALD, 2002) e o nível de treinamento (CASONATTO; POLITO, 2008) não influenciam a resposta da PA pós-exercício. Além disso, Hamer e Boutcher (2006) também relataram HPE similar em indivíduos com peso normal, sobrepeso e obesidade, sugerindo que a composição corporal também não afeta essa resposta.

Quanto às características do exercício, um estudo do nosso grupo de pesquisa (FORJAZ et al., 1998a) comparou o efeito hipotensor de exercícios com diferentes durações (25min e 45 min) e observou redução da PA pós-exercício maior e mais prolongada após o exercício com maior duração, o que também foi apontado em revisões posteriores e uma metanálise recente (CARPIO-RIVERA et al., 2016; MACDONALD, 2002; PESCATELLO et al., 2004). O efeito da massa muscular envolvida também foi investigado pela comparação de pedalar com os braços e com as pernas (MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 2000) e pedalar com 1 ou 2 pernas (ARAUJO, 2007). Em ambos os casos, a HPE foi maior com o exercício que envolveu maior massa muscular. Quanto à intensidade, os estudos não apresentam resultados consensuais. Um estudo do nosso laboratório (FORJAZ et al., 2004) observou que a magnitude e duração da HPE foi maior e mais duradoura após o exercício de maior intensidade (30, 50 e 75% do VO_{2max}), indo ao encontro dos resultados de Hagberg, Montain e Martin (1987). Enquanto que outros estudos (FORJAZ et al., 1998b; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999) observaram redução semelhante da PA pós-exercícios de diferentes intensidades. Por fim, um estudo com hipertensos relatou maior efeito hipotensor após o exercício de menor intensidade (BLANCHARD et al., 2006). Em relação à forma de execução do exercício, há relatos de maior HPE após o exercício intervalado de alta intensidade em comparação ao exercício contínuo de intensidade leve a moderada. Nesse sentido, Carvalho et al. (2015) verificaram HPE de maior magnitude após o exercício intervalado (4 min no ponto de compensação respiratória intercalados com 2 min no limiar anaeróbico, 42 minutos de duração total) em comparação ao exercício contínuo

(42 min no limiar anaeróbico), enquanto que Angadi, Bhammar e Gaesser (2015) observaram HPE de maior duração após o exercício intervalado (4 séries de 4 min a 90-95% FC_{max} intercalados com 3 min a 50% FC_{max}) em comparação ao exercício contínuo (30 min a 75-80% FC_{max}). Entretanto, esses resultados não são consensuais, uma vez que Lacombe et al. (2011) observaram HPE similar ao comparar o exercício contínuo em intensidade moderada (21 min, 60% VO_{2max}) com o intervalado (5 séries de 2 min a 85% VO_{2max} intercalados com 2 min a 40% VO_{2max}). Por fim, outro estudo de nosso grupo (DE BRITO et al., 2015) demonstrou que a fase do dia em que o exercício é realizado também pode influenciar a HPE, uma vez que o exercício executado pela manhã promoveu maior HPE do que o exercício realizado no final do dia, quando considerado o efeito líquido do exercício na PA. Por outro lado, Jones et al. (2008) apontaram maior efeito hipotensor após o exercício realizado ao final da tarde em comparação ao período da manhã quando avaliada a diferença pós e pré-exercício.

Considerando os diversos fatores que podem influenciar a HPE e a necessidade de ocorrer a HPE na presente investigação, o presente estudo optou por utilizar uma sessão de exercício em cicloergômetro em 50% do VO_{2PICO} e com 45 min de duração. Em nossos estudos anteriores, essa sessão se mostrou eficaz em reduzir a PA pós-exercício em normotensos (ARAUJO, 2007; FORJAZ et al., 1998a, 2000, 1998b, 2004), pré-hipertensos (DE BRITO et al., 2015) e hipertensos (FORJAZ et al., 2000).

3.1.2 Mecanismos da hipotensão pós-exercício

Uma extensa gama de estudos avaliou os mecanismos hemodinâmicos da HPE, porém os resultados são controversos. Alguns estudos têm atribuído a redução da PA pós-exercício à diminuição do DC (ARAUJO, 2007; DE BRITO et al., 2015; DUJIC et al., 2006; HAGBERG et al., 1999; HAMER; BOUTCHER, 2006; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; RONDON et al., 2002; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; TEIXEIRA et al., 2011), enquanto outros verificaram redução da RVP (CLÉROUX et al., 1992; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 2004; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; JONES et al., 2007; LEGRAMANTE et al., 2002; SENITKO;

CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002). Além disso, em alguns estudos, (FORJAZ et al., 2004; HAMER; BOUTCHER, 2006) parte dos indivíduos apresentou redução da RVP e outra parte do DC. Para finalizar, um estudo (RUECKERT et al., 1996) atribuiu a HPE a um mecanismo bifásico, no qual a redução da PA após o exercício se deu, inicialmente, por uma redução da RVP com manutenção do DC e, em seguida, pela redução do DC com aumento da RVP.

Independentemente da redução do DC ou da RVP, a HPE é geralmente acompanhada de diminuição do VS em função de uma menor pré-carga (ARAUJO, 2007; CLÉROUX et al., 1992; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; DUJIĆ et al., 2006; FORJAZ et al., 2004; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; HAMER; BOUTCHER, 2006; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; RONDON et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2011). Essa redução de pré-carga poderia ser explicada pela redução do volume plasmático pós-exercício (LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009). Entretanto, estudos demonstram que o volume plasmático se restabelece rapidamente após o exercício, enquanto que a HPE pode perdurar por várias horas (HAYES; LUCAS; SHI, 2000), sugerindo que outros fatores estariam envolvidos. Nesse sentido, alguns autores têm sugerido que essa redução da pré-carga pós-exercício também pode estar relacionada a um aumento da complacência venosa (SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002). É interessante observar que independentemente de seu mecanismo, a redução do VS é acompanhada de aumento da FC pós-exercício (APRILE et al., 2016; ARAUJO, 2007; CAVALCANTE et al., 2016; CLÉROUX et al., 1992; CUCATO et al., 2015; CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; DUJIĆ et al., 2006; FLORAS et al., 1989; FORJAZ et al., 1998b, 2004, 1998a; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; RONDON et al., 2002; SOMERS et al., 1991; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2011; WILCOX et al., 1982) promovido pela manutenção do balanço simpátovagal cardíaco aumentado no período de recuperação (CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002). Porém, nos estudos em que há redução do DC pós-exercício, o aumento da FC não compensa a queda do VS, o que pode estar relacionado à redução da SBR (HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HEFFERNAN et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LIU et al., 2012).

Considerando-se a redução da RVP, muito estudos evidenciaram manutenção da vasodilatação muscular, tanto na musculatura ativa (HARVEY et al., 2005) quanto na inativa (CLÉROUX et al., 1992) após o exercício. Algumas revisões (HALLIWILL et al., 2013) consideram esse como o principal mecanismo da HPE e atribuem esse efeito vasodilatador pós-exercício a vários mecanismos, como: a) a inibição da atividade nervosa simpática periférica pós-exercício; b) a liberação local de substâncias vasodilatadoras, como a histamina e o óxido nítrico, embora existam evidências que o óxido nítrico não contribui muito para a vasodilatação pós-exercício; e c) a redução da resposta vasoconstritora vascular frente a estimulação nervosa simpática.

É interessante observar que quando a HPE ocorre em função da diminuição do DC seria esperada uma resposta reflexa aumentando a RVP para impedir a redução da PA, enquanto que quando ela se faz por redução da RVP, seria esperada um aumento da FC e do DC para impedir a redução (AIRES, 2008). Dessa forma, a ausência desses comportamentos compensatórios sugere que o exercício deve agir nos dois mecanismos simultaneamente, diminuindo a pré-carga e mantendo a vasodilatação periférica pós-exercício, o que podem resultar em redução mais acentuada do DC ou da RVP, que não é compensada pela modificação do controle barorreflexo central e periférico.

Da mesma forma do que foi relatado para a HPE, as características da população e do exercício empregado também podem influenciar os mecanismos hemodinâmicos da HPE. Numa revisão recente sobre esse assunto (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014), nosso grupo de pesquisa identificou em relação às características da população, que a idade e a presença de obesidade ou hipertensão podem favorecer a redução do DC como principal mecanismo da HPE. Nesse sentido, como a função cardiovascular se modifica com o envelhecimento, havendo redução da capacidade vasodilatadora (MARTIN et al., 1991), é possível que a diminuição da RVP pós-exercício em idosos esteja comprometida, facilitando a HPE por redução do DC. Também na obesidade, a disfunção endotelial já foi identificada (AVOGARO; DE KREUTZENBERG, 2005), o que pode comprometer a redução da RVP pós-exercício. Hamer e Boutcher (2006) observaram redução do DC pós-exercício em indivíduos com sobrepeso e diminuição da RVP em normoponderais. Quanto à presença de hipertensão arterial, ela também se associa a prejuízos na função vascular (LAKATTA;

LEVY, 2003), que podem facilitar a redução do DC pós-exercício. Finalmente, com relação ao nível de treinamento, um estudo (SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002) relatou que a influência desse fator é sexo dependente, ou seja, em homens altamente condicionados houve redução do DC pós-exercício, enquanto que em sedentários houve redução da RVP. Por outro lado, nas mulheres, tanto condicionadas quanto sedentárias, houve redução da RVP. Nesse mesmo sentido, outro estudo (DUJIC et al., 2006) também demonstrou redução do DC como mecanismo da HPE em homens treinados.

Com relação às características do protocolo experimental empregado, a posição da recuperação pode afetar a resposta. Nesse sentido, quando a recuperação é realizada na posição deitada, o retorno venoso é facilitado, o que pode facilitar a redução da RVP, como mecanismo da HPE. No entanto, quando a recuperação é realizada na posição sentada, o estresse ortostático dificulta o retorno venoso (MARK; MANCIA, 1996), facilitando a redução do VS e do DC (GOTSHALL; ATEN; YUMIKURA, 1994). Assim, quando as medidas são realizadas na posição deitada, a maioria dos estudos observa redução da RVP, enquanto que na posição sentada, os dois mecanismos, redução do DC e da RVP, são relatados (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014). Considerando-se as características do protocolo do exercício, como a intensidade, duração e massa muscular envolvida, não há indícios na literatura que essas variáveis afetem os mecanismos hemodinâmicos da HPE (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014).

3.2 REPRODUTIBILIDADE

A reprodutibilidade define o grau em que uma medida produz resultados semelhantes quando realizada em diferentes ocasiões e nas mesmas condições (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000; THOMAS; NELSON, 1996). Porém, é muito raro observar uma medida clínica que apresente reprodutibilidade perfeita ou ausência total de erro (BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000; THOMAS; NELSON, 1996). Nesse sentido, todos os instrumentos e avaliadores são, até certo ponto, suscetíveis a falhas. Além disso, mesmo que existisse uma técnica perfeita, seres humanos e animais respondem à uma mesma medida com alguma inconsistência,

devido a flutuações biológicas e comportamentais. (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; THOMAS; NELSON, 1996). Assim, o valor observado de uma medida (X) pode ser expresso por: $X = V \pm E$, aonde V = valor verdadeiro e E = erro de medida (BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; THOMAS; NELSON, 1996).

A avaliação da reprodutibilidade determina a magnitude do erro de uma medida, o que possui importantes implicações (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000; THOMAS; NELSON, 1996). Nesse sentido, uma medida com baixa reprodutibilidade, ou seja, imprecisa, pode gerar avaliações equivocadas e servir de base para condutas inadequadas por profissionais (BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000), o que torna importante a realização de estudos de reprodutibilidade conduzidos para definir qual técnica de medida é a mais precisa para mensurar a variável desejada e para estabelecer os parâmetros de reprodutibilidade das técnicas usualmente utilizadas (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000).

O grau de reprodutibilidade também possui importantes implicações para os ensaios clínicos que utilizam medidas repetidas para avaliar os efeitos de intervenções. Uma baixa reprodutibilidade de medida diminui a capacidade de detectar os efeitos de uma intervenção (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Essa relação possui importantes implicações metodológicas, no sentido de que quanto pior for a reprodutibilidade de uma medida maior será o tamanho amostral necessário para que se detectem efeitos reais de intervenções através dessa medida (HOPKINS, 2000). Justamente por essa relação, o grau de reprodutibilidade de uma medida é considerado para cálculo do tamanho necessário da amostra (HOPKINS, 2000), sendo que estudos com tamanho amostral aquém do necessário estão fortemente sujeitos ao erro do tipo II, ou seja, não rejeitar a hipótese nula quando ela é falsa (ROSNER, 2011).

Diante do exposto, fica evidente a importância da avaliação da reprodutibilidade de medida para os estudos que buscam determinar a resposta média de um grupo de indivíduos a uma determinada intervenção. Entretanto, a reprodutibilidade assume importância ainda maior quando o objetivo é monitorar respostas individuais à determinada intervenção, pois nesse caso, um pequeno erro de medida não será

compensado por um aumento do tamanho amostral, uma que vez que será avaliada a resposta de um único sujeito (HECKSTEDEN et al., 2015). Nesse sentido, o conhecimento da reprodutibilidade de uma medida fornece parâmetros para se definir se uma mudança observada em medidas repetidas ao monitorar um indivíduo representa um efeito real da intervenção ou reflete meramente uma variação randômica (DE VET et al., 2006). Assim sendo, o conhecimento da reprodutibilidade também tem suma importância para a avaliação das respostas individuais, o que vêm recebendo interesse crescente da ciência (ATKINSON; BATTERHAM, 2015; HECKSTEDEN et al., 2015; HOPKINS, 2015) na era da medicina personalizada, na qual a mera quantificação de respostas médias não é o bastante (HECKSTEDEN et al., 2015).

Como dito anteriormente, o estudo da reprodutibilidade de uma medida avalia o seu grau de erro. O erro total de medida apresenta dois componentes: o erro sistemático e o aleatório (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000). O erro sistemático ocorre quando a diferença dos resultados entre as duas ocasiões de medida, normalmente chamadas de teste e reteste, tende a ocorrer num único sentido (aumento ou diminuição). Essa tendência sistemática pode expressar uma adaptação ao processo de medida, a influência da medida anterior na subsequente, ou outros fatores. O erro aleatório, por sua vez, corresponde àquele que ocorre em diferentes sentidos de uma ocasião para a outra (teste e reteste) e pode ser consequência de variações biológicas, comportamentais, mecânicas intrínsecas dos equipamentos ou ainda de inconsistências no protocolo experimental, como por exemplo: não controlar a dieta, posição, hora da medida, entre outros. As causas óbvias de erro aleatório, como a variação no protocolo experimental, devem ser controladas, porém o erro aleatório relacionado às variações biológicas ou mecânicas dos equipamentos não pode ser controlado (ATKINSON; NEVILL, 1998). Dessa forma, a quantificação desse erro através de um estudo de reprodutibilidade é fundamental para avaliar a aplicabilidade da medida.

A avaliação da reprodutibilidade de uma medida pode ainda abordar diferentes aspectos dessa reprodutibilidade, com os principais sendo: a confiabilidade e a concordância (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006). Apesar desses termos, às vezes, serem utilizados indistintamente,

eles envolvem diferentes questões e devem ser tratados de forma distinta e complementar. A confiabilidade (também denominada fiabilidade, reprodutibilidade relativa ou ainda confiabilidade relativa) de uma medida avalia o grau em que os objetos de estudo, geralmente pessoas, mantêm as suas posições (rankings) numa amostra de medidas repetidas, o que representa a capacidade da medida em distinguir e/ou classificar os indivíduos entre si apesar dos erros que ela possui. Para estabelecer a confiabilidade, a variação da medida intraindivíduo é relacionada à variação da medida existente entre os indivíduos. Por outro lado, a concordância (também denominada reprodutibilidade absoluta ou confiabilidade absoluta) avalia o quão perto estão os resultados das medidas repetidas dos indivíduos, estabelecendo o erro de medida. Assim, os parâmetros de confiabilidade são dependentes da heterogeneidade da amostra estudada, enquanto que os parâmetros de concordância são uma característica pura do instrumento de medição. Porém, é interessante destacar, que uma avaliação completa de reprodutibilidade envolve ambos os parâmetros, além da presença ou não do erro sistemático (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006).

3.2.1 Avaliação da reprodutibilidade (confiabilidade e concordância)

Na área da atividade física, as discussões acerca dos erros de medida foram negligenciadas por algum tempo segundo Hopkins (2000). Poucos estudos foram conduzidos para determinar os erros de medida, e os que o fizeram, realizaram análises incompletas de reprodutibilidade, sendo os métodos mais comuns: o uso de testes de hipótese (teste t, análise de variância - ANOVA) e o cálculo de coeficientes de correlação (Pearson, Spearman ou correlação intraclass) (ATKINSON; NEVILL, 1998). Diante desse cenário, importantes revisões sobre o tema (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000) buscaram destacar a necessidade de estudos de reprodutibilidade na área da atividade física, bem como orientar a execução das análises, sugerindo métodos mais robustos para a quantificação da reprodutibilidade, como o erro típico da medida (ET) e os limites de concordância (LC). A seguir, discutiremos cada método de avaliação da reprodutibilidade, o que está também apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Sumário dos índices de reprodutibilidade

Parâmetro	Características dos dados	Índices empregados
Erro sistemático	Distribuição Normal	Teste T Pareado
	Distribuição Não Normal	Wilcoxon
Confiabilidade	Sem restrição	CCI
Concordância	Normais e homocedásticos	ET e LC abs
	Normais e heterocedásticos	CV e LC rel
	Não normais	TE e LC rel (transformação logarítmica)

CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; LC abs = limites de concordância absolutos; CV = coeficiente de variação; LC rel = limites de concordância relativos.

As estimativas baseadas em teste de hipótese (teste t e ANOVA) são frequentemente usadas nos estudos de reprodutibilidade na área de atividade física (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000). Essas técnicas, no entanto, simplesmente detectam a mudança nos valores médios entre testes, sendo que o teste t é utilizado para comparar apenas 2 testes e a ANOVA com medidas repetidas para comparar mais de 2 repetições do teste (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000). Quando os valores médios são diferentes entre as testagens, a reprodutibilidade da medida está comprometida. Assim, a comparação dos valores médios permite a identificação da presença de erro sistemático, ou seja, uma tendência de alteração que atinge a maioria dos indivíduos em uma única direção. A presença de erro sistemático em um ensaio clínico de medidas repetidas pode levar à falsa conclusão de que houve efeito real da intervenção (erro tipo I) (ROSNER, 2011) quando a diferença observada se deve apenas a presença de erro sistemático. Esse viés é menos preocupante para os pesquisadores que executam ensaios clínicos controlados, pois ele seria identificado no grupo controle (HOPKINS, 2000). Como limitação, o teste de hipótese não fornece indicativo do erro aleatório (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000). Além disso, se o erro aleatório for muito grande, pode prejudicar a detecção do erro sistemático (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Assim, a presença de diferença significativa entre teste e reteste identifica o erro sistemático e baixa reprodutibilidade,

mas a ausência dessa diferença não permite inferir uma boa reprodutibilidade. Portanto, os testes de hipótese não devem ser utilizados isoladamente, mas sim em conjunto com outros métodos, para avaliar a reprodutibilidade de uma medida.

Outro método bastante utilizado na literatura é o cálculo de coeficientes de correlação (Spearman ou Pearson). Quando a medida é reprodutível, ela deve apresentar alta correlação entre duas testagens. O coeficiente de correlação pode variar de 0 a ± 1 . O índice 1, tanto na direção positiva como negativa (+1 ou -1), representa uma correlação perfeita, enquanto que o 0 (zero) significa que não há relação entre as medidas. Como regra geral, uma correlação (r) entre 0,5 e 0,7 é considerada baixa, entre 0,7 e 0,8 moderada, e igual ou maior do que 0,9 alta (THOMAS; NELSON, 1996). No entanto, os coeficientes de correlação apresentam importantes limitações como índices de reprodutibilidade. Nesse sentido, os coeficientes de correlação avaliam somente o grau de associação entre as medidas e não a proximidade entre elas, podendo levar a falsas interpretações, uma vez que duas medidas fortemente associadas podem apresentar valores muito distintos (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000). Além disso, os resultados dos coeficientes de correlação são altamente influenciados pela heterogeneidade da amostra, uma vez que a correlação é mais alta em um grupo de indivíduos com grande variação interindivíduos comparado a um grupo que possui variação mais restrita (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Desta forma, apesar de estudos terem utilizado coeficientes de correlação para avaliar a reprodutibilidade de uma medida, essas correlações não devem ser empregadas para este objetivo.

Na tentativa de superar algumas das limitações dos coeficientes de correlação, foi proposto o cálculo do coeficiente de correlação intraclasse (CCI). Trata-se de um índice calculado com base em estimativas de variância intra e interindivíduos (BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; ROSNER, 2011; THOMAS; NELSON, 1996). Assim, os valores de CCI também variam de 0 a 1, e quando há boa reprodutibilidade entre as medidas, esse índice apresenta valores próximos a 1. Valores acima de 0,75 podem ser considerados altos, entre 0,4 e 0,74 moderados, e abaixo de 0,4 baixos (SZKLO; NIETO, 2000). Por considerar tanto a variabilidade intra e interindivíduos, o CCI estima a confiabilidade (reprodutibilidade relativa) e não a concordância (reprodutibilidade absoluta) da medida (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006).

Entretanto, o CCI possui uma mesma desvantagem dos coeficientes de correlação, uma vez que também é influenciado pela heterogeneidade da amostra (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006). Assim, embora o cálculo do CCI faça parte da análise da reprodutibilidade da medida, ele não deve ser empregado de forma isolada.

Dessa forma, o CCI avalia o erro de medida em relação à variabilidade interindivíduos, determinando assim, a confiabilidade (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006). Entretanto, quando uma medida é utilizada para avaliar determinado desfecho e não para classificar os indivíduos, a variabilidade interindivíduos não é relevante, sendo necessário avaliar apenas o erro de medida em si (DE VET et al., 2006), ou seja a variabilidade intraindivíduo. Uma avaliação mais pura do erro de medida, sem influência da heterogeneidade da amostra se dá através de parâmetros de concordância, que avaliam somente essa variabilidade intraindivíduo entre medidas repetidas, estabelecendo assim, o erro de medida (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000). Diferentes índices podem ser utilizados para avaliar a concordância entre medidas, mas o emprego adequado de cada um deles depende da avaliação da presença ou não de distribuição normal dos dados e da presença de homo ou heterocedasticidade (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). A presença de distribuição normal dos dados (distribuição na forma de curva Gaussiana) pode ser avaliada por gráficos e testes de normalidade. A presença de homo ou heterocedasticidade pode ser avaliada pela correlação entre as diferenças absolutas dos testes repetidos e os valores médios entre eles. Uma correlação substancial indica que quanto maior o valor médio das medidas, maior o erro entre os testes, e a heterocedasticidade pode ser considerada presente (ATKINSON; NEVILL, 1998).

Para medidas com distribuição normal e homocedasticidade, um método altamente recomendado para avaliar a concordância é calcular o erro típico (ET) (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000). Essa abordagem estima o erro de uma medição, fornecendo o resultado na mesma unidade da medida realizada, o que facilita a interpretação dos resultados (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; HOPKINS, 2000). Obviamente, quanto menor o ET maior será a concordância da medida. Existem diferentes formas de calcular o ET. Um método simples é dividir o

desvio padrão das diferenças entre teste e reteste (DPD) por $\sqrt{2}$ (DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000). Outra maneira é derivar o ET do CCI, onde $ET = DP \times \sqrt{(1 - CCI)}$, sendo DP o desvio padrão da amostra (ATKINSON; NEVILL, 1998). Com base no ET pode-se calcular a mínima diferença detectável (MDD), através da seguinte fórmula: $1.96 \times \sqrt{2} \times ET$, a qual representa a menor mudança entre medidas repetidas que pode ser atribuída a um efeito real e não apenas a uma variação aleatória da medida (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006). A MDD pode ser utilizada no monitoramento de respostas individuais na clínica, fornecendo um valor de corte para interpretar uma mudança observada entre testes como real ou variação aleatória da medida. É importante ressaltar que alguns autores consideram esse valor de corte como muito exigente e propõem que a MDD seja calculada pelo ET multiplicado por 1,5 ou 2 (HOPKINS, 2000).

Para avaliar a concordância em medidas com distribuição normal, mas heterocedásticas, pode-se empregar o coeficiente de variação (CV). Além disso, esse índice não deve ser utilizado para medidas que apresentem valores negativos (ATKINSON; NEVILL, 1998). Existem várias formas de calcular o CV, um método simples para avaliar o CV em medidas repetidas de um indivíduo é dividir o desvio padrão das medidas por sua média e multiplicar por 100 (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000). Para um conjunto de indivíduos, o CV pode ser expresso pela média dos CV individuais. O CV também pode ser obtido através do quociente entre o ET e a média dos valores médios do teste e reteste (HOPKINS, 2000). Para variáveis heterocedásticas, o CV deve ser utilizado, ao invés do ET, pois como nessas variáveis o erro de medida está associado aos valores medidos, a apresentação do erro de medida em termos absolutos (como no ET) superestima o erro para os menores valores e subestima para os maiores valores. Portanto, nesses casos, o erro de medida deve ser apresentado em termos relativos aos valores da variável. Ao apresentar o erro de medida em valores percentuais, o CV permite a comparação entre resultados obtidos com diferentes técnicas, em diferentes unidades de medida e com diferentes valores médios (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Entretanto, é importante ressaltar que um mesmo CV pode representar um erro desprezível para uma medida e significativo para outra. Nesse sentido, embora alguns autores tenham adotado arbitrariamente que um $CV \leq 10\%$ é aceitável, a adoção de valores de corte para definir boa concordância tem sido criticada (ATKINSON; NEVILL, 1998) e a correta interpretação de resultados deve considerar as implicações

clínicas do erro de medida demonstrado (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006).

Devido ao fato de considerarem somente um DPD em sua fórmula, tanto o ET quanto o CV apresentam resultados que englobam 68% dos indivíduos em uma amostra com distribuição normal (ATKINSON; NEVILL, 1998). Para expandir essa análise, os limites de concordância (LC) (BLAND; ALTMAN, 2010) foram propostos para avaliar a reprodutibilidade na área da atividade física, fornecendo um intervalo para o erro de medida que se aplica para 95% dos indivíduos (ATKINSON; NEVILL, 1998; BLAND; ALTMAN, 2010). Nesse método, o erro sistemático é calculado pela média das diferenças (b) entre as medidas repetidas, e o erro aleatório é obtido multiplicando o DPD por 1,96, sendo que os LC podem ser expressos por $b \pm 1,96 \times \text{DPD}$ (BLAND; ALTMAN, 2010). Além de estabelecer o erro sistemático e o erro aleatório, esse método consiste na análise dos dados através de um gráfico de dispersão com os dados individuais das diferenças entre teste e reteste (eixo y) em função da média desses valores (eixo x), o que permite verificar a presença de erro sistemático e de heterocedasticidade, além de identificar os indivíduos que apresentaram erro de medida inferior ou superior aos LC. Esse método também pode ser utilizado para dados heterocedásticos ou com distribuição não normal, porém nesses casos as análises são mais complexas. Nesses casos, recomenda-se que os dados sejam primeiramente transformados logaritmicamente, e, posteriormente, calcula-se os respectivos valores de antilog, apresentando os LC em termos relativos (BLAND; ALTMAN, 2010). É importante ressaltar, no entanto, que Hopkins (2000) criticou os LC, por considerar que a proposta de utilizar um intervalo de concordância de 95% pode ser muito rigorosa e irrealista nas medidas utilizadas nas ciências do exercício, onde pequenas alterações reais já têm importante significado clínico. Dessa forma, a determinação de um intervalo de concordância com menor nível já poderia ser suficiente para a detecção de diferenças reais entre testes com precisão satisfatória.

É importante observar que todos índices de avaliação de concordância não possuem valores de corte definidos para sua interpretação. Portanto, a interpretação dos resultados obtidos é arbitrária e deve considerar as implicações clínicas do grau de erro de medida estabelecido (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006).

Tendo em vista que uma análise completa da reprodutibilidade é composta pela avaliação da presença de erro sistemático, grau de confiabilidade e grau de

concordância, e que nenhum índice avalia todos esses aspectos simultaneamente, recomenda-se a utilização conjunta de diferentes índices para uma quantificação robusta do grau de reprodutibilidade de uma medida (ATKINSON; NEVILL, 1998; BRUTON; CONWAY; HOLGATE, 2000; DE VET et al., 2006).

3.3 REPRODUTIBILIDADE DE MEDIDAS E DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO

Diversos instrumentos foram desenvolvidos para medir a PA em repouso sem intervenção prévia. A medida intra-arterial é considerada o padrão ouro, mas ela é invasiva, o que impede sua utilização na prática clínica (GARDNER, 1981). Assim, o método auscultatório, utilizando o esfigmomanômetro de coluna de mercúrio, é considerado o “padrão ouro não invasivo” (O'BRIEN et al., 2001). Outra forma de medir a PA é o método oscilométrico, que apesar de possuir limitações, tem o seu uso recomendado desde que os aparelhos estejam validados por protocolos estabelecidos pela Associação para o Avanço da Instrumentação Médica e pela Sociedade Britânica de Hipertensão (MALACHIAS et al., 2016). Por fim, um método sofisticado para medir a PA em pesquisas é o fotopletismográfico (IMHOLZ et al., 1998), que permite avaliar a PA batimento a batimento. A validade desse método foi demonstrada em comparação à medida intra-arterial e auscultatória na situação de repouso (IMHOLZ et al., 1998).

A reprodutibilidade das medidas de PA realizadas em repouso sem exercício prévio já foi avaliada. Para o método auscultatório foi observada uma alta confiabilidade por Wattigney et al. (1996) tanto para a PAS ($CCI > 0,90$) quanto para a PAD ($CCI > 0,83$), enquanto que Reeves, Leenen e Joyner (1992) observaram uma alta confiabilidade para PAS ($CCI = 0,85$) e moderada para PAD ($CCI = 0,64$). Com relação à concordância, Bottini et al. (1992) reportaram um $DPD = 13,4/9,6$ mmHg nas PAD/PAD. Porém, outros estudos (REEVES; LEENEN; JOYNER, 1992; STERGIOU et al., 2002; WATTIGNEY et al., 1996) demonstraram um menor erro absoluto ($ET = 5,2/5,9$ mmHg) e relativo ($CV = 3,6/7,5$ %) nas PAS/PAD. Com relação ao método oscilométrico, o estudo de Stanforth et al. (2000) demonstrou uma alta confiabilidade ($CCI = 0,84/0,79$ para PAS/PAD) e um ET de $5,0/4,4$ mmHg para PAS/PAD. Quanto ao método fotopletismográfico, um trabalho (SIPKENS et al., 2011) demonstrou alta confiabilidade na PAS ($CCI = 0,91$) e PAD ($CCI = 0,84$) e LC de -21 e 15 mmHg para

PAS e -12 e 8 mmHg para PAD. Dessa forma, a vasta maioria dos estudos demonstrou excelente confiabilidade para todos os métodos de medida da PA, enquanto que os resultados de concordância apresentam maior variação entre os estudos. A tabela 2 sumariza os resultados de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial incluídas na presente revisão bibliográfica.

Tabela 2 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial sem exercício prévio observados na literatura

1º Autor (data)	Amostra	Variáveis (técnica)	Análise estatística	Resultados
Bottini (1992)	100 hipertensos não tratados	PAS e PAD (auscultatória)	DPD	PAS: DPD = 13,4 mmHg. PAD: DPD = 9,6 mmHg.
Macrae (1998)	19 saudáveis	PAS e PAD (oscilométrica)	CCI	PAS: CCI = 0,95. PAD: CCI = 0,82.
Reeves (1992)	6 normotensos e 22 com hipertensão de limítrofe a leve	PAS e PAD (auscultatória)	CCI e ET	PAS: CCI = 0,85; ET = 5,2 mmHg. PAD: CCI = 0,64; ET = 5,9 mmHg.
Sipkens (2011)	20 saudáveis	PAS e PAD (fotopletimográfica)	CCI e LC	PAS: CCI = 0,91; LC = -21 a 15 mmHg. PAD: CCI = 0,84; LC = -12 a 8 mmHg.
Stanforth (2000)	822 saudáveis	PAS e PAD (oscilométrica)	CCI e ET	PAS: CCI = 0,84; ET = 5,0 mmHg. PAD: CCI = 0,79; ET = 4,4 mmHg.
Stergiou (2002)	133 hipertensos	PAS e PAD (auscultatória)	DPD	PAS: DPD = 11,0 mmHg. PAD: DPD = 6,6 mmHg.
Wattignat (1996)	417 adolescentes e crianças	PAS e PAD (auscultatória)	CCI e CV	PAS: CCI = 0,90; CV = 3,6%. PAD: CCI = 0,83; CV = 7,5%.

PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; DPD = desvio padrão das diferenças entre teste e reteste; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; CV = coeficiente de variação; LC = limites de concordância.

Quanto aos mecanismos hemodinâmicos, a medida do DC será realizada nesse estudo com o método de reinalação de CO₂, baseado no método indireto de Fick (JONES et al., 1967). A validade deste método na situação de repouso sem exercício prévio foi comprovada em comparação com os métodos invasivos de termodiluição (CHABRILLAT et al., 1980; NUGENT et al., 1994), diluição de corante (JONES et al., 1967) e direto de Fick (MUIESAN et al., 1968; NUGENT et al., 1994). Além disso, a reprodutibilidade dessa medida em repouso sem exercício prévio já foi demonstrada anteriormente, com registros de alta confiabilidade (CCI = 0,81) (CADE; NABAR; KEYSER, 2004) e boa concordância (CV = 9,1 %) (NUGENT et al., 1994). Por fim, com relação à FC, a medida do ECG é considerada o padrão ouro (COULSON; ARCHER, 2009), para qual já foi reportada alta confiabilidade (CCI = 0,85-0,86) (LEICHT; ALLEN, 2008; MARKS; LGHFOOT, 1999) e boa concordância (CV = 6,0%) (LEICHT; ALLEN, 2008). Como a RVP será calculada pelo quociente entre a PA média (PAM) e do DC, e o VS será calculado pelo quociente entre o DC e a FC, as suas reprodutibilidades dependem da reprodutibilidade das medidas de PA, DC e FC. A tabela 3 sumariza os resultados de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos incluídas na presente revisão bibliográfica.

Tabela 3 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos sem exercício prévio observados na literatura

1º Autor (data)	Amostra	Variáveis (técnica)	Análise estatística	Resultados
Cade (2004)	10 saudáveis	DC (reinalação de CO ₂)	CCI	CCI = 0,81.
Leicht (2008)	10 crianças saudáveis	FC (ECG)	CCI e CV	CCI = 0,85; CV = 6%.
Marks (1999)	8 saudáveis	FC (ECG)	CCI	CCI = 0,86.
Nugent (1994)	11 pacientes com cateterização cardíaca	DC (reinalação de CO ₂)	CV	CV = 9,1%.

CCI = coeficiente de correlação intraclasse; CV = coeficiente de variação; DC = débito cardíaco; FC = frequência cardíaca; ECG = eletrocardiograma.

A regulação autonômica cardiovascular será avaliada pela análise espectral da VFC e da VPA e pela medida da SBR espontânea. A validade dos índices da VFC obtidos na situação de repouso sem exercício prévio foi comprovada em estudos com manobras farmacológicas de ativação e/ou inibição da modulação simpática e/ou

parassimpática cardíacas (PAGANI et al., 1986). Além disso, a reprodutibilidade dessa medida nessa situação já foi demonstrada. Um elegante estudo de Pinna et al. (2007) demonstrou confiabilidade de alta a moderada ($CCIs > 0,7$) para os parâmetros da VFC, e resultados similares foram reportados por outros estudos (CIPRYAN; LITSCHMANNOVA, 2013; MARKS; LGHFOOT, 1999). Porém, no que se refere à concordância, Al Haddad et al. (2011) demonstraram resultados heterogêneos entre os diferentes índices de VFC, com menor CV para os parâmetros no domínio do tempo (6,9 a 12,3%) em comparação os parâmetros no domínio da frequência (7,6 a 81,6%). De forma similar, Ponikowski et al. (1996) também observaram ampla faixa de CV para os parâmetros no domínio da frequência (8,0 a 64,1%). Esse grande erro de medida pode gerar dificuldades para observar efeitos reais de intervenções nesses parâmetros tanto ao avaliar a resposta média de um grupo de indivíduos como ao monitorar a resposta de um único indivíduo (DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000).

A VPA é uma técnica validada (PARATI et al., 1995) e alguns estudos investigaram sua reprodutibilidade. Zöllei et al. (2007) demonstraram confiabilidade de moderada a alta para essa medida ($CCI = 0,72 - 0,85$) e Dimier-David et al. (1994) demonstraram baixa concordância através da análise dos LC. Por fim, a validade da avaliação da SBR através da função de transferência da VFC e da VPA foi validada em comparação com métodos farmacológicos (ROBBE et al., 1987) e sua reprodutibilidade foi avaliada, obtendo-se $CCI = 0,72$ (MAESTRI et al., 2009) e $CV = 5,4\%$ (REYNOLDS; DE STE CROIX; JAMES, 2016). A tabela 4 sumariza os resultados de reprodutibilidade das medidas autonômicas dos estudos incluídos na presente revisão bibliográfica.

Tabela 4 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas autonômicas sem exercício prévio observados na literatura

1º Autor (data)	Amostra	Variáveis	Análise estatística	Resultados
Al Haddad (2011)	15 saudáveis	VFC (análise espectral e domínio do tempo)	CV	VFC (análise espectral): CV = 7,6 a 81,6%. VFC (domínio do tempo): CV = 6,9 a 12,3%.
Cipryan (2013)	99 saudáveis	VFC (análise espectral)	CCI	CCI = 0,48 a 0,78.
Dimier-David (1994)	24 saudáveis	VPA (análise espectral)	LC	LC $\cong \pm 300$ mmHg Hz ^{1/2} .
Maestri (2009)	44 saudáveis	SBR (função de transferência)	CCI e ET	CCI = 0,72; ET = 0,28 ln ms/mmHg.
Marks (1999)	8 saudáveis	VFC (análise espectral)	CCI	CCI = 0,67 a 0,96.
Pinna (2007)	39 saudáveis	VFC (análise espectral)	CCI e ET	CCI = 0,65 a 0,88; ET = 0,43 a 0,45 ln ms ² .
Ponikowski (1996)	16 pacientes com insuficiência cardíaca	VFC (análise espectral)	CV	CV = 8,0 a 64,1%.
Reynolds (2015)	46 saudáveis	SBR (função de transferência)	CV	CV = 5,4%.
Zollei (2007)	10 saudáveis	VFC e VPA (análise espectral)	CCI	VFC: CCI = 0,87 a 0,96. VPA: CCI = 0,72 a 0,85.

VFC = variabilidade frequência cardíaca; VPA = variabilidade da pressão arterial; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; CV = coeficiente de variação; LC = limites de concordância.

Diante do exposto, fica evidente que as técnicas utilizadas nos estudos de HPE, especialmente as hemodinâmicas, apresentam, em repouso e sem exercício prévio, boa reprodutibilidade. No entanto, apesar da reprodutibilidade dessas medidas já estar estabelecida em repouso sem exercício prévio, é importante considerar que a realização de exercício físico promove alterações fisiológicas que podem influenciar a precisão dessas técnicas de medidas, modificando sua reprodutibilidade após o exercício. Pelo nosso conhecimento, somente um estudo avaliou a reprodutibilidade da PA pós-exercício (LEHMKUHL et al., 2005), avaliando a reprodutibilidade da PA ambulatorial após a execução de um exercício aeróbico (50 min e 50% VO₂PICO) em

adultos hipertensos estágio 1 e esse estudo relatou ausência de erro sistemático ($p > 0,05$) e alta confiabilidade ($CCI > 0,75$) para todos os parâmetros avaliados. É interessante observar nesse estudo que a carga pressórica diastólica do período noturno apresentou confiabilidade moderada ($CCI = 0,72$) após uma sessão controle, sem exercício prévio, porém confiabilidade alta ($CCI = 0,89$) após o exercício, sugerindo que nesse parâmetro, o exercício prévio alterou a reprodutibilidade da medida. Entretanto, a avaliação de reprodutibilidade realizada por esse estudo foi incompleta, pois os parâmetros de concordância não foram avaliados.

Com relação à reprodutibilidade do DC medido pelo método indireto de Fick (JONES et al., 1967) após o exercício, pelo nosso conhecimento, nenhum estudo foi realizado. Enquanto que a reprodutibilidade da FC pós-exercício foi avaliada por um estudo prévio (DUPUY et al., 2012), que reportou alta confiabilidade ($CCI = 0,86$) e boa concordância ($CV = 7,4\%$), demonstrando que a execução prévia de exercício não compromete a reprodutibilidade dessa medida.

Alguns estudos se preocuparam em avaliar a reprodutibilidade das variáveis de modulação autonômica cardiovascular pós-exercício. Dupuy et al. (2012) demonstraram resultados de confiabilidade discrepantes entre os diferentes índices de VFC no domínio da frequência com CCI variando de 0,58 a 0,88 e no domínio do tempo variando de 0,57 a 0,70. Similarmente, outro estudo (BOULLOSA et al., 2014) demonstrou resultados discrepantes para os índices no domínio do tempo, com variação de 0,39 a 0,91. Com relação à concordância, também foram demonstrados resultados distintos. Al Haddad et al. (2011) observaram valores de CV variando de 8,4 a 65,4%, Dupuy et al. (2012) variando de 59,5 a 28,1% e Boullosa et al. (2014) de 28,0 a 13,1%. Com relação à reprodutibilidade pós-exercício dos índices de VPA e SBR, a presente revisão bibliográfica não identificou estudos conduzidos com esse objetivo.

Diante do exposto, fica evidente que pouco se sabe sobre a reprodutibilidade das técnicas de medida de PA e de seus mecanismos após a realização de exercício. Os poucos estudos realizados geralmente avaliaram a reprodutibilidade de forma incompleta, não utilizando parâmetros de confiabilidade e concordância simultaneamente. Por fim, quando a técnica foi mais estudada (i.e. os índices de VFC), os estudos apresentaram resultados contraditórios. Dessa forma, mais estudos precisam ser realizados. Caso essas técnicas apresentem boa reprodutibilidade tanto em uma situação de repouso sem exercício prévio quanto em repouso após o

exercício, elas serão consideradas adequadas para avaliar o efeito agudo do exercício. A tabela 5 sumariza os resultados de reprodutibilidade pós-exercício das medidas hemodinâmicas e autonômicas dos estudos incluídos na presente revisão bibliográfica.

Tabela 5 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas hemodinâmicas e autonômicas pós-exercício observados na literatura

1º Autor (data)	Amostra	Variáveis	Análise estatística	Resultados
Al Haddad (2011)	15 saudáveis	VFC (análise espectral e domínio do tempo)	CV	VFC (análise espectral): CV = 10,9 a 65,4%. VFC (domínio do tempo): CV = 8,4 a 15,9%.
Boullosa (2014)	12 atletas	VFC (domínio do tempo)	CCI e CV	CCI = 0,39 a 0,91; CV = 13,1 a 28,0%.
Dupuy (2012)	30 saudáveis	FC e VFC (análise espectral e domínio do tempo)	CCI e CV	FC: CCI = 0,86; CV = 7,4%. VFC (análise espectral): CCI = 0,58 a 0,88; CV = 28,1 a 48,7%. VFC (domínio do tempo): CCI = 0,57 a 0,70; CV = 53,7 a 59,5%.
Lehmkuhl (2005)	18 hipertensos	PAS e PAD (ambulatorial)	CCI	PAS: CCI = 0,87 a 0,96. PAD: CCI = 0,75 a 0,89.

PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; FC = frequência cardíaca; VFC = variabilidade frequência cardíaca; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; CV = coeficiente de variação.

Como dito anteriormente, outro questionamento do presente estudo é se o efeito do exercício por si só apresenta boa reprodutibilidade, tendo em vista que a resposta dos parâmetros cardiovasculares ao exercício pode variar entre dias distintos, por se tratar de um fenômeno biológico (ATKINSON; NEVILL, 1998; HOPKINS, 2000). Na revisão bibliográfica realizada para essa dissertação não foi encontrado nenhum estudo com esse objetivo, portanto, o grau de reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos permanece desconhecido. Esse conhecimento seria importante pois a demonstração de uma boa reprodutibilidade da HPE iria corroborar sua relevância clínica. Por outro lado, uma baixa reprodutibilidade da HPE significaria que um mesmo indivíduo poderia apresentar HPE de diferentes magnitudes em diferentes ocasiões e nas mesmas condições. Além disso, esse conhecimento possui

importância científica e clínica, pois como dito anteriormente, o grau de confiabilidade da HPE irá determinar a capacidade de distinguir os indivíduos entre si pela resposta em termos de HPE e seus mecanismos, o que permitirá a identificação dos indivíduos mais e menos responsivos. Enquanto que o grau de concordância irá determinar a capacidade de detectar diferenças reais quando se compara a HPE e seus mecanismos em diferentes ocasiões (e.g. diferentes protocolos de exercício ou antes e após um período de treinamento físico). Nesse sentido, os parâmetros de concordância podem ser utilizados para o cálculo preciso do tamanho amostral em pesquisas que visem comparar a HPE e seus mecanismos em diferentes ocasiões. Além disso, esses parâmetros também podem ser utilizados para determinar com precisão a MDD, ou seja, a alteração mínima que cada indivíduo deve apresentar na HPE e seus mecanismos após o exercício realizado em diferentes ocasiões para determinar que uma dessas condições (e.g. baixa vs. alta intensidade, exercício contínuo vs. exercício intervalado) apresenta maior efeito nesse indivíduo (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000).

Diante da importância científica e clínica de se conhecer o grau de reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos e das lacunas a esse respeito existentes na literatura, essa dissertação de mestrado teve por objetivo fazer uma avaliação completa do grau de reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos. Para se avaliar essa reprodutibilidade, várias etapas foram seguidas. Inicialmente, foi avaliada a reprodutibilidade das medidas na ausência de qualquer intervenção, o que foi feito comparando-se os valores pré-intervenção de duas sessões de exercício. A seguir, foi investigado o efeito da execução do exercício prévio na reprodutibilidade das medidas, comparando-se os valores pós-exercício de duas sessões de exercício. Finalmente, foi avaliada a reprodutibilidade da HPE e seus mecanismos utilizando-se as 3 formas de cálculo, ou seja, a diferença pós e pré-exercício (cálculo I), a diferença pós-exercício e pós-controle (cálculo II) e o efeito real do exercício (diferença pós e pré da sessão de exercício menos diferença pós e pré da sessão controle - cálculo III).

4 MÉTODO

4.1 CASUÍSTICA

Indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 20 e 60 anos foram convidados a participar do estudo. Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: 1) níveis de PAS/PAD acima de 106/105 mmHg; 2) possuir doença cardíaca ou alterações eletrocardiográficas no esforço que sugerissem a presença dessas doenças; 3) possuir problemas ortopédicos que contraindicassem a execução do exercício proposto no estudo; e 4) tomar medicamentos regulares que bloqueassem o sistema nervoso autônomo, como betabloqueadores e inibidores de canais de cálcio não diidropiridínicos. Os indivíduos que fizessem uso regular de outras medicações foram incluídos e instruídos a mantê-las durante o estudo.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Escola de Educação Física e Esporte da USP (anexo 1) e registrado no Brazilian Clinical Trials (www.ensaiosclinicos.gov.br, RBR-3nxx34). Todos os indivíduos foram esclarecidos sobre os procedimentos experimentais e possíveis riscos envolvidos e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 2).

4.2 PROCEDIMENTOS PRELIMINARES

4.2.1 Anamnese e antropometria

Foi aplicada uma anamnese (anexo 3), incluindo questões sobre: dados pessoais, condição atual de saúde, antecedentes pessoais e familiares de saúde e prática de exercícios físicos de lazer. Além disso, os indivíduos responderam o questionário internacional de atividade física - IPAQ, versão curta (anexo 4).

A massa corporal e a estatura foram medidas numa balança Filizola e o índice de massa corporal (IMC) foi calculado pelo quociente da massa corporal (kg) e quadrado da estatura (m²).

4.2.2 Avaliação da PA

A PA foi medida em triplicada em duas visitas ao laboratório após 5 min de repouso sentado. As medidas foram realizadas de acordo com as Diretrizes Brasileiras de Hipertensão (MALACHIAS et al., 2016) nos dois braços dos indivíduos e utilizando-se manguitos adequados à circunferência do braço. As medidas foram feitas pelo método auscultatório, empregando-se um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (Uniteq, São Paulo, Brasil), e as fases I e V dos sons de Korotkoff foram consideradas, respectivamente, para a identificação das PAS e PAD. O valor de PA do indivíduo foi calculado pela média das 6 medidas de cada braço e foi considerada a maior média entre os braços. Os indivíduos foram classificados como normotensos (PAS e PAD < 130 e 85 mmHg, respectivamente), hipertensos (PAS e/ou PAD $\geq$ 140 e/ou 90 mmHg, respectivamente) ou limítrofes (PAS e/ou PAD entre 130-139 e 85-89 mmHg, respectivamente).

4.2.3 Teste ergoespirométrico

Para avaliar a condição de saúde cardiovascular, medir o consumo pico de oxigênio (VO_{2PICO}) e calcular a potência que seria utilizada nas sessões experimentais, os indivíduos foram submetidos a um teste ergoespirométrico máximo. Inicialmente, foi realizado o registro do eletrocardiograma (ECG) de repouso (Cardioperfect, MD) com o registro simultâneo das 12 derivações padrão (D1, D2, D3, aVL, aVF, aVR, V1, V2, V3, V4, V5, V6). Em seguida, o esforço foi realizado em cicloergômetro (Lode Corival B. V. Medical Thecnology – Holanda) com um protocolo escalonado com incrementos de 30 Watts a cada 3 min até a exaustão. Os critérios adotados para a interrupção do teste foram cansaço físico intenso (caracterizado pela impossibilidade do indivíduo em manter a velocidade de 60 rotações por minuto) ou problemas de saúde que impedissem a continuidade do teste, como PAS maior que 260mmHg e/ou PAD maior que 120 mmHg nos normotensos e 140 mmHg nos hipertensos, ou ainda alterações eletrocardiográficas relacionadas a doenças cardiovasculares, seguindo as recomendações das III Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico (2010). No teste, a FC e o ECG foram continuamente monitorados e registrados a cada 3 min. A PA foi medida pelo método auscultatório imediatamente

antes do registro da FC. O consumo de oxigênio (VO_2) foi continuamente medido por um analisador de gases (Medical Graphics Corporation, CPX - ULTIMA™) e foi analisado em médias de 30 segundos, sendo o VO_{2PICO} definido pelo maior valor atingido durante o esforço. A análise da condição de saúde dos indivíduos foi feita por um médico com base num exame clínico e na análise dos ECGs de repouso e exercício. Foram excluídos, os indivíduos que apresentaram alterações clínicas e/ou eletrocardiográficas sugestivas de problemas cardiovasculares.

4.3 MEDIDAS NAS SESSÕES EXPERIMENTAIS

4.3.1 Pressão arterial

A PA clínica foi medida por 2 técnicas. No braço dominante, a PA foi medida pelo método auscultatório descrito anteriormente. A PAM foi calculada pela soma da PAD com 1/3 da pressão de pulso, calculada por PAS-PAD. Em momentos distintos, a PA foi medida batimento a batimento pela técnica fotopletismográfica (FMS – Finapress Mensurament System, Arnhem, Holanda) (ELVAN-TASPINAR, 2003). Para tanto, um manguito inflável de tamanho apropriado foi posicionado no dedo médio dos indivíduos. A onda de PA obtida por esse equipamento foi digitalizada e registrada em microcomputador por um analisador de sinais analógicos (WINDAQ, DI-720, Akron, EUA), com frequência de amostragem de 500Hz.

4.3.2 Frequência cardíaca

A FC foi medida pelo ECG (Cardioperfect, modelo ST 2001, Holanda). A onda eletrocardiográfica foi digitalizada e registrada em microcomputador por um analisador de sinais analógicos (WINDAQ, DI-720, Akron, EUA), com frequência de amostragem de 500Hz. Além disso, a FC também foi avaliada pela palpação da artéria radial no pulso do indivíduo.

4.3.3 Débito cardíaco

O DC foi medido pelo método indireto de Fick, através do processo de reinalação de CO₂ (COLLIER, 1956). Para tanto, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$DC = VCO_2 / (CvCO_2 - CaCO_2)$$

Em que:

DC = débito cardíaco

VCO₂ = produção de dióxido de carbono

CvCO₂ = conteúdo venoso de CO₂

CaCO₂ = conteúdo arterial de CO₂

Para esta medida, foi utilizado um analisador de gases computadorizado (Medical Graphics Corporation, CPX - ULTIMA™, Minnesota, EUA). Inicialmente, o indivíduo inspirou normalmente o ar ambiente. Durante esse período, o VCO₂ foi medido e o CaCO₂ estimado através da medida do PetCO₂ (pressão expirada final de CO₂). Em seguida, para avaliação do CvCO₂, foi realizado o procedimento de reinalação de CO₂, durante o qual o indivíduo inspirou e expirou, por um período de 20 s, o ar de uma bolsa que continha concentrações de CO₂ entre 8 e 9% e de O₂ em 35%. Quando foi obtido o equilíbrio entre a concentração de CO₂ na bolsa e a concentração de CO₂ expirado pelo indivíduo, o CvCO₂ foi estimado. A partir desses dados, o DC foi calculado.

4.3.4 Resistência vascular periférica

A RVP foi calculada pelo quociente entre os valores de PAM auscultatória e do DC, ou seja: $RVP = PAM / DC$.

4.3.5 Volume sistólico

O VS foi calculado pelo quociente entre o DC e a FC, ou seja: $VS = DC / FC$.

4.3.6 Respiração

Os movimentos respiratórios foram monitorados por uma cinta respiratória piezoelétrica (Pneumotrace 2, UFI, Morro Bay, EUA) posicionada no tórax do indivíduo. O sinal respiratório foi amplificado (Bioamplifier, 2121/1-R), digitalizado e registrado em microcomputador por um analisador de sinais analógicos (WINDAQ, DI-720, Akron, EUA), com frequência de amostragem de 500 Hz/canal.

4.3.7 Modulação autonômica do sistema cardiovascular

As modulações simpáticas e parassimpáticas do sistema cardiovascular foram avaliadas pela análise espectral da VFC e da VPA. Essa análise seguiu as recomendações do “*Task Force*” sobre o assunto (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996) e utilizou o software Heart Scope II (A.M.P.S. LLC, Versão 1.3.0.3, New York, USA). Para essa análise, as ondas eletrocardiográficas, da respiração e da PA, que foram gravadas pelo sistema WINDAQ, foram analisadas quanto aos valores de intervalo R-R, PAS, PAD e respiração a cada ciclo cardíaco, gerando-se 4 séries temporais. As variabilidades desses sinais foram, então, analisadas no domínio da frequência pelo método autorregressivo em seguimentos estacionários de 300 batimentos. O poder espectral total foi calculado e frequência central e o poder de cada componente relevante do espectro foram identificados. Foram considerados picos de alta frequência, aqueles obtidos entre as frequências de 0,15 e 0,4Hz (AF_{R-R}) e de baixa frequência, aqueles observados entre 0,04 e 0,15Hz (BF_{R-R}). As bandas foram avaliadas em valores absolutos e normalizados (divisão do valor da banda pelo valor total do espectro, do qual foi subtraído o valor da banda de muito baixa frequência, $<0,04$ Hz). O resultado foi, então, multiplicado por 100. Seguindo o *Task Force* (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996), para a interpretação dos resultados, os valores absolutos e normalizados de AF_{R-R} foram considerados como representantes da modulação parassimpática cardíaca, enquanto que os valores normalizados de BF_{R-R} foram interpretados como decorrentes, principalmente, da modulação simpática para o coração. A razão entre as bandas

(BF/AF_{R-R}) foi considerada como o balanço simpátovagal cardíaco. A modulação simpática vasomotora foi considerada pelos valores absolutos da banda de baixa frequência da VPAS (BF_{PAS}). A SBR foi avaliada no domínio da frequência pela função de transferência, que foi calculada entre a variabilidade do intervalo R-R e da PAS, considerando a magnitude máxima desta função na banda de baixa frequência. Essa análise foi aplicada somente quando houve coerência entre os sinais do intervalo R-R e PAS maior que 0,5 e a fase foi negativa.

4.4 INTERVENÇÕES

4.4.1 Exercício aeróbico

Para a execução do exercício aeróbico, os indivíduos foram posicionados na bicicleta ergométrica e permaneceram em repouso por 7 min. Em seguida, realizaram 3 min de aquecimento (com $\frac{1}{2}$ da carga de exercício), 45 min de exercício em 50% do VO_{2PICO} , 3 min de recuperação ativa, sendo o primeiro minuto com $\frac{1}{2}$ da carga de exercício, o segundo minuto com $\frac{1}{4}$ da carga de exercício e o terceiro minuto sem carga, seguidos de 2 min de recuperação passiva. A potência correspondente a 50% do VO_{2PICO} foi calculada pela análise de regressão linear entre os valores de potência e VO_2 obtidos no teste ergoespirométrico.

4.4.2 Controle

Na sessão controle, os indivíduos foram posicionados no cicloergômetro e nele permaneceram em repouso por 60 min. Esse período de intervenção foi exatamente o mesmo da sessão de exercício aeróbico.

4.5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

O protocolo experimental está apresentado na figura 2. Os indivíduos que, após receberem as informações sobre o protocolo experimental, os riscos e os benefícios do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foram submetidos às avaliações preliminares. Permaneceram no estudo somente aqueles que não apresentaram os critérios de exclusão estabelecidos para a amostra.

Esses indivíduos participaram de 4 sessões experimentais realizadas com intervalo mínimo de 72h entre elas. As sessões experimentais foram subdivididas em 2 blocos (teste e reteste), que foram realizados sucessivamente. Em cada bloco, foram realizadas 1 sessão de exercício e 1 sessão controle, cuja ordem de execução foi estabelecida de forma aleatória, com sorteio da primeira sessão para cada bloco.

Figura 2 - Protocolo Experimental

4.6 DESENHO DAS SESSÕES EXPERIMENTAIS

Para cada sessão experimental, os indivíduos compareceram ao laboratório com roupas adequadas para a execução de exercício físico e foram instruídos a: 1) não ingerir bebidas alcoólicas nas 24h anteriores; 2) evitar a execução de exercícios nas 48h precedentes; 3) dormir em seu horário habitual; 4) tomar os remédios de uso regular nos horários rotineiros (para os que faziam uso crônico de medicação); 5) fazer uma refeição leve duas horas antes da sessão, evitando a ingestão de alimentos que afetassem o sistema cardiovascular, como café, chá, etc; e 6) seguir rotinas semelhantes de atividades e horários nas 24h anteriores às 4 sessões experimentais. Entre os indivíduos, as sessões foram realizadas nos períodos da manhã, tarde e noite, porém todas as sessões de um mesmo indivíduo foram realizadas no mesmo horário do dia. Durante as sessões, a temperatura do laboratório foi mantida entre 20 e 22°C. Os indivíduos não sabiam que sessão iriam realizar até o início da intervenção, porém os analisadores dos dados não estavam cegos para a sessão realizada.

O desenho experimental das sessões experimentais está apresentado na figura 3. Ao chegar ao laboratório, os indivíduos esvaziaram a bexiga. Em seguida, repousaram por 60 min, o que foi considerado como período pré-intervenção. Nesse período, as ondas eletrocardiográficas, da respiração e da PA batimento a batimento foram gravadas entre 10 e 20 min; a PA auscultatória, a FC e o DC foram medidos em triplicada dos 20 aos 35min. Essas medidas foram realizadas com os indivíduos na posição sentada.

Posteriormente, os indivíduos se deslocaram para o cicloergômetro para a realização do período de intervenção e os procedimentos descritos para cada intervenção (exercício ou controle) foram realizados por 60 min. Durante as intervenções, nas sessões exercício, o VO_2 foi medido entre os minutos 25 e 45 para checar a intensidade do exercício.

Após a intervenção, os indivíduos retornaram ao repouso na posição sentada por 60 min, o que foi considerado como período pós-intervenção. As ondas eletrocardiográficas, da respiração e da PA batimento a batimento foram registradas dos 30 aos 40 min; e a PA auscultatória, a FC e o DC foram medidos em triplicata dos 40 aos 55 min.

Figura 3 - Desenho da sessão experimental. FC = frequência cardíaca; Resp = ondas da respiração; PA_f = pressão arterial fotopletismográfica; PA_a = pressão arterial auscultatória; DC = débito cardíaco; VO₂ = consumo de oxigênio

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos dados hemodinâmicos coletados em triplicata, a média dos três valores obtidos foi calculada.

Para a análise estatística, primeiramente, a normalidade da distribuição dos dados foi checada pelo teste de Shapiro-Wilks. Os dados não normais foram transformados pelo logaritmo natural (ln), para obtenção da distribuição normal. A presença de heterocedasticidade foi avaliada pela correlação de Pearson entre as médias e as diferenças absolutas obtidas entre o teste e o reteste e foi definida por uma correlação significativa entre elas (ATKINSON; NEVILL, 1998).

Em cada bloco (teste e reteste), o comportamento fisiológico das variáveis hemodinâmicas e autonômicas foi avaliado pela ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, considerando os seguintes fatores principais: sessão (exercício e controle) e período (pré e pós-intervenção). Quando necessário, foi aplicado como teste de “post-hoc”, o teste de Newman-Keuls.

A avaliação da reprodutibilidade foi feita sempre através da comparação entre os valores obtidos no teste e reteste. Dessa forma, como proposto, foi avaliada a reprodutibilidade: i) dos valores medidos pré exercício (pré exercício do teste e pré

exercício do reteste); ii) dos valores medidos pós exercício (pós exercício do teste e pós exercício do reteste); iii) do cálculo I (pós-pré exercício do teste e pós-pré exercício do reteste); iv) do cálculo II (pós exercício – pós controle do teste e pós exercício – pós controle do reteste); e v) do cálculo III $\{[(\text{pós-pré exercício}) - (\text{pós-pré controle})]$ do teste e $[(\text{pós-pré exercício}) - (\text{pós-pré controle})]$ do reteste}.

Na avaliação de cada uma dessas reprodutibilidades foram considerados os seguintes parâmetros: 1) presença de erro sistemático; 2) grau de confiabilidade e 3) grau de concordância. Assim, inicialmente, a presença de erro sistemático foi avaliada pela comparação das médias do teste e reteste pelo test-t pareado. O grau de confiabilidade foi determinado pelo CCI, sendo considerado baixo quando o CCI foi menor do que 0,40, moderado quando o CCI ficou entre 0,40 e 0,75 e alto quando o CCI foi maior do que 0,75 (SZKLO; NIETO, 2000). Como as variáveis não apresentaram heterocedasticidade, o grau de concordância foi avaliado pelo ET, calculado por $DPD/\sqrt{2}$, aonde DPD = desvio padrão das diferenças entre teste e reteste (HOPKINS, 2000), e a MDD foi calculada através da fórmula: $1.96 \times \sqrt{2} \times ET$ (DE VET et al., 2006). Além disso, os LC foram calculados como previamente descrito por Bland e Altman (2010). Para as variáveis transformadas pelo logaritmo natural, os LC relativos foram empregados (BLAND; ALTMAN, 2010). Foi aceito como significante valores com $p < 0,05$.

5 RESULTADOS

5.1 CASUÍSTICA

Trinta e oito indivíduos se candidataram para participar do estudo. Na explicação inicial do projeto, 4 desistiram por motivos pessoais. Dessa forma, 34 indivíduos foram incluídos no estudo e assinaram o termo de consentimento. Esses indivíduos passaram pelos procedimentos preliminares, sendo que, nessa etapa, 2 indivíduos foram excluídos, um por apresentar limitação ortopédica e outro por apresentar alterações eletrocardiográficas sugestivas de doença cardiovascular durante o teste ergoespiométrico. Assim, 32 indivíduos iniciaram as sessões experimentais. Porém, 2 abandonaram o estudo alegando motivos pessoais. Portanto, como planejado, 30 indivíduos completaram todo protocolo experimental e foram incluídos na análise de dados.

As características gerais, cardiovasculares e antropométricas dos indivíduos que completaram o estudo estão descritas na tabela 6.

Tabela 6 - Características dos indivíduos que completaram o estudo (n=30).

Características	Valor	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	42±11	25	60
Estatura (m)	1,73±0,06	1,61	1,84
Massa corporal (kg)	90,5±18,5	52,7	133,6
Índice de massa corporal (kg/m ²)	30,1±5,1	18,7	39,9
PA sistólica (mmHg)	123±13	98	148
PA diastólica (mmHg)	83±11	61	105
Tempo gasto em atividades físicas (min/semana)	122±131	0	420
Fatores de risco cardiovascular			
Obesidade, n (%)	15 (50)		
Hipertensão, n (%)	9 (30)		
Diabetes mellitus, n (%)	1 (3)		
Dislipidemia, n (%)	1 (3)		
Tabagismo, n (%)	2 (7)		
Inatividade física, n (%)	11 (37)		
Medicação anti-hipertensiva			
Sem medicação, n (%)	22 (73)		
Antagonistas do receptor AT1 da angiotensina II, n (%)	5 (17)		
Inibidores da enzima conversora de angiotensina, n (%)	2 (7)		
Diuréticos, n (%)	2 (7)		
Bloqueador de canal de cálcio (diidropiridínicos) n(%)	1 (3)		
Estratégia de Terapia			
Monoterapia, n (%)	7 (23)		
Politerapia, n (%)	1 (3)		

Valores contínuos foram expressos como média ± desvio padrão. PA = pressão arterial. Obesidade foi definida como índice de massa corporal ≥ 30 kg/m². Hipertensão, diabetes mellitus, dislipidemia e tabagismo foram reportadas pelos indivíduos. Os indivíduos que relataram não praticar atividade física no questionário internacional de atividade física foram definidos como inativos.

A amostra foi constituída por 24 homens e 6 mulheres, com ampla faixa etária, níveis diversos de PA, IMC e tempo gasto em atividades físicas, que tomavam ou não medicação anti-hipertensiva e que apresentavam diferentes fatores de risco cardiovascular.

Os resultados das variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas obtidas no teste ergoespirométrico máximo estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas medidas no teste ergoespirométrico máximo

Variáveis	Valores	Mínimo	Máximo
Carga máxima (watts)	172 ± 39	90	270
VO ₂ pico (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	25,7 ± 7,2	13,6	49,6
% do VO ₂ pico esperado	86 ± 14	67	132
RER máximo	1,18 ± 0,06	1,05	1,29
FC pico (bpm)	169 ± 12	150	197
% FC máxima predita	95 ± 6	84	109
PAS máxima (mmHg)	198 ± 27	132	244
PAD máxima (mmHg)	82 ± 19	44	116

Dados: média ± desvio padrão. VO₂ = consumo de oxigênio; RER = razão de troca respiratória; FC = frequência cardíaca; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica.

A amostra foi composta por indivíduos de diferentes níveis de potência aeróbia, que apresentaram VO₂ pico entre 67 e 132% do esperado segundo a fórmula proposta por Wasserman et al. (2005).

Todos os testes ergoespirométricos foram interrompidos por cansaço físico intenso. Em 24 indivíduos, a FC pico obtida no teste ergoespirométrico foi ≥ 90% da FC máxima predita. Todos indivíduos obtiveram RER ≥ 1,05 no final do esforço, sendo que 26 (87%) atingiram RER ≥ 1,10.

Nenhum teste foi interrompido devido a alterações eletrocardiográficas sugestivas de problemas cardiovasculares.

5.2 EXECUÇÃO DO PROTOCOLO EXPERIMENTAL

5.2.1 Intensidade do exercício

Para checar a intensidade do exercício executado nas sessões experimentais, o VO_2 foi avaliado e está apresentado na tabela 8 juntamente com a carga de exercício utilizada.

Tabela 8 – Potência utilizada e consumo de oxigênio (VO_2) medido durante as sessões exercício realizadas no teste e reteste.

Variáveis	Teste	Reteste	Valor de p
Potência (watts)	71 ± 23	71 ± 23	– ^a
VO_2 (ml/min)	1166 ± 292	1167 ± 316	0,977
$\text{VO}_{2\text{pico}}$ (%)	52 ± 8	52 ± 8	0,838

Dados: média ± desvio padrão. VO_2 = consumo de oxigênio. ^aSem valor de p, pois valores do reteste são idênticos aos do teste.

Como proposto no desenho experimental, a mesma potência (71 ± 23 watts) foi utilizada durante o exercício no teste e no reteste. Não houve diferença significativa no VO_2 absoluto ($p = 0,977$) e na % do VO_2 pico ($p = 0,838$) avaliados durante o exercício realizado nas sessões de exercício no teste e no reteste. Em ambas as sessões, os indivíduos realizaram o exercício em intensidade correspondente a 52 ± 8 % do VO_2 pico.

5.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AS SESSÕES EXPERIMENTAIS

Embora a análise das respostas fisiológicas após o exercício físico não seja objetivo específico desta dissertação, como a reprodutibilidade dessas respostas será estudada, entendemos ser importante demonstrar quais foram essas respostas.

5.3.1 Respostas da pressão arterial

As respostas da PAS, PAD e PAM em cada sessão experimental nos blocos teste e reteste estão apresentadas na figura 4.

Figura 4 - Pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM) medidas antes e após as intervenções nas sessões exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) realizadas nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.

Em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interação significativa ($p=0,000$ e $p=0,000$, respectivamente) entre os fatores sessão e período para a PAS. Assim, em ambos os blocos (teste e reteste), a PAS pré-intervenção foi semelhante entre as sessões. Nas sessões de exercício, ela diminuiu significativamente do pré para o pós-intervenção, enquanto que nas sessões controle, ela aumentou do pré para o pós-intervenção. Portanto, após as intervenções, a PAS estava significativamente menor nas sessões de exercício que nas sessões controle.

Com relação à PAD e PAM, em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores também revelou interação significativa (PAD, $p=0,000$ e $p=0,000$ e PAM, $p=0,000$ e $p=0,000$, respectivamente) entre os fatores sessão e período. Assim, em ambos os blocos (teste e reteste) não houve diferença significativa na PAD e PAM medidas pré-intervenção entre as sessões controle e de exercício. Tanto a PAD quanto a PAM aumentaram significativamente do período pré para o pós-intervenção nas sessões controle e se mantiveram nas sessões de exercício. Portanto, após as intervenções, a PAD e a PAM estavam significativamente menores nas sessões de exercício em comparação às sessões controle.

5.3.2 Respostas dos mecanismos hemodinâmicos

As respostas do DC, RVP, FC e VS a cada sessão experimental nos blocos teste e reteste estão apresentadas na figura 5.

Figura 5 - Débito cardíaco (DC), resistência vascular periférica (RVP), frequência cardíaca (FC) e volume sistólico (VS) medidos antes e após as intervenções nas sessões exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.

Na análise do DC e da RVP, em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou apenas efeito significativo do fator período (DC, $p=0,000$ e

$p=0,000$ e RVP, $p=0,000$ e $p=0,000$, respectivamente). Assim, em ambos os blocos (teste e reteste), independentemente da sessão, o DC diminuiu e a RVP aumentou significativamente do período pré-intervenção para o pós-intervenção.

Considerando-se a resposta da FC, em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interação significativa entre os fatores sessão e período ($p=0,000$ e $p=0,000$). Nos dois blocos (teste e reteste), não houve diferença significativa da FC pré-intervenção entre as sessões controle e de exercício. A FC diminuiu significativamente nas sessões controle do período pré para o pós-intervenção e se manteve nas sessões exercício, ficando significativamente maior no período pós-intervenção nas sessões de exercício que nas sessões controle.

Com relação ao VS, em ambos blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interação significativa entre os fatores sessão e período ($p=0,022$ e $p=0,000$, respectivamente). Dessa forma, em ambos os blocos (teste e reteste) não houve diferença significativa no VS pré-intervenção entre as sessões. O VS diminuiu significativamente do período pré para o pós-intervenção nas sessões de exercício e se manteve nas sessões controle, de modo que após as intervenções, o VS estava significativamente menor nas sessões de exercício que nas sessões controle.

5.3.3 Respostas dos mecanismos autonômicos

Todos os 30 indivíduos foram incluídos nas análises das variáveis derivadas da análise da variabilidade da FC. Três indivíduos não foram incluídos nas análises da variabilidade da PA devido à problemas técnicos, enquanto que 6 indivíduos não foram incluídos nas análises da SBR, pois os dados não apresentaram os requisitos necessários para essa análise.

As respostas de regulação autonômica avaliadas pelas variáveis derivadas da análise da variabilidade da FC medidas em cada sessão experimental nos blocos teste e reteste estão apresentadas na figura 6.

Figura 6 - Logaritmo natural da variância total ($\ln VT_{R-R}$), bandas de baixa (BF_{R-R}) e de alta (AF_{R-R}) frequência da variabilidade da frequência cardíaca avaliadas em unidades normalizadas (un) e logaritmo natural da razão entre essas bandas ($\ln BF/AF_{R-R}$) avaliados antes e após as intervenções nas sessões de exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.

Em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou apenas efeito significativo do fator período ($p=0,000$ e $p=0,000$, respectivamente) para a

análise do $\ln VT_{R-R}$. Assim, em ambos os blocos (teste e reteste), independentemente da sessão, o $\ln VT_{R-R}$ aumentou significativamente do período pré para o pós-intervenção.

Com relação aos valores de AF_{R-R} (un), BF_{R-R} (un) e $\ln BF/HF_{R-R}$, em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interações significantes entre os fatores sessão e período (AF_{R-R} , $p=0,019$ e $p=0,000$, BF_{R-R} , $p=0,038$ e $p=0,003$ e $\ln BF/AF_{R-R}$, $P=0,020$ e $P=0,001$, respectivamente). Assim, em ambos os blocos (teste e reteste), não houve diferenças significantes nos valores pré-intervenção dessas variáveis entre as sessões de exercício e controle. Entre os períodos, os valores de AF_{R-R} diminuíram e os de BF_{R-R} e $\ln BF/AF_{R-R}$ aumentaram significativamente nas sessões de exercício do período pré para o pós-intervenção e se mantiveram nas sessões controle. Portanto, após as intervenções, os valores do AF_{R-R} (un) estavam significativamente menores e os de BF_{R-R} (un) e $\ln BF/AF_{R-R}$ maiores nas sessões de exercício que nas sessões controle.

As respostas da modulação simpática vasomotora e da SBR medidas em cada sessão experimental nos blocos teste e reteste estão apresentadas na figura 7.

Figura 7 - Logaritmo natural da banda de baixa frequência da variabilidade da pressão arterial sistólica ($\ln BF_{PAS}$) e logaritmo natural da sensibilidade barorreflexa ($\ln SBR$) medidos antes e após as intervenções nas sessões de exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.

Com relação aos valores de $\ln BF_{PAS}$, em ambos os blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interações significantes entre os fatores sessão e período ($p=0,023$ e $p=0,003$, respectivamente). Assim, em ambos os blocos (teste e reteste), não houve diferenças significantes nos valores pré-intervenção no $\ln BF_{PAS}$ entre as sessões de exercício e controle. Entre os períodos, os valores de $\ln BF_{PAS}$ aumentaram significativamente nas sessões de exercício do período pré para o pós-intervenção e se mantiveram nas sessões controle. Portanto, após as intervenções, os valores do $\ln BF_{PAS}$ estavam significativamente maiores nas sessões de exercício que nas sessões controle.

Em ambos blocos (teste e reteste), a ANOVA de 2 fatores revelou interação significativa entre os fatores sessão e período no $\ln SBR$ ($p=0,033$ e $p=0,002$, respectivamente). Assim, não houve diferença significativa no $\ln SBR$ medido pré-intervenção nas sessões de exercício e controle. O $\ln SBR$ diminuiu significativamente

do período pré para o pós-intervenção nas sessões de exercício e se manteve nas sessões controle, de modo que após as intervenções, o $\ln\text{SBR}$ estava significativamente menor nas sessões de exercício que nas sessões controle.

5.4 REPRODUTIBILIDADE

5.4.1 Reprodutibilidade das medidas pré-exercício

A tabela 9 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas de PA pré-exercício.

Tabela 9 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial pré-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
PAS (mmHg)	30	119 ± 12	120 ± 11	0,163	0,972	2,8	7,7	-1,0 ± 7,7
PAD (mmHg)	30	83 ± 12	82 ± 11	0,836	0,938	4,1	11,4	-0,2 ± 11,4
PAM (mmHg)	30	94 ± 12	95 ± 11	0,574	0,953	3,3	9,2	-0,5 ± 9,2

Dados: média ± desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que as medidas de PA pré-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$), e apresentaram $\text{CCI} \geq 0,938$, $\text{ET} \leq 4,1$ mmHg, $\text{MDD} \leq 11,4$ mmHg e $\text{LC} < -0,2 \pm 11,4$.

A tabela 10 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos pré-exercício.

Tabela 10 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos da pressão arterial pré-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
DC (l/min)	30	4,942 ± 1,274	5,154 ± 1,113	0,078	0,923	0,451	1,251	-0,213 ± 1,251
RVP (U)	30	20 ± 5	19 ± 4	0,082	0,812	2,5	6,9	1,2 ± 6,9
FC (bpm)	30	67 ± 8	66 ± 8	0,281	0,831	4,5	12,4	1,3 ± 2,4
VS (ml)	30	75 ± 21	79 ± 21	0,059	0,913	8,5	23,7	-4,3 ± 23,7

Dados: média ± desvio padrão. DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que as medidas dos mecanismos hemodinâmicos da PA pré-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$) e tiveram CCI $\geq 0,812$. Com relação aos parâmetros de concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável.

A tabela 11 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da PA pré-exercício.

Tabela 11 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da pressão arterial pré-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs ou rel
$\ln VT_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$7,2 \pm 1,0$	$7,2 \pm 1,0$	0,536	0,859	0,49	1,35	$0,92^* / \div 3,85$
$\ln BF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$6,1 \pm 1,4$	$6,2 \pm 1,2$	0,434	0,805	0,75	2,08	$0,86^* / \div 8,03$
$\ln AF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$5,4 \pm 1,2$	$5,7 \pm 1,3$	0,171	0,858	0,61	1,69	$0,801^* / \div 5,44$
BF_{R-R} (un)	30	59 ± 22	58 ± 18	0,662	0,737	12,8	35,5	$1,5 \pm 35,5$
AF_{R-R} (un)	30	35 ± 19	36 ± 17	0,840	0,765	11,1	30,7	$-0,6 \pm 30,7$
$\ln BF / AF$	30	$0,6 \pm 1,1$	$0,6 \pm 0,9$	0,675	0,748	0,62	1,71	$1,07^* / \div 5,51$
$\ln VT_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	30	$3,3 \pm 0,8$	$3,3 \pm 0,6$	0,707	0,694	0,49	1,35	$0,95^* / \div 3,85$
$\ln BF_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	29	$2,3 \pm 0,9$	$2,2 \pm 1,0$	0,646	0,672	0,67	1,86	$1,09^* / \div 6,41$
$\ln SBR$ ($\ln mmHg/bpm$)	29	$1,9 \pm 0,6$	$2,0 \pm 0,6$	0,095	0,871	0,30	0,82	$0,87^* / \div 2,27$

Dados: média $\pm$ desvio padrão; $\ln$ = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/HF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequências da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos; LC rel = limites de concordância relativos.

Pode-se observar que as medidas de todas as variáveis avaliadas para analisar os mecanismos autonômicos da PA pré-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, os valores de CCI foram $\geq 0,737$ para as variáveis relacionadas à variabilidade da FC, $\geq 0,672$ para as variáveis relacionadas à variabilidade da PA e de 0,871 para a SBR. Com relação à concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

5.4.2 Reprodutibilidade das medidas pós-exercício

A tabela 12 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas de PA pós-exercício.

Tabela 12 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial pós-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
PAS (mmHg)	30	115±13	115±13	0,518	0,966	3,3	9,1	-0,6 ± 9,1
PAD (mmHg)	30	82±12	82±12	0,935	0,964	3,1	8,7	0,1 ± 8,7
PAM (mmHg)	30	93±12	93±12	0,852	0,968	2,9	8,0	-0,1 ± 8,0

Dados: média ± desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que as medidas de PA pós-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$) e apresentaram $CCI \geq 0,964$, $ET < 3,3$ mmHg, $MDD < 9,1$ mmHg e $LC < -0,6 \pm 9,1$ mmHg.

A tabela 13 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos da PA pós-exercício.

Tabela 13 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos mecanismos hemodinâmicos da pressão arterial pós-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
DC (l/min)	30	4,329 ± 0,995	4,533 ± 0,944	0,103	0,868	0,468	1,297	-0,203 ± 1,297
RVP (U)	30	23 ± 5	21 ± 5	0,088	0,827	2,7	7,4	1,2 ± 7,4
FC (bpm)	30	67 ± 8	68 ± 9	0,742	0,842	4,5	12,5	-0,4 ± 12,5
VS (ml)	30	65 ± 16	68 ± 14	0,115	0,901	6,5	18,0	-2,7 ± 18,0

Dados: média ± desvio padrão. DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que as medidas dos mecanismos hemodinâmicos da PA pós-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$) e tiveram $CCI \geq 0,827$. Com relação à concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

A tabela 14 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da PA pós-exercício.

Tabela 14 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da pressão arterial pós-exercício

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs ou rel
$\ln VT_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$7,5 \pm 1,0$	$7,5 \pm 1,0$	0,543	0,810	0,57	1,58	$0,91^* / \div 4,86$
$\ln BF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$6,5 \pm 1,2$	$6,7 \pm 1,2$	0,307	0,828	0,65	1,80	$0,84^* / \div 6,04$
$\ln AF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$5,3 \pm 1,2$	$5,6 \pm 1,2$	0,180	0,828	0,67	1,85	$0,79^* / \div 6,37$
BF_{R-R} (un)	30	70 ± 16	69 ± 17	0,435	0,868	8,1	22,5	$1,7 \pm 22,5$
AF_{R-R} (un)	30	25 ± 15	26 ± 15	0,701	0,820	8,3	23,0	$-0,8 \pm 23,0$
$\ln BF / AF$	30	$1,2 \pm 0,9$	$1,1 \pm 0,9$	0,554	0,889	0,41	1,14	$1,07^* / \div 3,11$
$\ln VT_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	30	$3,4 \pm 0,7$	$3,3 \pm 0,7$	0,443	0,823	0,38	1,06	$1,08^* / \div 2,90$
$\ln BF_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	30	$2,5 \pm 1,2$	$2,7 \pm 1,0$	0,402	0,610	0,84	2,33	$0,83^* / \div 10,23$
$\ln SBR$ ($\ln mmHg/bpm$)	29	$2,0 \pm 0,7$	$2,1 \pm 0,7$	0,125	0,876	0,32	0,88	$0,88^* / \div 2,41$

Dados: média $\pm$ desvio padrão. $\ln$ = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos; LC rel = limites de concordância relativos.

Pode-se observar que as medidas dos mecanismos autonômicos da PA pós-exercício não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, os valores de CCI foram $\geq 0,810$ para as variáveis relacionadas à variabilidade da FC, $\geq 0,610$ para as variáveis relacionadas à variabilidade da PA e de 0,876 para a SBR. Com relação à concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

5.4.3 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo I

A tabela 15 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a PA avaliado pela forma de cálculo I.

Tabela 15 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo I.

Variável	N	Teste	Reteste	P	CCI	ET	MDD	LC abs
PAS (mmHg)	30	-4,6 ± 4,5	-5,1 ± 5,0	0,421	0,771	2,9	8,0	0,5 ± 8,0
PAD (mmHg)	30	0,7 ± 3,3	0,4 ± 3,5	0,748	-0,051	3,5	9,6	0,3 ± 9,6
PAM (mmHg)	30	-1,1 ± 3,2	-1,4 ± 3,3	0,649	-0,299	2,9	8,1	0,3 ± 8,1

Dados: média ± desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre a PAS, PAD e PAM avaliados pela forma de cálculo I não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Considerando-se as confiabilidades desses efeitos, a resposta da PAS teve CCI = 0,771 e as da PAD e PAM tiveram CCI $\leq -0,051$. Com relação aos parâmetros de concordância, o ET foi $\leq 3,5$ mmHg, a MDD $\leq 9,6$ mmHg e os LC $\leq 0,3 \pm 9,6$ mmHg.

A tabela 16 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo I.

Tabela 16 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo I.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
DC (l/min)	30	-0,612 ± 0,852	-0,622 ± 0,704	0,950	0,626	0,577	1,598	0,009 ± 1,598
RVP (U)	30	2,4 ± 4,6	2,3 ± 3,0	0,952	0,476	3,2	8,9	0,0 ± 8,9
FC (bpm)	30	0,4 ± 5,5	2,0 ± 4,7	0,082	0,686	3,6	9,9	-1,7 ± 9,9
VS (ml)	30	-10,2 ± 14,0	-11,8 ± 11,3	0,556	0,481	10,5	29,1	1,6 ± 29,1

Dados: média ± desvio padrão. DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo I não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$) e têm CCI entre 0,476 e 0,686. Com relação aos parâmetros de

concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

A tabela 17 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo I.

Tabela 17 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo I.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs ou rel
$\ln VT_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$0,30 \pm 0,61$	$0,31 \pm 0,65$	0,936	0,298	0,57	1,59	$0,99 */ \div 4,92$
$\ln BF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$0,45 \pm 0,97$	$0,47 \pm 0,96$	0,922	0,483	0,80	2,21	$0,98 */ \div 9,12$
$\ln AF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,11 \pm 0,60$	$-0,09 \pm 0,82$	0,911	0,608	0,54	1,50	$0,98 */ \div 4,48$
BF_{R-R} (un)	30	$11,2 \pm 23,1$	$10,9 \pm 16,3$	0,949	0,751	12,6	35,0	$0,2 \pm 35,0$
AF_{R-R} (un)	30	$-10,0 \pm 20,6$	$-9,8 \pm 15,6$	0,934	0,735	11,8	32,7	$-0,3 \pm 32,7$
$\ln BF / AF$	30	$0,56 \pm 1,11$	$0,56 \pm 0,87$	0,982	0,724	0,66	1,82	$1,00 */ \div 6,16$
$\ln VT_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	30	$0,12 \pm 0,68$	$-0,01 \pm 0,53$	0,369	0,391	0,53	1,47	$1,13 */ \div 4,34$
$\ln BF_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	29	$0,31 \pm 1,10$	$0,45 \pm 0,97$	0,620	-0,101	1,06	2,94	$0,87 */ \div 18,94$
$\ln SBR$ ($\ln mmHg/bpm$)	29	$0,10 \pm 0,41$	$0,10 \pm 0,47$	0,983	0,323	0,40	1,10	$1,00 */ \div 3,00$

Dados: média $\pm$ desvio padrão. $\ln$ = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos; LC rel = limites de concordância relativos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo I. não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, os valores de CCI variaram de 0,298 a 0,608 para os parâmetros absolutos da variabilidade da FC e de 0,724 a 0,751 para os parâmetros relativos da variabilidade da FC, o CCI variou de -0,101 a 0,391 para os parâmetros de variabilidade da PA e, para a SBR, foi de 0,323. Com relação aos parâmetros de concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

5.4.4 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo II

A tabela 18 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a PA avaliado pela forma de cálculo II.

Tabela 18 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo II.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
PAS (mmHg)	30	-10,8 ± 10,2	-10,6 ± 10,8	0,794	0,924	3,9	10,9	-0,3 ± 10,9
PAD (mmHg)	30	-5,7 ± 5,5	-5,6 ± 6,0	0,915	0,680	4,0	11,1	-0,1 ± 11,1
PAM (mmHg)	30	-7,4 ± 6,5	-7,2 ± 6,8	0,855	0,848	3,4	9,5	-0,2 ± 9,5

Dados: média ± desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; CCI = coeficiente de correlação intraclass; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre a PAS, PAD e PAM avaliados pela forma de cálculo II não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Essas respostas apresentaram CCI $> 0,848$ para a PAS e PAM e de 0,680 para a PAD. Com relação aos parâmetros de concordância, o ET foi $\leq 4,0$ mmHg, o MDD $\leq 11,1$ mmHg e o LC $\leq -0,1 \pm 11,1$ mmHg.

A tabela 19 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo II.

Tabela 19 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo II.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
DC (l/min)	30	-0,053 ± 0,879	0,106 ± 0,616	0,375	0,318	0,683	1,894	-0,159 ± 1,894
RVP (U)	30	-1,9 ± 5,0	-2,4 ± 4,1	0,619	0,409	3,9	10,8	0,5 ± 10,8
FC (bpm)	30	6,6 ± 4,9	6,7 ± 6,7	0,979	0,450	4,9	13,7	0,0 ± 13,7
VS (ml)	30	-8,2 ± 14,2	-6,5 ± 12,5	0,522	0,534	10,7	29,6	-1,8 ± 29,6

Dados: média ± desvio padrão. DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo II não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, exceto pelo DC (CCI = 0,318), os CCI dos demais parâmetros variaram de 0,409 a 0,534. Com relação aos parâmetros de concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

A tabela 20 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo II.

Tabela 20 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo II.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs ou rel
$\ln VT_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,13 \pm 0,92$	$-0,22 \pm 0,87$	0,731	-0,329	0,95	2,64	$1,09 */\div 14,07$
$\ln BF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$0,13 \pm 1,07$	$0,15 \pm 1,27$	0,935	0,325	1,06	2,93	$0,98 */\div 18,64$
$\ln AF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,48 \pm 0,99$	$-0,52 \pm 0,94$	0,897	-0,469	1,05	2,92	$1,04 */\div 18,60$
BF_{R-R} (un)	30	$11,2 \pm 19,3$	$11,3 \pm 19,5$	0,974	0,648	14,0	38,8	$-0,1 \pm 38,8$
AF_{R-R} (un)	30	$-11,0 \pm 18,7$	$-14,0 \pm 19,6$	0,445	0,570	14,8	41,1	$3,0 \pm 41,1$
$\ln BF / AF$	30	$0,61 \pm 0,94$	$0,66 \pm 1,03$	0,767	0,605	0,74	2,05	$0,94 */\div 7,77$
$\ln VT_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	29	$0,15 \pm 0,67$	$0,07 \pm 0,83$	0,636	0,475	0,63	1,74	$1,08 */\div 5,71$
$\ln BF_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	28	$0,10 \pm 1,17$	$0,54 \pm 0,98$	0,155	-0,244	1,13	3,14	$0,64 */\div 23,13$
$\ln SBR$ ($\ln mmHg/bpm$)	25	$-0,20 \pm 0,56$	$-0,17 \pm 0,43$	0,792	0,079	0,49	1,35	$0,96 */\div 3,86$

Dados: média $\pm$ desvio padrão. $\ln$ = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos; LC rel = limites de concordância relativos.

Pode-se observar que dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo II não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, os valores de CCI variaram de -0,469 a 0,325 para os parâmetros absolutos da variabilidade da FC e de 0,570 a 0,648 para os parâmetros relativos da variabilidade da FC, o CCI variou de -0,244 a 0,475 para os parâmetros de variabilidade da PA e, para a SBR, foi de 0,079. Com relação à concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

5.4.5 Reprodutibilidade do efeito do exercício avaliado pela forma de cálculo III

A tabela 21 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a PA avaliada pela forma de cálculo III.

Tabela 21 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo III.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
PAS (mmHg)	30	-10,9 ± 9,4	-12,1 ± 8,7	0,367	0,838	4,8	13,3	1,1 ± 13,3
PAD (mmHg)	30	-5,2 ± 5,5	-6,6 ± 6,3	0,306	0,287	5,4	14,9	1,4 ± 14,9
PAM (mmHg)	30	-7,1 ± 6,2	-8,5 ± 5,7	0,277	0,547	4,7	13,0	1,3 ± 13,0

Dados: média ± desvio padrão. PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre a PAS, a PAD e a PAM avaliados pela forma de cálculo III não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, a PAS apresentou CCI = 0,838, a PAM = 0,547 e a PAD = 0,287. Com relação aos parâmetros de concordância, o ET foi $\leq 5,4$ mmHg, a MDD $\leq 14,9$ mmHg e os LC $\leq 1,4 \pm 14,9$ mmHg.

A tabela 22 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo III.

Tabela 22 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo III.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs
DC (l/min)	30	-0,114 ± 1,031	-0,159 ± 0,827	0,831	0,369	0,822	2,278	0,046 ± 2,278
RVP (U)	30	-1,6 ± 5,3	-1,4 ± 4,2	0,865	0,288	4,4	12,1	-0,2 ± 12,1
FC (bpm)	30	5,9 ± 6,6	8,2 ± 4,4	0,100	0,236	5,2	14,5	-2,3 ± 14,5
VS (ml)	30	-8,7 ± 19,5	-11,6 ± 14,7	0,426	0,471	14,3	39,7	3,0 ± 39,7

Dados: média ± desvio padrão. DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo III não apresentaram erro sistemático

($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, exceto pelo VS ($CCI = 0,471$), nas demais variáveis, os CCIs variaram entre 0,236 e 0,369. Com relação à concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

A tabela 23 demonstra os valores médios e os parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo III.

Tabela 23 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo III.

Variável	N	Teste	Reteste	Valor de P	CCI	ET	MDD	LC abs ou rel
$\ln VT_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,23 \pm 1,00$	$-0,22 \pm 0,90$	0,967	0,350	0,84	2,33	0,99 */÷ 10,32
$\ln BF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,03 \pm 1,33$	$0,04 \pm 1,41$	0,810	0,454	1,15	3,19	0,93 */÷ 24,38
$\ln AF_{R-R}$ ($\ln ms^2$)	30	$-0,69 \pm 1,17$	$-0,78 \pm 0,91$	0,737	0,108	1,02	2,83	1,09 */÷ 16,90
BF_{R-R} (un)	30	$11,5 \pm 29,0$	$13,7 \pm 22,7$	0,662	0,631	19,1	53,0	$-2,2 \pm 53,0$
AF_{R-R} (un)	30	$-11,8 \pm 26,1$	$-16,4 \pm 21,3$	0,344	0,579	18,4	50,9	$4,6 \pm 50,9$
$\ln BF / AF$	30	$0,66 \pm 1,47$	$0,83 \pm 1,19$	0,597	0,371	1,18	3,26	0,85 */÷ 26,12
$\ln VT_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	29	$0,08 \pm 0,76$	$-0,01 \pm 1,02$	0,668	0,282	0,82	2,28	1,10 */÷ 9,75
$\ln BF_{PAS}$ ($\ln mmHg^2$)	27	$0,07 \pm 1,64$	$0,71 \pm 1,10$	0,123	-0,236	1,47	4,07	0,53 */÷ 58,68
$\ln SBR$ ($\ln mmHg/bpm$)	25	$-0,26 \pm 0,71$	$-0,23 \pm 0,42$	0,844	0,244	0,54	1,503	0,97 */÷ 4,49

Dados: média $\pm$ desvio padrão. $\ln$ = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa; CCI = coeficiente de correlação intraclasse; ET = erro típico; MDD = mínima diferença detectável; LC abs = limites de concordância absolutos; LC rel = limites de concordância relativos.

Pode-se observar que os efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo III não apresentaram erro sistemático ($p > 0,05$). Quanto à confiabilidade, os valores de CCI variaram de 0,108 a 0,454 para os parâmetros absolutos da variabilidade da FC e de 0,371 a 0,631 para os parâmetros relativos da variabilidade da FC, o CCI variou de -0,236 a 0,282 para os parâmetros de variabilidade da PA e, para a SBR, foi de 0,244. Com relação à

concordância, os valores de TE, MDD e LC variaram conforme a variável, como se verifica na tabela.

6 DISCUSSÃO

6.1 PRINCIPAIS ACHADOS

Os principais achados do presente estudo foram que, de modo geral:

- a) as medidas da PA e mecanismos hemodinâmicos realizadas em repouso sem exercício prévio apresentaram boa reprodutibilidade;
- b) as medidas dos mecanismos autonômicos realizadas em repouso sem exercício prévio apresentam reprodutibilidade boa a média dependendo da variável;
- c) a execução prévia do exercício físico não afetou a reprodutibilidade das medidas da PA e dos mecanismos hemodinâmicos de repouso, que continuaram apresentando boa reprodutibilidade;
- d) a execução prévia do exercício físico não afetou a reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos de repouso, que continuaram apresentando reprodutibilidade boa a média dependendo da variável;
- e) a HPE avaliada pelas 3 formas de cálculo apresentou reprodutibilidade boa para a HPE sistólica e média para as HPEs diastólica e média.
- f) as respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo apresentaram reprodutibilidade média.
- g) as respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício avaliada pelas 3 formas de cálculo apresentaram reprodutibilidade ruim a média.

6.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

A amostra selecionada foi constituída por indivíduos de ambos os sexos, compreendendo uma ampla faixa etária, que possuíam diferentes níveis de PA, IMC, tempo gasto em atividades físicas e potência aeróbia, com e sem o uso de medicação anti-hipertensiva e com diferentes fatores de risco cardiovascular. Optou-se por selecionar uma amostra abrangente devido ao fato da HPE ter sido estudada em populações com diferentes características (CARDOSO et al., 2010; GOMES

ANUNCIAÇÃO; DOEDERLEIN POLITO, 2011; KENNEY; SEALS, 1993; MACDONALD et al., 2002; PESCATELLO et al., 2004) e por este ser o primeiro estudo a abordar a reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos. Dessa forma, essa escolha se deu para atingir resultados com maior poder de extrapolação e não restritos a uma população específica.

Por se tratar de um estudo de reprodutibilidade, buscou-se realizar todas as sessões experimentais nas mesmas condições. Nesse sentido, as sessões experimentais foram realizadas pelo mesmo avaliador, que foi previamente treinado para todas as medidas, no mesmo laboratório, com a temperatura controlada e utilizando os mesmos instrumentos de medida. Apesar das sessões terem sido realizadas pela manhã, à tarde e à noite para garantir uma maior possibilidade de extrapolação dos resultados da reprodutibilidade; as sessões de um mesmo indivíduo foram sempre realizadas no mesmo horário para evitar a inclusão de variabilidade decorrente de variações do ritmo circadiano (GRASSI et al., 2010). Por fim, os indivíduos foram orientados a manter os mesmos hábitos de atividade física, de alimentação, de sono e de uso de medicamentos antes das sessões experimentais, para que chegassem ao laboratório em condições semelhantes nas diferentes sessões experimentais, evitando-se também esse tipo de variação. Ressalta-se que a manutenção do horário do dia das sessões e das condições pré e durante a experimentação são medidas usualmente tomadas nos estudos relacionados à HPE, de modo que o controle dessas possíveis influências não reduziu a aplicabilidade dos resultados desse estudo.

A intensidade do exercício executado nas sessões experimentais foi determinada através da regressão linear entre a potência e o VO_2 obtidos no teste ergoespirométrico, calculando-se a potência necessária para se obter 50% do $\text{VO}_{2\text{PICO}}$. Essa potência foi utilizada nas duas sessões experimentais e a intensidade realizada foi checada pela medida direta do VO_2 durante essas sessões. Como esperado, em ambas as sessões, a intensidade do exercício foi semelhante à desejada ($52 \pm 8 \%$ do $\text{VO}_{2\text{PICO}}$) e foi semelhante entre o exercício realizado no teste e no reteste, demonstrando que uma diferença de intensidade não pode ter influenciado os resultados obtidos, uma vez que diferentes intensidades de exercício podem afetar as características da HPE (BLANCHARD et al., 2006; FORJAZ et al., 2004; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987).

Outro procedimento importante deste estudo foi a realização de medidas de PA nas visitas preliminares, tendo em vista que os valores de PA tendem a ser maiores nas primeiras medidas que na subsequentes (BOVET et al., 2003). Portanto, esse procedimento foi importante para os indivíduos estivessem familiarizados com a medida da PA e os níveis de PA estivessem estabilizados já na primeira sessão experimental.

Por fim, é importante destacar que a ordem de execução das sessões experimentais dentro de cada bloco (teste e reteste) foi aleatorizada para evitar uma possível influência da adaptação ao processo de testagem (THOMAS; NELSON, 1996).

Diante do exposto, fica evidente que uma série de cuidados metodológicos foi adotada com o intuito de controlar possíveis variáveis que poderiam aumentar a variabilidade das medidas, influenciando sua reprodutibilidade. Essas medidas, que também são tomadas nos estudos sobre a HPE e seus mecanismos, permitiram a execução das sessões experimentais em condições semelhantes, o que é fundamental em um estudo de reprodutibilidade.

6.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS AO EXERCÍCIO

Embora o enfoque da presente dissertação seja determinar o grau de reprodutibilidade da HPE e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos, numa primeira etapa de análise dos dados, foi investigado o efeito do exercício na PA e nas variáveis hemodinâmicas e autonômicas estudadas para verificar se as respostas obtidas eram condizentes com o que se observa na literatura. A tabela 24 sumariza essas respostas ao exercício físico. Como as respostas foram as mesmas no teste e no reteste, elas são apresentadas sem a separação em teste e reteste.

Tabela 24 - Sumário das respostas da pressão arterial e dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos ao exercício no teste e reteste.

TESTE e RETESTE					
	No momento Pré intervenção	Ao longo da sessão CONTROLE	Ao longo da sessão EXERCÍCIO	No momento Pós intervenção	Efeito do Exercício
PAS	E=C	↑	↓	E<C	Reduz
PAM	E=C	↑	→	E<C	Reduz
PAD	E=C	↑	→	E<C	Reduz
DC	E=C	↓	↓	E=C	Não muda
RVP	E=C	↑	↑	E=C	Não muda
FC	E=C	↓	→	E>C	Aumenta
VS	E=C	→	↓	E<C	Reduz
VT _{R-R}	E=C	↑	↑	E=C	Não muda
BF _{R-R}	E=C	→	↑	E>C	Aumenta
AF _{R-R}	E=C	→	↓	E<C	Reduz
BF / AF	E=C	→	↑	E>C	Aumenta
BF _{PAS}	E=C	→	↑	E>C	Aumenta
SBR	E=C	↑	→	E<C	Reduz

E = exercício; C = controle; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade da frequência cardíaca; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade da frequência cardíaca; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade da frequência cardíaca; BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa.

Primeiramente, como as respostas de PA e de todos os mecanismos hemodinâmicos e autonômicos estudados foram iguais nos blocos teste e reteste é possível concluir que as respostas médias do comportamento dessas variáveis após o exercício foram reproduzíveis do teste para o reteste.

No presente estudo, o exercício proposto apresentou efeito hipotensor significativo, promovendo a HPE. Esse efeito foi demonstrado através da interação significativa entre os fatores sessão e período na ANOVA de 2 fatores tanto para a PAS quanto para a PAM e a PAD. É importante ressaltar que o efeito hipotensor foi identificado no presente estudo para a PAS por sua redução na sessão de exercício, o que não ocorreu na sessão controle, enquanto que o efeito hipotensor sobre a PAM e PAD se deveu ao fato do exercício prévio ter impedido o aumento dessas pressões que foi observado na sessão controle.

É interessante observar que o efeito hipotensor do exercício sobre a PAD somente pôde ser demonstrado ao se considerar o comportamento da PAD na sessão controle, o que possui importantes implicações metodológicas. Nesse sentido, alguns

estudos (COSTA et al., 2016; HARVEY et al., 2005; HEFFERNAN et al., 2007) que avaliaram a HPE somente através da comparação entre os valores pós e pré-exercício (cálculo I) e não constataram a ocorrência de HPE, poderiam ter resultados diferentes se tivessem incluído uma sessão controle, pois esses estudos não consideraram que a PA pode aumentar ao longo do tempo. De fato, assim como na presente investigação, outros estudos também verificaram aumento da PA ao longo de sessões controle, especialmente quando essas sessões são realizadas pela manhã e/ou na posição sentada (DE BRITO et al., 2015; FORJAZ et al., 1998b; LACOMBE et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2011). Esse aumento da PA numa sessão controle pode ser explicado pelo aumento circadiano da PA quando realizada pela manhã (MILLAR-CRAIG; BISHOP; RAFTERY, 1978) e pelo estresse ortostático promovido pela posição sentada, que gera redução do retorno venoso, desativação do reflexo cardiopulmonar e aumento da RVP, aumentando a PA (GOTSHALL; ATEN; YUMIKURA, 1994). Nessas situações, o efeito hipotensor do exercício pode ser caracterizado por uma atenuação do aumento da PA observado na sessão controle, o que somente pode ser avaliado através de cálculos considerando a sessão controle, como as formas de cálculo II e III.

Esse estudo envolveu indivíduos normotensos, pré-hipertensos e hipertensos e, como relatado anteriormente, a ocorrência da HPE após uma única sessão de exercício aeróbico já está bem estabelecida em todas essas populações (ANGADI; BHAMMAR; GAESSER, 2015; APRILE et al., 2016; AZEVÊDO et al., 2017; BONSU; TERBLANCHE, 2016; CARVALHO et al., 2015; CLÉROUX et al., 1992; COSTA et al., 2016; CUNHA et al., 2016; DANTAS et al., 2017; DE BRITO et al., 2015; DUJIC et al., 2006; FLORAS et al., 1989; FORJAZ et al., 1998a, 1998b, 2004; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; HEFFERNAN et al., 2007; JONES et al., 2007, 2008; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LEHMKUHL et al., 2005; LIU et al., 2012; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999, 2000; RONDON et al., 2002; RUECKERT et al., 1996; SANTAELLA et al., 2006; SENITKO; CHARKOUDIAN; HALLIWILL, 2002; SOMERS et al., 1991; SOUZA et al., 2016; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2011; WALLACE et al., 1997; WILCOX et al., 1982), de modo que os resultados encontrados vão ao encontro da literatura. Além disso, com

relação à magnitude da HPE, uma recente metanálise (CARPIO-RIVERA et al., 2016) avaliou a HPE pela forma de cálculo I e reportou redução significativa de $-4,8 / 3,2$ mmHg para PAS / PAD. Resultados similares foram observados pelo presente estudo para PAS (teste: $-4,6$ mmHg; reteste: $-5,1$ mmHg), enquanto que para PAD não houve HPE significativa ao utilizar essa forma de cálculo, o que já foi abordado na presente discussão.

Com relação aos mecanismos hemodinâmicos da HPE, como não ocorreu interação significativa na ANOVA é possível afirmar que o DC diminuiu e a RVP aumentou similarmente após as duas sessões, exercício e controle, demonstrando que o exercício não modificou esses mecanismos na amostra como um todo. Na maioria dos estudos da literatura, a redução da RVP é considerada como o principal mecanismo hemodinâmico da HPE, porém, em algumas condições específicas como em indivíduos com hipertensão arterial, sobrepeso e idade avançada, além de protocolos de recuperação na posição sentada, a queda do DC se apresenta como o principal mecanismo (BRITO; QUEIROZ; FORJAZ, 2014). Dessa forma, como a presente amostra foi abrangente, incluindo indivíduos hipertensos e obesos, além de normotensos e normoponderais, e a recuperação foi conduzida na posição sentada, provavelmente parte dos indivíduos apresentou redução do DC e outra parte da RVP, explicando a diminuição da PA na amostra quando considerada como um todo, sem a diminuição específica de nenhum desses mecanismos. De fato, alguns estudos anteriores já reportaram redução da PA pós-exercício sem um mecanismos comum na amostra total, ou seja, com parte dos indivíduos apresentando redução do DC e outra parte da RVP (FORJAZ et al., 2004; HAMER; BOUTCHER, 2006). É importante destacar, novamente, que se o comportamento dessas variáveis fosse analisado somente pela comparação dos valores pós e pré-exercício (cálculo I), se concluiria que a redução do DC foi o principal mecanismo da HPE e que a exercício prévio havia aumentando a RVP, o que não se sustenta ao se considerar a resposta obtida na sessão controle, em que essas variáveis tiveram o mesmo comportamento que após o exercício, mesmo sem a realização desse exercício. Portanto, as diferentes formas de cálculo utilizadas nos estudos da HPE também podem levar a diferentes interpretações sobre os mecanismos da HPE.

Embora no presente estudo, o comportamento do DC tenha sido semelhante após as sessões de exercício e controle, os seus mecanismos diferiram entre essas

condições. Assim, o VS diminuiu após o exercício e não se alterou na sessão controle. De fato, a HPE geralmente se acompanha de diminuição do VS, o que tem sido atribuído à diminuição da pré-carga (ARAUJO, 2007; CLÉROUX et al., 1992; CUCATO et al., 2015; DE BRITO et al., 2015; DUJÍĆ et al., 2006; FORJAZ et al., 2004; HAGBERG; MONTAIN; MARTIN, 1987; HAMER; BOUTCHER, 2006; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; RONDON et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2011). Em contrapartida, a FC não se modificou na sessão de exercício, mas diminuiu na sessão controle, demonstrando um efeito do exercício prévio em aumentar a FC. De fato, o efeito do exercício aumentando a FC após a sua execução já está extensamente registrado na literatura (APRILE et al., 2016; ARAUJO, 2007; CAVALCANTE et al., 2016; CLÉROUX et al., 1992; CUCATO et al., 2015; CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; DUJÍĆ et al., 2006; FLORAS et al., 1989; FORJAZ et al., 1998b, 2004, 1998a; HAMER; BOUTCHER, 2006; HARVEY et al., 2005; HAYES; LUCAS; SHI, 2000; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002; LYNN; MINSON; HALLIWILL, 2009; RONDON et al., 2002; SOMERS et al., 1991; TAYLOR-TOLBERT et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2011; WILCOX et al., 1982).

O efeito do exercício sobre a FC pode ser explicado pelo aumento do balanço simpátovagal cardíaco, demonstrado no presente estudo pela interação significativa observada entre os fatores sessão e período na análise da razão BF/AF na ANOVA de 2 fatores. Essa razão aumentou ao longo da sessão de exercício e não se modificou na sessão controle, o que resultou do aumento da modulação simpática cardíaca e da redução da modulação parassimpática, representados pelas bandas de BF_{R-R} (un) e AF_{R-R} (un), respectivamente (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996). O aumento do balanço simpátovagal após uma sessão de exercício aeróbico também está bem documentado na literatura (CUNHA et al., 2016; DE BRITO et al., 2015; LACOMBE et al., 2011; LEGRAMANTE et al., 2002).

A modulação simpática vasomotora, representada pela BF_{PAS} (EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996) aumentou ao longo da sessão de exercício e se manteve na sessão controle, demonstrando um efeito do exercício de aumentar essa modulação. Poucos estudos (GOULOPOULOU; FERNHALL; KANALEY, 2009;

KAPPUS et al., 2015; NIEMELÄ et al., 2008) investigaram a modulação simpática vasomotora após o exercício aeróbico através da análise espectral e os resultados obtidos foram controversos, com a maioria não verificando nenhum efeito significativo (KAPPUS et al., 2015; NIEMELÄ et al., 2008). As diferenças do presente estudo podem se dever ao maior número de indivíduos presentes na amostra. É interessante observar, no entanto, que apesar do aumento da modulação simpática vasomotora na sessão de exercício e não na controle, a RVP não aumentou mais nessa sessão que na controle, o que pode estar relacionado com uma diminuição pós-exercício da resposta vasoconstritora à estimulação simpática como relatado por alguns autores (HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996).

Por fim, o exercício teve como efeito final, a diminuição da SBR, que aumentou na sessão controle e não se alterou na de exercício após as intervenções. Novamente, o efeito do exercício prévio reduzindo a SBR já foi amplamente demonstrado na literatura (HALLIWILL; TAYLOR; ECKBERG, 1996; HEFFERNAN et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; LIU et al., 2012).

Dessa forma, fica evidente que as respostas observadas nesse estudo em relação ao comportamento das variáveis fisiológicas analisadas estão de acordo com o corpo de conhecimentos existente na literatura sobre a HPE e seus mecanismos, destacando-se que essas respostas foram reproduzidas no teste e no reteste.

6.4 REPRODUTIBILIDADE

6.4.1 Reprodutibilidade das medidas pré e pós-exercício

A tabela 25 sumariza os resultados de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial e dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos pré-exercício.

Tabela 25 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial e dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos pré e pós-exercício

	Pré-Exercício			Pós-Exercício		
	Erro Sist	Conf	Conc ^a CV (%)	Erro Sist	Conf	Conc ^a CV (%)
PAS	NÃO	ALTA	2,3	NÃO	ALTA	2,9
PAD	NÃO	ALTA	5,0	NÃO	ALTA	3,8
PAM	NÃO	ALTA	3,3	NÃO	ALTA	3,1
DC	NÃO	ALTA	8,9	NÃO	ALTA	10,6
RVP	NÃO	ALTA	12,7	NÃO	ALTA	12,1
FC	NÃO	ALTA	6,7	NÃO	ALTA	6,7
VS	NÃO	ALTA	11,1	NÃO	ALTA	9,8
ln VT _{R-R}	NÃO	ALTA	6,8	NÃO	ALTA	7,6
ln BF _{R-R}	NÃO	ALTA	12,3	NÃO	ALTA	9,9
ln AF _{R-R}	NÃO	ALTA	11,0	NÃO	ALTA	12,3
BF _{R-R} (un)	NÃO	MODERADA	21,9	NÃO	ALTA	11,7
AF _{R-R} (un)	NÃO	ALTA	31,0	NÃO	ALTA	32,1
ln BF / AF	NÃO	MODERADA	104,4	NÃO	ALTA	35,7
ln VT _{PAS}	NÃO	MODERADA	14,8	NÃO	ALTA	11,5
ln BF _{PAS}	NÃO	MODERADA	29,7	NÃO	MODERADA	32,4
ln SBR	NÃO	ALTA	15,3	NÃO	ALTA	15,7

Erro Sist = erro sistemático; Conf = confiabilidade; Conc = concordância; CV = coeficiente de variação; PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; ln = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa. ^a Resultados expressos como CV para permitir melhor comparação entre as medidas.

Para as medidas da PA em repouso sem e com exercício prévio, não foi observado erro sistemático no presente estudo, demonstrando que as médias dessas variáveis são constantes em avaliações sucessivas. As medidas de PAS, PAD e PAM pré-exercício apresentaram confiabilidade alta e ET entre 2,8 mmHg e 4,1 mmHg, o que resultou em CVs variando de 2,3 a 5,0%, que podem ser interpretados como uma boa concordância, tendo em vista que, de uma forma geral, um CV < 20% é considerado como desejável (ROSNER, 2011). Esses resultados são similares aos normalmente reportados na literatura (REEVES; LEENEN; JOYNER, 1992; STERGIOU et al., 2002; WATTIGNEY et al., 1996). Porém, Bottini et al. (1992) observaram um maior erro para essas medidas (PAS: 13,4 mmHg; PAD: 9,6 mmHg). É importante ressaltar, no entanto, que o estudo de Bottini et al. (1992) foi realizado em um ambiente clínico, que possui menor controle de variáveis intervenientes e ainda que o estudo não incluiu medidas preliminares de PA para a adaptação dos

participantes a essa medida. Esses fatores podem explicar a menor concordância observada por esses autores.

De forma semelhante ao observado pré-exercício, as medidas de PAS, PAD e PAM pós-exercício também apresentaram alta confiabilidade e ET entre 2,9 e 3,3 mmHg, que representavam CVs entre 2,9 e 3,8%, indicando também boa concordância. Comparando-se esses parâmetros pré e pós-exercício, observa-se que não houve alteração importante no grau de reprodutibilidade da medida da PA entre antes e após o exercício físico. Em acordo com esses achados, Lehmkuhl et al. (2005) também demonstraram confiabilidades semelhantes e altas para os parâmetros de PA ambulatorial medidos após o exercício aeróbico e o dia controle.

Dessa forma, esses resultados em conjunto sugerem que a reprodutibilidade das medidas de PA em repouso não se modifica após o exercício, tendo boa reprodutibilidade (sem erro sistemático, com alta confiabilidade e boa concordância) tanto pré quanto pós-exercício.

Com relação às medidas hemodinâmicas, elas também apresentaram médias semelhantes no teste e reteste tanto quando a medida foi realizada antes quanto depois do exercício (ausência de erro sistemático), demonstrando consistência dos valores médios. Considerando-se a medida do DC em repouso pré-exercício, o presente estudo observou alta confiabilidade ($CCI = 0,923$) e ET de 0,451 l/min, que representou um CV de 8,9%. Resultados similares foram encontrados por Cade, Nabar e Keyser (2004), que também demonstraram alta confiabilidade ($CCI = 0,81$) e Nugent et al. (1994) que observaram CV de 9,1% para essa medida. Com relação à FC, o presente estudo observou alta confiabilidade ($CCI = 0,831$) e ET de 4,5 bpm, que representa CV de 6,7%. Estudos prévios (LEICHT; ALLEN, 2008; MARKS; LGHFOOT, 1999) reportaram resultados similares de confiabilidade ($CCI = 0,85 - 0,86$) e concordância ($CV = 6,0 \%$). As demais medidas hemodinâmicas, que derivaram das medidas de PA, DC e FC, ou seja, RVP e VS também apresentaram alta confiabilidade ($CCI \geq 0,812$) e boa concordância ($CV \leq 12,7\%$).

Uma das novidades do presente estudo foi a avaliação da reprodutibilidade dos parâmetros hemodinâmicos após o exercício, o que pelo nosso conhecimento, ainda não havia sido investigado, com exceção da FC. O presente estudo demonstrou que a medida do DC pós-exercício possui resultados de reprodutibilidade ($CCI = 0,868$,

ET = 0,468 l/min e CV = 10,6%) semelhantes ao pré-exercício, demonstrando também alta confiabilidade e boa concordância. Da mesma forma, a medida da FC pós-exercício (CCI = 0,842, ET = 4,5 bpm e CV = 6,7%) apresentou resultados semelhantes aos observados antes do exercício e similares aos de Dupuy et al. (2012) (CCI = 0,86, TE = 4,3 bpm e CV = 7,4 %) que também avaliaram a reprodutibilidade da FC após exercício submáximo. Em concordância com os achados para as variáveis anteriores, as medidas das variáveis derivadas, RVP e VS também apresentaram resultados semelhantes de reprodutibilidade antes e após o exercício (CCI = 0,827; CV ≤ 12,1%).

Dessa forma, esses resultados em conjunto sugerem que a reprodutibilidade das medidas dos parâmetros hemodinâmicos sistêmicos em repouso não se modifica após o exercício, sendo considerada boa (sem erro sistemático, com alta confiabilidade e boa concordância) tanto pré quanto pós-exercício.

Considerando as medidas autonômicas em repouso sem e com exercício prévio, também não foi observado erro sistemático no presente estudo. As variáveis relacionadas à VFC medidas em repouso pré-exercício apresentaram confiabilidade moderada a alta (CCI ≥ 0,737), o que já foi reportado previamente em outros estudos (CIPRYAN; LITSCHMANNOVA, 2013; MARKS; LGHFOOT, 1999; PINNA et al., 2007). Destaca-se que a transformação dessas variáveis pelo log ou em unidades normalizadas contribui para uma redução da variabilidade desses índices (ELLIS et al., 2008). Com relação à concordância, considerando-se o ET de cada variável em relação aos respectivos valores médios, ou seja, o CV, houve resultados discrepantes entre os diferentes índices de VFC, com piores concordâncias sendo observadas para a razão BF/AF (104,4%), a banda de AF_{R-R} (un) (31,0%) e de BF_{R-R} (un) (21,9%) e boas concordâncias verificadas para a banda de $\ln BF_{R-R}$ (12,3%), a banda de $\ln AF_{R-R}$ (11,0%) e o $\ln VT_{R-R}$ (6,8%), o que também já foi reportado previamente (AL HADDAD et al., 2011; PONIKOWSKI et al., 1996). Destaca-se, no entanto, que um estudo anterior (PINNA et al., 2007) demonstrou valores de ET ligeiramente inferiores aos do presente estudo ao avaliar indivíduos saudáveis, que não estavam em uso de medicação e não possuíam doenças crônicas ou agudas. O presente estudo observou ainda moderada confiabilidade para VPA ($\ln VT_{PAS}$: CCI = 0,694 e $\ln BF_{PAS}$: CCI = 0,672) e alta para a SBR (CCI = 0,871), com resultados parecidos tendo sido reportados por outros estudos (MAESTRI et al., 2009; ZÖLLEI et al., 2007).

Considerando-se as medidas autonômicas pós-exercício, elas de maneira geral apresentaram confiabilidade alta e os erros de medida determinados pelos parâmetros de concordância não aumentaram em comparação aos valores pré-exercício. Da mesma forma, Al Haddad et al. (2011) também avaliaram a reprodutibilidade de índices de variabilidade da FC antes e após um exercício submáximo e não observaram maior erro de medida após o exercício. Curiosamente, no presente estudo, a execução do exercício parece ter influenciado positivamente a reprodutibilidade dos índices relacionados à modulação simpática cardíaca [$\ln BF_{R-R}$, $BF_{R-R} (un)$ e $\ln BF / AF$], com essas medidas apresentando melhor confiabilidade e concordância após o exercício. Os resultados do presente estudo demonstraram ainda que a execução do exercício físico aumentou o CCI da $\ln VT_{PAS}$ e não mudou a reprodutibilidade da medida de SBR.

Dessa forma, esses resultados em conjunto sugerem que de uma forma geral, a reprodutibilidade das medidas de modulação autonômica cardiovascular em repouso não se modifica após o exercício, apresentando, tanto pré como pós-exercício, boa a média reprodutibilidade dependendo da variável analisada, ou seja, boa reprodutibilidade (sem erro sistemático, com alta confiabilidade e boa concordância) para as variáveis $\ln VT_{R-R}$, $\ln BF_{R-R}$, $\ln AF_{R-R}$ e SBR e reprodutibilidade média (sem erro sistemático, com moderada confiabilidade e/ou média concordância) para as variáveis $BF_{R-R} (un)$, $AF_{R-R} (un)$, $\ln BF/AF$, $\ln VT_{PAS}$ e $\ln BF_{PAS}$.

Diante do exposto, é possível concluir que a execução do exercício físico não comprometeu a reprodutibilidade das medidas de PA, parâmetros hemodinâmicos e de modulação autonômica cardiovascular. Desse modo, tanto antes quanto após o exercício, as medidas de PA e parâmetros hemodinâmicos apresentam boa reprodutibilidade, caracterizada por ausência de erro sistemático, alta confiabilidade e boa concordância. Por outro lado, os parâmetros de modulação autonômica cardiovascular também apresentam ausência de erro sistemático, alta a moderada confiabilidade e concordância variável de acordo com o parâmetro.

6.4.2 Reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício

Respondendo ao objetivo principal da presente dissertação, a tabela 26 sumariza os resultados de reprodutibilidade da HPE avaliada pelas 3 formas de cálculo.

Tabela 26 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício avaliada pelas 3 formas de cálculo

	Forma de cálculo	Erro Sistemático	Confiabilidade	Concordância ET
PAS (mmHg)	I	NÃO	ALTA	2,9
	II	NÃO	ALTA	3,9
	III	NÃO	ALTA	4,8
PAD (mmHg)	I	NÃO	BAIXA	3,5
	II	NÃO	MODERADA	4,0
	III	NÃO	BAIXA	5,4
PAM (mmHg)	I	NÃO	BAIXA	2,9
	II	NÃO	ALTA	3,4
	I	NÃO	MODERADA	4,7

PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média; ET = erro típico.

Primeiramente, a ausência de diferenças significantes entre os valores médios obtidos no teste e no reteste para as 3 formas de cálculo da HPE em relação à PAS, PAD e PAM demonstra que esse fenômeno é reprodutível em relação à resposta média. Essa resposta está de acordo com a semelhança de resultados observada nas análises do comportamento da PA nas sessões experimentais do teste e do reteste pela ANOVA de 2 fatores.

Considerando-se a confiabilidade, ela foi alta para a HPE sistólica nas 3 formas de cálculo ($CCIs \geq 0,771$), mas foi moderada a baixa para a HPE diastólica e, consequentemente, variou de alta a baixa para HPE média, demonstrando assim, melhor confiabilidade para a PAS que para as demais pressões. De fato, um estudo prévio (FONKOUÉ; CARTER, 2015) que avaliou a reprodutibilidade da resposta da PA a outros testes de estresse, como o estresse mental e o teste de pressão ao frio, também demonstrou confiabilidade baixa para a PAD e a PAM, mas os resultados foram piores que os observados no presente estudo para a PAS. Os achados do

presente estudo demonstraram também que o grau de confiabilidade foi influenciando pela forma de cálculo, com melhores resultados obtidos para a forma de cálculo II que a I e III para PAD e PAM.

Esses resultados podem ter importantes implicações, uma vez que o grau de confiabilidade determina a capacidade de distinguir os indivíduos entre si (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006). Portanto, uma alta confiabilidade permite a identificação mais precisa de indivíduos mais ou menos responsivos em termos da HPE. O conhecimento desses indivíduos permite identificar aqueles que mais se beneficiam de forma aguda com a redução da PA após um determinado protocolo de exercício e que, provavelmente, serão aqueles com melhor resposta hipotensora após um período de treinamento com esse protocolo, tendo em vista que a magnitude da HPE está associada com a redução crônica da PA após um período de treinamento físico (LIU et al., 2012). Por outro lado, aqueles identificados e classificados como menos responsivos demandarão a utilização de outras abordagens, como outros protocolos de exercício (outros tipos de exercício, outras intensidades, outras durações, etc). Além disso, a diferenciação dos indivíduos responsivos e não responsivos permite que ensaios clínicos explorem as características que diferenciam esses grupos. Considerando-se essas importantes implicações de distinguir os indivíduos entre si, os resultados da presente dissertação demonstram que para esse objetivo, a HPE sistólica possui capacidade superior em comparação à HPE diastólica e média, e que para se obter maior confiabilidade na HPE diastólica e média, o método de cálculo II deve ser preferido.

Com relação aos parâmetros de concordância, os resultados variaram em função da PA analisada (PAS, PAM e PAD) e entre as 3 formas de cálculo. Sendo assim, o presente estudo foi pioneiro em determinar o ET e a MDD específicos da HPE sistólica, diastólica e média para cada forma de cálculo, o que também possui importantes implicações científicas e clínicas (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006; HOPKINS, 2000).

O ET é utilizado como parâmetro para estimar o tamanho amostral em ensaios clínicos (HOPKINS, 2000). Nesse sentido, para a estimativa do tamanho amostral necessário em estudos cujo objetivo é avaliar a ocorrência da HPE, o ET da medida de PA, como estimado no objetivo anterior deste estudo e em outros estudos prévios da literatura (BOTTINI et al., 1992; REEVES; LEENEN; JOYNER, 1992; STERGIOU

et al., 2002; WATTIGNEY et al., 1996), é o parâmetro adequado. Porém, esse ET da medida da PA não é adequado para o cálculo amostral de estudos que visam comparar a HPE em diferentes condições, como a comparação da HPE promovida por diferentes protocolos de exercício (com diferentes intensidades, contínuo e intervalado, entre outros) ou a HPE observada antes e após um período de treinamento. Para esse tipo de estimativa, o ET da HPE calculada com a forma de cálculo a ser empregada no estudo é que deve ser utilizado. Dessa forma, a presente dissertação contribui de forma importante para esse corpo de conhecimentos fornecendo esses ET. Como exemplo dessa aplicação, a tabela 27 demonstra o tamanho amostral necessário estimado de acordo com Hopkins (2000) (i.e. através da seguinte fórmula: $n = 8 \times TE^2 / d^2$, aonde n = tamanho amostral necessário e d = mínima diferença clinicamente importante) para estudos que pretendam avaliar a ocorrência da HPE usando o TE da medida da PA e aqueles que pretendem comparar a HPE em diferentes condições utilizando cada uma das formas de cálculo usadas na literatura e considerando $d = 2$ mmHg. Como se verifica, de uma forma geral, o número de indivíduos necessário é maior nos estudos que pretendem comparar a HPE em diferentes condições do que nos estudos que pretendem identificar a ocorrência da HPE. Além disso, o número de indivíduos necessário é diferente de acordo com forma de cálculo utilizada, sendo maior para a forma de cálculo III e menor para o cálculo I para todas as PAs (PAS, PAD e PAM). Por fim, o número de indivíduos necessário também varia de acordo com o desfecho, sendo maior para a PAD em comparação à PAS em todas formas de cálculo. Portanto, os estudos que visam comparar a HPE em diferentes condições devem considerar o ET específico da forma de cálculo empregada e do desfecho primário, e a ausência desse conhecimento talvez explique, em parte, porque vários estudos (FORJAZ et al., 1998b; JONES et al., 2007; LACOMBE et al., 2011; MACDONALD; MACDOUGALL; HOGBEN, 1999) que comparam a HPE entre diferentes protocolos não observam diferenças significantes.

Tabela 27 - Número de indivíduos necessário, segundo a formula proposta por Hopkins (2000), para a amostra de estudos que visem identificar a ocorrência da hipotensão pós-exercício (HPE) e comparar a HPE produzida em diferentes condições através das 3 formas de cálculo.

	Ocorrência da HPE	Comparação da HPE com o Cálculo I	Comparação da HPE com o Cálculo II	Comparação da HPE com o Cálculo III
PAS	16	17	30	46
PAD	34	25	32	58
PAM	22	17	23	44

PAS = pressão arterial sistólica; PAD = pressão arterial diastólica; PAM = pressão arterial média.

Considerando-se a MDD, como dito anteriormente, ela serve de parâmetro para assumir como real, a diferença observada em determinado desfecho entre 2 avaliações de um único indivíduo (DE VET et al., 2006). Portanto, a MDD específica para cada forma de cálculo da HPE determinada pelo presente estudo deve ser usada na prática clínica quando o objetivo for comparar a HPE obtida em diferentes ocasiões. Por exemplo, para se afirmar que a HPE produzida por diferentes protocolos (e.g. exercício contínuo vs exercício intervalado) em um indivíduo foi diferente, é necessário que a diferença entre as HPE produzidas pelos protocolos seja maior do que a MDD. Portanto, os resultados da presente dissertação poderão ser utilizados como parâmetros para determinar o melhor protocolo de exercício para gerar HPE em um determinado indivíduo. Esse protocolo, provavelmente, promoverá também maior efeito crônico após um período de treinamento, tendo em vista a relação positiva entre a resposta aguda e crônica da PA ao exercício (LIU et al., 2012).

Diante dos resultados encontrados, é possível concluir que a HPE calculada pelas 3 formas de cálculo utilizadas na literatura apresentou reprodutibilidade boa para a HPE sistólica e média para a PAD e PAM, pois não houve erro sistemático e a confiabilidade foi alta para a HPE sistólica, mas foi baixa a moderada para a HPE diastólica e, conseqüentemente, variou de baixa a alta para a HPE média. Além disso, os parâmetros de concordância variaram entre as diferentes PA (PAS, PAM e PAD) e entre as diferentes formas de cálculo (I, II e III).

6.4.3 Reprodutibilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício

A tabela 28 sumariza os resultados de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.

Tabela 28 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.

	Forma de cálculo	Erro Sistemático	Confiabilidade	Concordância ET
DC (l/min)	I	NÃO	MODERADA	0,577
	II	NÃO	BAIXA	0,683
	III	NÃO	BAIXA	0,822
RVP (U)	I	NÃO	MODERADA	3,2
	II	NÃO	MODERADA	3,9
	III	NÃO	BAIXA	4,4
FC (bpm)	I	NÃO	MODERADA	3,6
	II	NÃO	MODERADA	4,9
	III	NÃO	BAIXA	5,2
VS (ml)	I	NÃO	MODERADA	10,5
	II	NÃO	MODERADA	10,7
	III	NÃO	MODERADA	14,3

DC = débito cardíaco; RVP = resistência vascular periférica; FC = frequência cardíaca; VS = volume sistólico; ET = erro típico.

Da mesma forma que para a HPE, também não houve erros sistemáticos nas respostas dos mecanismos hemodinâmicos após o exercício independentemente da forma de cálculo, demonstrando que as respostas médias desses mecanismos pós-exercício são consistentes. Esse padrão observado também é consistente com avaliação das respostas fisiológicas desses mecanismos nas sessões experimentais obtidas pela ANOVA de dois fatores, que foram semelhantes entre teste e reteste.

A confiabilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício foi de baixa a moderada para o DC, a RVP e a FC, e foi moderada para o VS entre as 3 formas de cálculo. Porém, ao considerar apenas a forma de cálculo I, as respostas ao exercício de todas essas variáveis apresentaram confiabilidade moderada. Pelo nosso conhecimento, nenhum estudo havia avaliado a confiabilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício, embora alguns estudos tenham avaliado a reprodutibilidade dessas respostas a outros testes de estresse. Nesse

sentido, um estudo prévio (LIU et al., 2010) avaliou a confiabilidade das respostas do DC, RVP, FC e VS ao estresse mental e observou confiabilidade moderada a alta. Portanto, a presente dissertação demonstrou pela primeira vez que distinguir os indivíduos através das respostas dessas variáveis ao exercício pode ser uma tarefa desafiadora, indicando que a forma de cálculo I é a mais adequada para esse objetivo.

Os parâmetros de concordância das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício variaram entre as 3 formas de cálculo da HPE. Sendo assim, o presente estudo determinou o ET e a MDD específicos das respostas de cada variável hemodinâmica para cada forma de cálculo. Pelo nosso conhecimento, apenas um estudo prévio (HAINSWORTH; AL-SWMMMA, 1988) avaliou a concordância das respostas dos mecanismos hemodinâmicos a um estressor, a manobra de tilt, e relatou erro (2 x DPD) de 0,70 l/min para o DC e de 7,6 bpm para FC. Ressalta-se, entretanto, que se tratam de estímulos diferentes e que, pelo nosso conhecimento, nenhum estudo prévio havia avaliado a reprodutibilidade dessas respostas ao exercício físico.

Da mesma forma que para a HPE, o ET dessas respostas poderá ser utilizado para estimar o tamanho amostral necessário em ensaios clínicos (HOPKINS, 2000) destinados a comparar as respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício físico executado em diferentes condições (e.g. baixa vs alta intensidade, pré vs pós-treinamento, etc.), enquanto que para essa mesma comparação num indivíduo, a MDD específica de cada variável e com cada forma de cálculo poderá ser utilizada para determinar se uma condição promoveu realmente uma resposta superior a outra (DE VET et al., 2006).

Em síntese, as respostas dos mecanismos hemodinâmicos (DC, RVP, FC e VS) após o exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo da HPE apresentaram reprodutibilidade média, sem erro sistemático e com confiabilidade moderada a baixa. Além disso, os parâmetros de concordância variaram entre as diferentes variáveis e as diferentes formas de cálculo (I, II e III).

6.4.4 Reprodutibilidade das respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício

A tabela 29 sumariza os resultados de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.

Tabela 29 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.

	Forma de cálculo	ERRO SIST	CONF	CONC ET
ln VT _{R-R} (ms ²)	I	NÃO	BAIXA	0,57
	II	NÃO	BAIXA	0,95
	III	NÃO	BAIXA	0,84
ln BF _{R-R} (ms ²)	I	NÃO	MODERADA	0,80
	II	NÃO	BAIXA	1,06
	III	NÃO	MODERADA	1,15
ln AF _{R-R} (ms ²)	I	NÃO	MODERADA	0,54
	II	NÃO	BAIXA	1,05
	III	NÃO	BAIXA	1,02
BF _{R-R} (un)	I	NÃO	ALTA	12,6
	II	NÃO	MODERADA	14,0
	III	NÃO	MODERADA	19,1
AF _{R-R} (un)	I	NÃO	MODERADA	11,8
	II	NÃO	MODERADA	14,8
	III	NÃO	MODERADA	18,4
ln BF / AF	I	NÃO	MODERADA	0,66
	II	NÃO	MODERADA	0,74
	III	NÃO	BAIXA	1,18
ln VT _{PAS} (mmHg ²)	I	NÃO	BAIXA	0,53
	II	NÃO	MODERADA	0,63
	III	NÃO	BAIXA	0,82
ln BF _{PAS} (mmHg ²)	I	NÃO	BAIXA	1,06
	II	NÃO	BAIXA	1,13
	III	NÃO	BAIXA	1,47
ln SBR (mmHg/bpm)	I	NÃO	BAIXA	0,40
	II	NÃO	BAIXA	0,49
	III	NÃO	BAIXA	0,54

Erro Sist = erro sistemático; Conf = confiabilidade; Conc = concordância; ET = erro típico; ln = logaritmo natural; un = unidades normalizadas; VT_{R-R} = variância total do intervalo R-R; BF_{R-R} = banda de baixa frequência da variabilidade do intervalo R-R; AF_{R-R} = banda de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; BF/AF = razão entre as bandas de baixa e de alta frequência da variabilidade do intervalo R-R; VT_{PAS} = variância total da pressão arterial sistólica (PAS); BF_{PAS} = banda de baixa frequência da variabilidade da PAS; SBR = sensibilidade barorreflexa.

Conforme citado na revisão bibliográfica da presente dissertação, embora alguns estudos tenham investigado a reprodutibilidade das variáveis de modulação autonômica cardiovascular na situação de repouso antes e após o exercício (AL HADDAD et al., 2011), nenhum desses estudos avaliou a reprodutibilidade da resposta dessas variáveis ao exercício (determinada por valores em delta), de modo que esse é mais uma contribuição dessa dissertação para a evolução do conhecimento nessa área.

Reproduzindo a resposta observada nas variáveis discutidas anteriormente, as respostas dos mecanismos de modulação autonômica cardiovascular avaliadas pelas 3 formas de cálculo também não apresentaram erro sistemático, demonstrando que as respostas médias dessas variáveis ao exercício são consistentes, o que está de acordo com as respostas similares entre teste e reteste obtidas pela ANOVA de 2 fatores.

As respostas dos mecanismos de modulação autonômica cardiovascular ao exercício apresentaram resultados discrepantes de confiabilidade entre os diferentes índices de VFC. As respostas da BR_{R-R} e AF_{R-R} em unidades normalizadas apresentaram confiabilidades de moderada a alta entre as diferentes formas de cálculo, enquanto que as respostas da $\ln VT_{R-R}$, BR_{R-R} e AF_{R-R} em unidades absolutas e BF/AF apresentaram confiabilidades baixa a moderada. Para todas essas variáveis as confiabilidades observadas para a forma de cálculo I foi melhor ou semelhante às demais. Considerando-se as respostas das variáveis relacionadas à variabilidade da PA e a SBR, as confiabilidades foram baixas, de uma forma geral. Portanto, os resultados da presente dissertação indicam que para distinguir os indivíduos entre si através das respostas da modulação autonômica cardiovascular ao exercício, os índices normalizados de variabilidade da FC e a forma de cálculo I são mais adequados (ATKINSON; NEVILL, 1998; DE VET et al., 2006).

Os parâmetros de concordância dessas respostas também variaram entre as diferentes formas de cálculo, com menores valores de ET e MDD sendo sempre observados para a forma de cálculo I em comparação à II e, posteriormente, a III. Como discutido anteriormente, os parâmetros de concordância estabelecidos pelo presente estudo para as respostas da modulação autonômica cardiovascular ao exercício podem ser utilizados para o cálculo do tamanho amostral necessário em ensaios clínicos (HOPKINS, 2000) e da MDD (DE VET et al., 2006) na prática clínica

quando o objetivo nesses contextos for comparar as respostas autonômicas produzidas pelo exercício em diferentes condições (e.g. baixa vs alta intensidade, pré vs pós-treinamento, etc.).

Em síntese, as respostas dos mecanismos autonômicos após o exercício avaliados pelas 3 formas de cálculo da HPE apresentaram reprodutibilidade média a ruim, sem erro sistemático, porém com confiabilidade de baixa a moderada para todas variáveis, exceto para BF_{R-R} (un). Além disso, os parâmetros de concordância variaram entre as diferentes variáveis e as diferentes formas de cálculo (I, II e III).

6.4.5 Reprodutibilidade das respostas em geral

É interessante observar que em todas as variáveis analisadas nessa dissertação (PA, mecanismos hemodinâmicos e mecanismos autonômicos) e utilizando-se qualquer uma das formas de cálculo do efeito do exercício não foi identificada a presença de erro sistemático, demonstrando que a resposta média dessas variáveis após o exercício é consistente, o que também foi demonstrado na análise inicial que evidenciou que a ANOVA de 2 fatores revelou exatamente o mesmo comportamento de cada uma das variáveis no teste e no reteste.

Como esperado, a confiabilidade e concordância das respostas ao exercício foi diferente de uma variável para a outra, mas os valores observados em repouso pré-exercício foram semelhantes aos relatados na literatura, demonstrando que a presente investigação resultou em resultados condizentes com os conhecidos.

Considerando-se a confiabilidade, para a maioria das variáveis (exceto na PAD, PAM e $\ln VT_{PAS}$), ela foi superior ou semelhante na forma de cálculo I que na II e III, sugerindo que para se diferenciar indivíduos que respondem diferentemente ao exercício, essa forma de cálculo seja mais adequada.

Com relação à concordância, um aspecto interessante é que para todas as variáveis, o ET foi menor com a forma de cálculo I do que com a II e III, e foi menor com a II que com a III. Esse é um resultado esperado visto que a resposta calculada pela fórmula I é influenciada apenas pelas alterações intradia, uma vez que as medidas são feitas antes e após o exercício realizado no mesmo dia, enquanto que

as respostas avaliadas pela forma de cálculo II são influenciadas pela variação interdias, pois compara medidas em dias distintos, e a forma de cálculo III inclui ambas as variações, intradia e interdias. Nesse sentido, Cipryan & Litschmannova (2013) demonstraram maior confiabilidade e concordância das variáveis relacionadas à variabilidade da FC medidas em repouso entre avaliações realizadas no mesmo dia em comparação a avaliações realizadas em dias distintos, demonstrando que essas medidas apresentam maior variação interdias do que intradia. Esse aspecto, no entanto, não implica que uma forma de cálculo seja melhor ou pior que a outra para comparação dessas respostas ao exercício em diferentes ocasiões, apenas que como o ET é maior, o número de indivíduos necessário em um estudo e a MDD na prática clínica serão diferentes de acordo com a forma de cálculo empregada, devendo-se utilizar o ET e a MDD específicas para cada variável e para cada forma de cálculo.

É importante ressaltar, que outros aspectos além da reprodutibilidade, devem ser considerados para a escolha da forma de cálculo a ser empregada em um estudo, e a importância de cada aspecto irá depender do problema de pesquisa vigente. Nesse sentido, pode ser importante considerar a influência de um período controle e dos valores pré-intervenção, a praticidade da execução do protocolo, bem como a magnitude de efeito, entre outros aspectos.

6.5 LIMITAÇÕES

O presente trabalho possui algumas limitações. Devido ao fato da HPE ser um fenômeno estudado em populações com diferentes características e do presente estudo ser o primeiro a investigar a reprodutibilidade dessa resposta e de seus mecanismos, optou-se por incluir uma amostra abrangente, composta por indivíduos de ambos os sexos, com ampla faixa etária, com diferentes níveis de PA, IMC, tempo gasto em atividades físicas e potência aeróbia, em uso ou não de medicação anti-hipertensiva e com a ausência ou presença de diferentes fatores de risco cardiovascular. Como esses fatores podem influenciar diferentemente as reprodutibilidades analisadas, estudos futuros devem avaliar essas reprodutibilidades em populações específicas. As características do exercício também podem influenciar o grau de reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício, portanto,

os presentes achados não devem ser extrapolados para outros tipos de exercício (e.g. resistido dinâmico e isométrico), porém é razoável sugerir que resultados similares sejam observados com protocolos de exercício aeróbico similares ao do presente estudo. Por fim, o presente estudo avaliou apenas a reprodutibilidade da magnitude da HPE, de modo que a reprodutibilidade de sua duração ainda precisa ser determinada.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo objetivou determinar a reprodutibilidade (erro sistemático, confiabilidade e concordância) da HPE e de seus mecanismos avaliados por 3 diferentes formas de cálculo. Com base nos resultados, é possível concluir que:

A HPE e seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos avaliados pelas 3 formas de cálculo não apresentaram erro sistemático.

A HPE sistólica apresenta confiabilidade alta independentemente da forma de cálculo. A HPE diastólica apresenta confiabilidade baixa a moderada e a HPE média de alta a baixa, com melhores confiabilidades obtidas com a forma de cálculo II. As confiabilidades das respostas dos mecanismos hemodinâmicos após o exercício variam de baixa a moderada e dos mecanismos autonômicos de baixa a alta, sendo que para praticamente todos os mecanismos, as melhores confiabilidades são verificadas com a forma de cálculo I.

Os graus de concordância das respostas da HPE e de seus mecanismos hemodinâmicos e autonômicos variam de uma variável para a outra e de uma forma de cálculo para a outra, de modo que os ETs estabelecidos na presente dissertação para cada variável e forma de cálculo devem ser empregados para a estimativa do tamanho amostral necessário em estudos clínicos e para o cálculo da MDD na prática clínica quando o objetivo for comparar as respostas promovidas pelo exercício executado em diferentes condições.

REFERÊNCIAS

- AIRES, M. **Fisiologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- AL HADDAD, H. et al. Reliability of resting and postexercise heart rate measures. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 8, p. 598–605, 2011.
- ANGADI, S. S.; BHAMMAR, D. M.; GAESSER, G. A. Postexercise Hypotension After Continuous, Aerobic Interval, and Sprint Interval Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2888–2893, 2015.
- APRILE, D. C. B. et al. Post-Exercise Hypotension Is Mediated by a Decrease in Sympathetic Nerve Activity in Stages 2-3 CKD. **American Journal of Nephrology**, v. 43, n. 3, p. 206–212, 2016.
- ARAÚJO, E. **Respostas Hemodinâmicas e Autonômicas Pós-Exercício: Influência da Massa Muscular, da Intensidade Relativa e do Gasto Energético Total do Exercício**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.
- ATKINSON, G.; BATTERHAM, A. M. True and false interindividual differences in the physiological response to an intervention. **Experimental Physiology**, v. 100, n. 6, p. 577–588, 2015.
- ATKINSON, G.; NEVILL, A. Statistical Methods for Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. **Sports Medicine**, v. 26, n. 4, p. 217–238, 1998.
- AVOGARO, A.; DE KREUTZENBERG, S. V. Mechanisms of endothelial dysfunction in obesity. **Clinica Chimica Acta**, v. 360, n. 1–2, p. 9–26, 2005.
- AZEVEDO, L. M. et al. Fractionated Concurrent Exercise throughout the Day Does Not Promote Acute Blood Pressure Benefits in Hypertensive Middle-aged Women. **Frontiers in cardiovascular medicine**, v. 4, n. February, p. 6, 2017.
- BLANCHARD, B. E. et al. RAAS polymorphisms alter the acute blood pressure response to aerobic exercise among men with hypertension. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 1, p. 26–33, 2006.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **International Journal of Nursing Studies**, v. 47, n. 8, p. 931–936, 2010.
- BONSU, B.; TERBLANCHE, E. The training and detraining effect of high-intensity interval training on post-exercise hypotension in young overweight/obese women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 77–84, 2016.
- BOTTINI, B. et al. Variability and similarity of manual office and automated blood pressures. **Journal of clinical pharmacology**, v. 32, n. 7, p. 614–619, 1992.
- BOULLOSA, D. A. et al. Reliability of heart rate measures during walking before and after running maximal efforts. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 999–1005, 2014.

BOVET, P. et al. Assessing the prevalence of hypertension in populations: are we doing it right? **Journal of hypertension**, v. 21, n. 3, p. 509–17, 2003.

BRITO, L. C.; QUEIROZ, A. C. C.; FORJAZ, C. L. M. Influence of population and exercise protocol characteristics on hemodynamic determinants of post-aerobic exercise hypotension. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 47, n. 8, p. 626–636, 2014.

BRUTON, A.; CONWAY, J. H.; HOLGATE, S. T. Reliability: What is it, and how is it measured? **Physiotherapy**, v. 86, n. 2, p. 94–99, 2000.

CADE, W. T.; NABAR, S. R.; KEYSER, R. E. Reproducibility of the exponential rise technique of CO₂ rebreathing for measuring PvCO₂ and CvCO₂ to non-invasively estimate cardiac output during incremental, maximal treadmill exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 5–6, p. 669–676, 2004.

CARDOSO, C. G. et al. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. **Clinics (São Paulo, Brazil)**, v. 65, n. 3, p. 317–25, 2010.

CARPIO-RIVERA, E. et al. Acute Effects of Exercise on Blood Pressure: A Meta-Analytic Investigation. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 106, n. 5, p. 422–433, 2016.

CARVALHO, R. S. et al. Hypotensive response magnitude and duration in hypertensives: continuous and interval exercise. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 104, n. 3, p. 234–41, 2015.

CASONATTO, J.; POLITO, M. D. Hipotensão Pós-exercício Aeróbio: Uma Revisão Sistemática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 2, p. 151–157, 2008.

CAVALCANTE, B. R. et al. A Single Bout of Arm-crank Exercise Promotes Positive Emotions and Post-Exercise Hypotension in Patients with Symptomatic Peripheral Artery Disease. **European Journal of Vascular and Endovascular Surgery**, v. 53, n. 2, p. 223–228, 2016.

CHABRILLAT, Y. et al. Assessment of cardiac output by a non-invasive method. Estimation of partial pressure of CO₂ by rebreathing of expired gas. Comparison with thermodilution. **Archives des maladies du coeur et des vaisseaux**, v. 73, n. 1, p. 107–13, 1980.

CIPRYAN, L.; LITSCHMANNOVA, M. Intra-day and inter-day reliability of heart rate variability measurement. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 2, p. 150–158, 2013.

CLÉROUX, J. et al. Aftereffects of exercise on regional and systemic hemodynamics in hypertension. **Hypertension**, v. 19, n. 2, p. 183–91, 1992.

COLLIER, C. R. Determination of mixed venous CO₂ tensions by rebreathing. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 9, n. 1, p. 25–29, 1956.

CORNELISSEN, V.; SMART, N. Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of the American Heart Association**, v. 2, n. 1, p. e004473, 2013.

- COSTA, E. C. 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. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 13, p. 1038–1043, 2016.
- COULSON, M.; ARCHER, D. Health status testing. In:_____. **Practical Fitness Testing: Analysis in Exercise and Sport**. London: A&C Black Publishers Ltd, 2009.
- CUCATO, G. G. RIZZO et al. Post-walking exercise hypotension in patients with intermittent claudication. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 47, n. 3, p. 460–467, 2015.
- CUNHA, F. et al. Acute Hypotensive Response to Continuous and Accumulated Isocaloric Aerobic Bouts. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 11, p. 855–862, 2016.
- DA NOBREGA, A. C. The Subacute Effects of Exercise: Concept, Characteristics, and Clinical Implications. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 33, n. 2, p. 84–87, 2005.
- DANTAS, T. C. B. et al. A single session of low-volume high-intensity interval exercise reduces ambulatory blood pressure in normotensive males. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 8, p. 2263–2269, 2017.
- DE BRITO, L. et al. Post-exercise hypotension and its mechanisms differ after morning and evening exercise: A randomized crossover study. **PLoS ONE**, v. 10, n. 7, p. e0132458, 2015.
- DE VET, H. C. W. et al. When to use agreement versus reliability measures. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 59, n. 10, p. 1033–1039, 2006.
- DIMIER-DAVID, L. et al. Reproducibility of non-invasive measurement and of short-term variability of blood pressure and heart rate in healthy volunteers. **British journal of clinical pharmacology**, v. 38, n. 2, p. 109–115, 1994.
- DUJIĆ, Ž. et al. Postexercise hypotension in moderately trained athletes after maximal exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 2, p. 318–322, 2006.
- DUPUY, O. et al. Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 32, n. 4, p. 296–304, 2012.
- ELLIS, R. J. et al. Data transforms for spectral analyses of heart rate variability. **Biomedical Sciences Instrumentation**, v. 44, n. April, p. 392–397, 2008.
- EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY; NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354–381, 1996.
- FLORAS, J. S. et al. Postexercise hypotension and sympathoinhibition in borderline hypertensive men. **Hypertension**, v. 14, n. 1, p. 28–35, 1989.

FONKOUÉ, I. T.; CARTER, J. R. Sympathetic neural reactivity to mental stress in humans: test-retest reproducibility. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, v. 309, n. 11, p. R1380-6, 2015.

FORJAZ, C. L. et al. Effect of exercise duration on the magnitude and duration of post-exercise hypotension. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 70, n. 2, p. 99–104, 1998a.

FORJAZ, C. L. et al. Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. **Blood pressure monitoring**, v. 5, n. 5–6, p. 255–62, 2000.

FORJAZ, C. L. M. et al. Post-exercise changes in blood pressure, heart rate and rate pressure product at different exercise intensities in normotensive humans. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 31, n. 10, p. 1247–1255, 1998b.

FORJAZ, C. L. M. et al. Postexercise hypotension and hemodynamics: The role of exercise intensity. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, n. 1, p. 54–62, 2004.

GARDNER, R. M. Direct blood pressure measurement--dynamic response requirements. **Anesthesiology**, v. 54, n. 3, p. 227–236, 1981.

GOMES ANUNCIAÇÃO, P.; DOEDERLEIN POLITO, M. A review on post-exercise hypotension in hypertensive individuals. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 96, n. 5, p. e100–e109, 2011.

GOTSHALL, R. W.; ATEN, L. A.; YUMIKURA, S. Difference in the cardiovascular response to prolonged sitting in men and women. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 19, n. 2, p. 215–225, 1994.

GOULOPOULOU, S.; FERNHALL, B.; KANALEY, J. A. Hemodynamic responses and linear and non-linear dynamics of cardiovascular autonomic regulation following supramaximal exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 105, n. 4, p. 525–531, 2009.

GRASSI, G. et al. Diurnal blood pressure variation and sympathetic activity. **Hypertension Research**, v. 33, n. 5, p. 381–385, 2010.

HAGBERG, J. M. et al. Exercise training-induced blood pressure and plasma lipid improvements in hypertensives may be genotype dependent. **Hypertension**, v. 34, n. 1, p. 18–23, 1999.

HAGBERG, J. M.; MONTAIN, S. J.; MARTIN, W. H. Blood pressure and hemodynamic responses after exercise in older hypertensives. **Journal of Applied Physiology**, v. 63, n. 1, p. 270–276, 1987.

HAINSWORTH, R.; AL-SWMMMA, Y. Cardiovascular responses to upright tilting in healthy subjects. **Clinical science**, v. 74, n. 1, p. 17–22, 1988.

HALLIWILL, J. R. et al. Postexercise hypotension and sustained postexercise vasodilatation: what happens after we exercise? **Exp Physiol**, v. 981, n. 1, p. 7–18, 2013.

HALLIWILL, J. R.; TAYLOR, J. A.; ECKBERG, D. L. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. **The Journal of physiology**, v. 495 (Pt 1), p. 279–288, 1996.

HAMER, M.; BOUTCHER, S. H. Impact of moderate overweight and body composition on postexercise hemodynamic responses in healthy men. **Journal of human hypertension**, v. 20, n. 8, p. 612–617, 2006.

HARVEY, P. J. et al. Hemodynamic after-effects of acute dynamic exercise in sedentary normotensive postmenopausal women. **Journal of hypertension**, v. 23, n. 2, p. 285–92, 2005.

HAYES, P. M.; LUCAS, J. C.; SHI, X. Importance of post-exercise hypotension in plasma volume restoration. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 169, n. 2, p. 115–24, 2000.

HECKSTEDEN, A. et al. Individual response to exercise training - a statistical perspective. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 118, n. 12, p. 1450–1459, 2015.

HECKSTEDEN, A.; GRÜTTERS, T.; MEYER, T. Association between postexercise hypotension and long-term training-induced blood pressure reduction: a pilot study. **Clinical Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 58–63, 2013.

HEFFERNAN, K. S. et al. Arterial stiffness and baroreflex sensitivity following bouts of aerobic and resistance exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 3, p. 197–203, 2007.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1–15, 2000.

HOPKINS, W. G. Individual responses made easy. **Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 12, p. 1444–1446, 2015.

HUIKURI, H. V. et al. Reproducibility and circadian rhythm of heart rate variability in healthy subjects. **The American Journal of Cardiology**, v. 65, n. 5, p. 391–393, 1990.

IELLAMO, F. et al. Evaluation of reproducibility of spontaneous baroreflex sensitivity at rest and during laboratory tests. **Journal of hypertension**, v. 14, n. 9, p. 1099–104, 1996.

IMHOLZ, B. P. et al. Fifteen years experience with finger arterial pressure monitoring: assessment of the technology. **Cardiovascular research**, v. 38, n. 3, p. 605–616, 1998.

JONES, H. et al. Is the magnitude of acute post-exercise hypotension mediated by exercise intensity or total work done? **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 1, p. 33–40, 2007.

JONES, H. et al. The acute post-exercise response of blood pressure varies with time of day. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 3, p. 481–489, 2008.

JONES, N. et al. The estimation of carbon dioxide pressure of mixed venous blood during exercise. **Clinical Science**, v. 32, n. 2, p. 311–27, 1967.

KAPPUS, R. M. et al. Sex differences in autonomic function following maximal exercise. **Biology of sex differences**, v. 6, p. 28, 2015.

KENNEY, M. J.; SEALS, D. R. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance. **Hypertension (Dallas, Tex. : 1979)**, v. 22, n. 5, p. 653–664, 1993.

KIVINIEMI, A. M. et al. Acute post-exercise change in blood pressure and exercise training response in patients with coronary artery disease. **Frontiers in physiology**, v. 5, p. 526, 2014.

LACOMBE, S. P. et al. Interval and continuous exercise elicit equivalent postexercise hypotension in prehypertensive men, despite differences in regulation. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 36, n. 6, p. 881–891, 2011.

LAKATTA, E. G.; LEVY, D. Arterial and cardiac aging: Major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part I: Aging arteries: A “set up” for vascular disease. **Circulation**, v. 107, n. 1, p. 139–146, 2003.

LEGRAMANTE, J. M. et al. Hemodynamic and autonomic correlates of postexercise hypotension in patients with mild hypertension. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, v. 282, n. 4, p. R1037–R1043, 2002.

LEHMKUHL, L. A. A. et al. Reproducibility of postexercise ambulatory blood pressure in Stage I hypertension. **Journal of Human Hypertension**, v. 19, n. 8, p. 589–95, 2005.

LEICHT, A. S.; ALLEN, G. D. Moderate-term reproducibility of heart rate variability during rest and light to moderate exercise in children. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 41, n. 7, p. 627–633, 2008.

LIU, S. et al. Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 9, p. 1644–1652, 2012.

LIU, X. et al. The Reproducibility of Cardiovascular Response to a Mental Task. **Journal of physiological anthropology**, v. 29, n. 1, p. 35–41, 2010.

LUTTRELL, M. J.; HALLIWILL, J. R. Recovery from exercise: vulnerable state, window of opportunity, or crystal ball? **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 204, 2015.

LYNN, B. M.; MINSON, C. T.; HALLIWILL, J. R. Fluid replacement and heat stress during exercise alter post-exercise cardiac haemodynamics in endurance exercise-trained men. **The Journal of physiology**, v. 587(Pt 14), p. 3605–3617, 2009.

MACDONALD, J.; MACDOUGALL, J.; HOGBEN, C. The effects of exercise intensity on post exercise hypotension. **Journal of human hypertension**, v. 13, n. 8, p. 527–31, 1999.

MACDONALD, J. R. Potential causes, mechanisms, and implications of post exercise hypotension. **Journal of Human Hypertension**, v. 16, n. 4, p. 225–236, 2002.

MACDONALD, J. R. et al. Post exercise hypotension is not mediated by the serotonergic system in borderline hypertensive individuals. **Journal of human hypertension**, v. 16, n. 1, p. 33–39, 2002.

MACDONALD, J. R.; MACDOUGALL, J. D.; HOGBEN, C. D. The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. **Journal of Human Hypertension**, v. 14, n. 5, p. 317–320, 2000.

MACRAE, H. S.; ALLEN, P. J. Automated blood pressure measurement at rest and during exercise: evaluation of the motion tolerant CardioDyne NBP 2000. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 30, n. 2, p. 328–331, 1998.

MAESTRI, R. et al. Day-by-day variability of spontaneous baroreflex sensitivity measurements: implications for their reliability in clinical and research applications. **Journal of hypertension**, v. 27, n. 4, p. 806–12, 2009.

MALACHIAS, M. et al. 7ª Diretriz Brasileira de Hipertensão Arterial. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 107, n. 3 Supl 3, p. 1–83, 2016.

MARK, A. L.; MANCIA, G. Cardiopulmonary Baroreflexes in Humans. In: ROWELL, L.; SHEPHERD, J. (Eds.). . **Handbook of Physiology**. New York: Oxford, 1996. p. 795–813.

MARKS, B.; LGHFOOT, J. Reproducibility of resting heart rate variability with short sampling periods. **Canadian journal of applied physiology**, v. 24, n. 4, p. 337–48, 1999.

MARTIN, W. H. et al. Effects of aging, gender, and physical training on peripheral vascular function. **Circulation**, v. 84, n. 2, p. 654–664, 1991.

MILLAR-CRAIG, M. W.; BISHOP, C. N.; RAFTERY, E. B. Circadian variation of blood-pressure. **The Lancet**, v. 1, n. 8068, p. 795–797, 1978.

MUIESAN, G. et al. Comparison of CO₂-rebreathing and direct Fick methods for determining cardiac output. **Journal of Applied Physiology**, v. 24, n. 3, p. 424–9, 1968.

NIEMELÄ, T. H. et al. Recovery pattern of baroreflex sensitivity after exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 5, p. 864–870, 2008.

NUGENT, A. et al. Non-invasive measurement of cardiac output by a carbon dioxide rebreathing method at rest and during exercise. **European heart journal**, v. 15, n. 3, p. 361–8, 1994.

O'BRIEN, E. et al. Blood pressure measuring devices: recommendations of the European Society of Hypertension. **BMJ : British medical journal / British Medical Association**, v. 322, n. 7285, p. 531–536, 2001.

PAGANI, M. et al. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. **Circulation Research**, v. 59, n. 2, p. 178–193, 1986.

PARATI, G. et al. Spectral Analysis of Blood Pressure and Heart Rate Variability in Evaluating Cardiovascular Regulation : A Critical Appraisal. **Hypertension**, v. 25, n. 6, p. 1276–1286, 1995.

PARATI, G. et al. Assessment and management of blood-pressure variability. **Nature Reviews Cardiology**, v. 10, n. 3, p. 143–155, 2013.

PESCATELLO, L. S. et al. Postexercise hypotension differs between white and black women. **American Heart Journal**, v. 145, n. 2, p. 364–370, 2003.

PESCATELLO, L. S. et al. Exercise and hypertension. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 3, p. 533–553, 2004.

PINNA, G. D. et al. Heart rate variability measures : a fresh look at reliability. **Clinical science**, v. 113, n. 3, p. 131–140, 2007.

PONIKOWSKI, P. et al. Reproducibility of heart rate variability measures in patients with chronic heart failure. **Clinical Science**, v. 91, n. 4, p. 391–398, 1996.

REEVES, R.; LEENEN, F.; JOYNER, C. Reproducibility of nurse-measured, exercise and ambulatory blood pressure and echocardiographic left ventricular mass in borderline hypertension. **Journal of hypertension**, v. 10, n. 10, p. 1249–56, 1992.

REYNOLDS, L. J.; DE STE CROIX, M.; JAMES, D. V. B. Within-day and between-day Reproducibility of Baroreflex Sensitivity in Healthy Adult Males. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 6, p. 457–463, 2016.

ROBBE, H. W. et al. Assessment of baroreceptor reflex sensitivity by means of spectral analysis. **Hypertension**, v. 10, n. 5, p. 538–543, 1987.

RONDON, M. et al. Postexercise Blood Pressure Reduction in Elderly Hypertensive Patients. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 39, n. 4, p. 676–682, 2002.

ROSNER, B. **Fundamentals of Biostatistics**. 7. ed. Boston: Brooks/Cole, Cengage Learning, 2011.

RUECKERT, P. A. et al. Hemodynamic patterns and duration of post-dynamic exercise hypotension in hypertensive humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 28, n. 1, p. 24–32, 1996.

SANTAELLA, D. F. et al. Aftereffects of exercise and relaxation on blood pressure. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 16, n. 4, p. 341–7, 2006.

SENITKO, A. N.; CHARKOUDIAN, N.; HALLIWILL, J. R. Influence of endurance exercise training status and gender on postexercise hypotension. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 92, n. 6, p. 2368–2374, 2002.

SIPKENS, L. M. et al. Application of Nexfin noninvasive beat-to-beat arterial blood pressure monitoring in autonomic function testing. **Blood Pressure Monitoring**, v. 16, n. 5, p. 246–251, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. [III Guidelines of Sociedade Brasileira de Cardiologia on the exercise test]. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5 Suppl 1, p. 1–26, 2010.

SOMERS, V. K. et al. Postexercise hypotension is not sustained in normal and hypertensive humans. **Hypertension**, v. 18, n. 2, p. 211–215, 1991.

SOUZA, A. A. et al. Influence of different doses of coffee on post-exercise blood pressure response. **American journal of cardiovascular disease**, v. 6, n. 4, p. 146–152, 2016.

STANFORTH, P. R. et al. Reproducibility of resting blood pressure and heart rate measurements. The HERITAGE Family Study. **Annals of epidemiology**, v. 10, n. 5, p. 271–277, 2000.

STERGIOU, G. S. et al. Reproducibility of home, ambulatory, and clinic blood pressure: Implications for the design of trials for the assessment of antihypertensive drug efficacy. **American Journal of Hypertension**, v. 15, n. 2 (Pt 1), p. 101–104, 2002.

SZKLO, R.; NIETO, F. **Epidemiology: Beyond the Basis**. Gaithersburg, MD: Aspen Publications, 2000.

TAYLOR-TOLBERT, N. S. et al. Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension. **American journal of hypertension**, v. 13, n. 1 (Pt 1), p. 44–51, 2000.

TEIXEIRA, L. et al. Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 9, p. 2069–2078, 2011.

THOMAS, J.; NELSON, J. **Research methods in physical activity**. 3. ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.

WALLACE, J. P. et al. A comparison of 24-h average blood pressures and blood pressure load following exercise. **American Journal of Hypertension**, v. 10, n. 7 (Pt 1), p. 728–734, 1997.

WASSERMAN, K. et al. **Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications**. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005.

WATTIGNEY, W. et al. Utility of an automatic instrument for blood pressure measurement in children. The Bogalusa Heart Study. **American Journal of Hypertension**, v. 9, n. 3, p. 256–62, 1996.

WILCOX, R. G. et al. Is exercise good for high blood pressure? **British medical journal (Clinical research ed.)**, v. 285, n. 6344, p. 767–9, 1982.

YAN, H. et al. Differential post-exercise blood pressure responses between blacks and caucasians. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–16, 2016.

ZÖLLEI, É. et al. Respiratory effects on the reproducibility of cardiovascular autonomic parameters. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 27, n. 4, p. 205–210, 2007.

ANEXO 1 - Aprovação do Comitê de Ética

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: REPRODUTIBILIDADE DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO E DE SEUS DETERMINANTES HEMODINÂMICOS E AUTONÔMICOS

Pesquisador: CLAUDIA LUCIA DE MORAES FORJAZ

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 43759215.3.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.093.195

Data da Relatoria: 23/04/2015

Apresentação do Projeto:

A hipotensão pós-exercício é caracterizada pela redução dos níveis de pressão arterial após a realização de uma única sessão de exercício, em relação aos níveis observados no período pré exercício. Contudo, a reprodutibilidade desse fenômeno fisiológico ("hipotensão pós-exercício") e de seus determinantes hemodinâmicos e autonômicos não parece ser conhecida e será foco de investigação no presente estudo.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar a confiabilidade e a concordância da ocorrência, da magnitude, da duração e dos determinantes hemodinâmicos e autonômicos da hipotensão pós-exercício.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos envolvidos no protocolo são baixos. O teste ergoespirométrico máximo a ser realizado será acompanhado por um médico. Como benefícios diretos ao voluntário evidencia-se a avaliação cardiorrespiratória durante o teste de esforço que os mesmos realizarão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo está bem desenhado e pretende avaliar a reprodutibilidade do fenômeno fisiológico "hipotensão pós-exercício" e de seus determinantes.

O projeto prevê a inclusão de 30 sujeitos, homens e mulheres, que realizarão 4 sessões

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 05.508-030

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3091-3097

Fax: (11)3812-4141

E-mail: cep39@usp.br

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.093.195

experimentais, em ordem aleatória, com intervalo mínimo de 3 dias, sendo 2 sessões controle e 2 sessões de exercício aeróbico, com duração de 45 minutos em intensidade de 50% do consumo de oxigênio de pico. Serão realizados procedimentos não invasivos e amplamente usados para medida da pressão arterial, débito cardíaco, frequência cardíaca, fluxo sanguíneo muscular, variabilidade da frequência cardíaca e da pressão arterial, pré e pós cada sessão do protocolo experimental.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido está claro para o voluntário. Contudo, no termo está mencionado o nome de dois colaboradores, também como responsáveis e como contato para os voluntários (item V), que não estão mencionados no formulário da Plataforma Brasil.

Recomendações:

Pela aprovação do Projeto.

Solicita-se no entanto que a pesquisadora responsável pelo projeto inclua os colaboradores na Plataforma Brasil

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Solicita-se a inclusão do Prof. Dr. Luiz Augusto Riani Costa e Prof. Rafael Yokoyama Fecchio no cadastro da Plataforma Brasil.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-030
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 Fax: (11)3812-4141 E-mail: cep39@usp.br

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.093.195

SAO PAULO, 03 de Junho de 2015

Assinado por:
Edilamar Menezes de Oliveira
(Coordenador)

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br

ANEXO 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO INDIVÍDUO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. DADOS DO INDIVÍDUO

Nome completo

Sexo ☐ Masculino

☐

Feminino

RG

Data de nascimento

Endereço completo

CEP

Fone

e-mail

II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

1. Título do Projeto de Pesquisa

REPRODUTIBILIDADE DA HIPOTENSÃO PÓS-EXERCÍCIO E DE SEUS MECANISMOS HEMODINÂMICOS E AUTONOMICOS.

2. Pesquisador Responsável

Prof. Dr^a Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz

3. Cargo/Função

Docente do Departamento de Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

4. Avaliação do risco da pesquisa:

☐

RISCO MÍNIMO

☒

RISCO BAIXO

☐

RISCO MÉDIO

☐

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

5. Duração da Pesquisa

3 anos

III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, DE FORMA CLARA E SIMPLES, CONSIGNANDO:

1. Justificativa e os objetivos da pesquisa:

Você está sendo convidado (a) para participar de uma pesquisa que tem o objetivo de verificar a reprodutibilidade (consistência) da resposta da pressão arterial e de seus mecanismos após o exercício.

2. Procedimentos que serão utilizados e propósitos, incluindo a identificação dos procedimentos que são experimentais:

Você realizará:

- 1) uma avaliação na qual serão medidos: sua pressão arterial, seu peso e sua altura;
- 2) um teste ergoespirométrico. Nesse teste, você irá pedalar em uma bicicleta ergométrica com carga cada vez maior até o máximo que conseguir. Durante o teste, serão medidas sua frequência cardíaca (batimentos do coração) e sua pressão arterial. Além disso, você respirará com uma máscara no rosto de modo que o ar expelido será analisado em um computador;
- 3) 4 sessões experimentais com duração de 3 horas e 30 minutos e realizadas com, pelo menos, 2 dias de intervalo entre elas. Essas sessões compreenderão: duas sessões em que você ficará sentado na bicicleta por 60 minutos sem realizar exercício físico e duas sessões em que você pedalará por 45 minutos. Em cada sessão, você permanecerá inicialmente em repouso, depois irá para a bicicleta e retornará ao repouso. Durante esses períodos, serão feitas as medidas abaixo:
 - Medida da sua frequência cardíaca (batimentos do coração) – será feita com eletrodos colados em seu peito;
 - Medida da pressão arterial – Será feita simultaneamente com um aparelho colocado em seu braço dominante e outro em seu braço não dominante. Em momentos distintos, a medida será feita com um aparelho no colocado em seu dedo do braço dominante;
 - Medida do seu débito cardíaco (quantidade de sangue que sai de seu coração por minuto) – para esta medida, você irá respirar por 20 segundos, o ar de uma bolsa com uma concentração um pouco mais alta de gás carbônico;
 - Medida do seu fluxo sanguíneo (velocidade do seu sangue) e da resposta dos seus vasos à falta de oxigênio – essas medidas serão feitas com manguitos, que serão colocados no seu braço e na sua perna. Durante as medidas, os manguitos serão inflados e desinflados, apertando e soltando seus membros. Em seguida, eles ficarão inflados por 5 minutos e serão soltos em seguida.

Durante as medidas, você ficará em repouso sentado e deve tentar não se mexer.

3. Desconfortos e riscos esperados:

Todos os exames desta pesquisa são seguros e bem tolerados. Entretanto, alguns desconfortos podem ocorrer. De maneira geral, pode-se esperar:

- a) Em todos os testes que envolverem exercício físico, poderá haver cansaço no final do esforço;
- b) No teste ergoespirométrico, em algumas pessoas que sofrem do coração, mas desconhecem esse fato, esse exame poderá tornar o problema evidente. Para sua segurança, esse exame será sempre acompanhado por um médico;
- c) Nas sessões experimentais, durante a medida do débito cardíaco, a inalação de gás carbônico pode dar a sensação de boca seca e um pouco de tosse momentânea;
- d) As medidas de fluxo sanguíneo e reatividade vascular podem causar um pequeno desconforto nos membros enquanto os manguitos estiverem inflados.

4. Benefícios que poderão ser obtidos:

Sem nenhum gasto, você fará uma avaliação cardiovascular que incluirá exames como eletrocardiogramas de repouso e exercício e medida da pressão arterial de repouso. Além disso, sua condição física também será avaliada pelo teste ergoespirométrico. Se algum problema de saúde for identificado você será informado.

Após finalizado o projeto, se você desejar, forneceremos uma prescrição de atividade física individualizada, ou seja, que atenda sua condição física e suas necessidades e interesse.

5. Procedimentos alternativos que possam ser vantajosos para o indivíduo:

Nada há procedimentos alternativos

IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO INDIVÍDUO DA PESQUISA:

1. Você terá acesso, quando quiser, às informações constantes nesta declaração ou a qualquer outra informação que deseje sobre este estudo, incluindo os resultados de seus exames.
2. Você não é obrigado (a) a participar deste estudo. Você pode se recusar a participar e pode também desistir de participar a qualquer momento.
3. Esta pesquisa é confidencial, sigilosa e garante a privacidade de seus participantes. Assim, se você decidir participar, garantimos que nem sua imagem nem seu nome serão publicados em qualquer via de comunicação como revistas, artigos, textos na internet, etc. Seus dados serão sempre tratados de forma anônima.
4. Ao participar desta pesquisa, está garantido seu encaminhamento ao Hospital Universitário ou ao Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo por qualquer problema que a pesquisa, por ventura, possa causar a você.

V - INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Profª. Drª Cláudia Lúcia de Moraes Forjaz

Profª. Dr Luiz Augusto Riani Costa

Prof. Rafael Yokoyama Fecchio

Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Av. Prof. Mello Moraes, nº 65 – Cidade Universitária - São Paulo - CEP 05508-900

tel: (011) 30918792

tel/fax: (011) 38135921

e-mail: cforjaz@usp.br ou rafael.fecchio@usp.br

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES

Nada consta

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo, ____/____/____

assinatura do indivíduo da pesquisa

ou responsável legal

assinatura do pesquisador

(carimbo ou nome legível)

ANEXO 3 – Anamnese

Dados Pessoais

Nome _____ Nº _____

Data de nasc _____/_____/_____ Idade _____ Sexo _____ RG _____

Endereço: _____

CEP: _____ Bairro: _____

Cel: _____ Tel: _____

Email: _____ Profissão: _____ Etnia: _____

Condição de Saúde

Tem algum problema cardíaco? () Não () Sim Qual? _____

Histórico Familiar (pais, irmãos ou avós com problemas cardíacos) _____

Tem diabetes (açúcar alto no sangue)? () Não () Sim

É Fumante? () Não () Sim Ex-fumante. Parou há quanto tempo _____

É hipertenso? () Não () Sim

Tem colesterol ou triglicérides elevado? () Não () Sim

Toma algum outro medicamento? () Não () Sim.

Quais/ Para que? _____

Tem outro problema de saúde (ex. ortopédico)? _____

Algum médico já lhe contraindicou o exercício em bicicleta? _____

Exercício Físico

Pratica atividade física regular? () Não () Sim

Qual? _____

Vezes p/ semana - _____ Há quanto tempo? _____

SITUAÇÃO: () Excluído. Motivo: _____

() Incluído. () Finalizou protocolo.

() Não finalizou protocolo. Motivo: _____

ANEXO 4 - Questionário Internacional de Atividade Física – versão curta

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA -

Nome: _____
Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

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

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

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

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar

CENTRO COORDENADOR DO IPAQ NO BRASIL – CELAFISCS -
INFORMAÇÕES ANÁLISE, CLASSIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS NO BRASIL
Tel-Fax: – 011-42298980 ou 42299643. E-mail: celafiscs@celafiscs.com.br
Home Page: www.celafiscs.com.br IPAQ Internacional: www.ipaq.ki.se

moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

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

horas: _____ Minutos: _____

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

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

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

horas: _____ Minutos: _____

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

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?
_____ horas _____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?
_____ horas _____ minutos

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Sumário dos índices de reprodutibilidade.....	28
Tabela 2 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial sem exercício prévio observados na literatura.....	34
Tabela 3 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos sem exercício prévio observados na literatura.....	35
Tabela 4 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas autonômicas sem exercício prévio observados na literatura.....	37
Tabela 5 - Sumário dos resultados de reprodutibilidade das medidas hemodinâmicas e autonômicas pós-exercício observados na literatura.....	39
Tabela 6 - Características dos indivíduos que completaram o estudo (n=30).....	52
Tabela 7 - Variáveis cardiorrespiratórias e metabólicas medidas no teste ergoespirométrico máximo.....	53
Tabela 8 – Potência utilizada e consumo de oxigênio (VO ₂) medido durante as sessões exercício realizadas no teste e reteste.....	54
Tabela 9 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial pré-exercício.....	62
Tabela 10 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos hemodinâmicos da pressão arterial pré-exercício.....	63
Tabela 11 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da pressão arterial pré-exercício.....	64

Tabela 12 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas de pressão arterial pós-exercício.....65

Tabela 13 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos mecanismos hemodinâmicos da pressão arterial pós-exercício.....65

Tabela 14 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade das medidas dos mecanismos autonômicos da pressão arterial pós-exercício.....66

Tabela 15 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo I.....67

Tabela 16 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo I.....67

Tabela 17 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo I.....68

Tabela 18 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo II.....69.

Tabela 19 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo II.....70

Tabela 20 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo II.....71

Tabela 21 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade do efeito do exercício sobre a pressão arterial avaliado pela forma de cálculo III.....72

Tabela 22 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos hemodinâmicos avaliados pela forma de cálculo III.....72

Tabela 23 - Valores médios e parâmetros de reprodutibilidade dos efeitos do exercício sobre os mecanismos autonômicos avaliados pela forma de cálculo III.....73

Tabela 24 - Sumário das respostas da PA e dos mecanismos hemodinâmicos e autonômicos ao exercício no teste e reteste.....78

Tabela 25 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das medidas hemodinâmicas e autonômicas pré e pós-exercício.....83

Tabela 26 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade da hipotensão pós-exercício avaliada pelas 3 formas de cálculo.....87

Tabela 27 - Número de indivíduos necessário, segundo a formula proposta por Hopkins (2000), para a amostra de estudos que visem identificar a ocorrência da hipotensão pós-exercício (HPE) e comparar a HPE produzida em diferentes condições através das 3 formas de cálculo.....90

Tabela 28 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos hemodinâmicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.....91

Tabela 29 - Sumário dos parâmetros de reprodutibilidade das respostas dos mecanismos autonômicos ao exercício avaliadas pelas 3 formas de cálculo.....93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Hipotensão pós-exercício (Δ) calculada para a pressão arterial sistólica (PAS) com as 3 formas utilizadas na literatura: cálculo I = PAS pós-exercício - PAS pré-exercício (painel a); cálculo II = PAS pós-exercício – PAS pós-controle (painel b); e cálculo III = (PAS pós-exercício - PAS pré-exercício) – (PAS pós-controle – PAS pré-controle) (painel c). Sessão de exercício (linha contínua) e sessão controle (linha tracejada).....	16
Figura 2 - Protocolo Experimental.....	47
Figura 3 - Desenho da sessão experimental.....	49
Figura 4 - Pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM) medidas antes e após as intervenções nas sessões exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) realizadas nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.....	55
Figura 5 - Débito cardíaco (DC), resistência vascular periférica (RVP), frequência cardíaca (FC) e volume sistólico (VS) medidos antes e após as intervenções nas sessões exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.....	57
Figura 6 - Logaritmo natural da variância total ($\ln VTR-R$), bandas de baixa (BF_{R-R}) e de alta (AF_{R-R}) frequência da variabilidade da frequência cardíaca avaliadas em unidades normalizadas (un) e logaritmo natural da razão entre essas bandas ($\ln BF/AF_{R-R}$) avaliados antes e após as intervenções nas sessões de exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.....	59
Figura 7 - Logaritmo natural da banda de baixa frequência da variabilidade da pressão arterial sistólica ($\ln BF_{PAS}$) e logaritmo natural da sensibilidade barorreflexa ($\ln SBR$) medidos antes e após as intervenções nas sessões de exercício (linhas contínuas) e controle (linhas tracejadas) nos blocos teste e reteste. * Diferença significativa em comparação ao valor pré-intervenção ($p < 0,05$). # Diferença significativa em comparação ao valor controle ($p < 0,05$). Dados: média $\pm$ desvio padrão.....	61

ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIações

I	forma de cálculo 1
II	forma de cálculo 2
III	forma de cálculo 3
AF	banda de alta frequência
BF	banda de baixa frequência
CaCO ₂	conteúdo arterial de CO ₂
CC	coeficiente de correlação
CCI	coeficiente de correlação intraclass
CO ₂	dióxido de carbono
CV	coeficiente de variação
CvCO ₂	conteúdo venoso de CO ₂
DC	débito cardíaco
DP	desvio padrão
DPD	desvio padrão das diferenças entre teste e reteste
E	erro de medida
ET	erro típico
FC	frequência cardíaca
HPE	hipotensão pós-exercício
IMC	índice de massa corporal
LC	limites de concordância
LC abs	limites de concordância absolutos
LC rel	limites de concordância relativos
Ln	logaritmo natural
MDD	mínima diferença detectável
PA	pressão arterial
PAD	pressão arterial diastólica
PAM	pressão arterial média
PAS	pressão arterial sistólica
PetCO ₂	pressão expirada final de CO ₂
RVP	resistência vascular periférica
SBR	sensibilidade barorreflexa cardíaca

UN	unidades normalizadas
V	valor verdadeiro
VCO ₂	produção de dióxido de carbono
VFC	variabilidade da frequência cardíaca
VPA	variabilidade da pressão arterial
VO _{2max}	consumo máximo de oxigênio
VO _{2PICO}	consumo pico de oxigênio
VS	volume sistólico
VT	variância total
X	valor observado de uma medida